Tesis doctoral

EL MANUSCRITO DE CANTERÍA MSS. 12686
DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE ESPAÑA

TOMO I

Ricardo García Baño. Arquitecto

Universidad Politécnica de Cartagena.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación

2017

Universidad Politécnica de Cartagena.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación

Tesis doctoral

EL MANUSCRITO DE CANTERÍA MSS. 12686
DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE ESPAÑA

Ricardo García Baño
Arquitecto

Director: José Calvo López
Doctor arquitecto

2017

Agradecimientos

La realización de un trabajo de las características y alcance de la tesis doctoral, sería de difícil compleción si a la dedicación del investigador no se suma el apoyo de personas e instituciones que con su labor facilitan el trabajo, posibilitan el acceso a las fuentes, proporcionan los medios materiales, o prestan su apoyo en cualquiera de los aspectos relacionados con su desarrollo. Por ello, quiero expresar mi agradecimiento:

A todos los párrocos y personas responsables de los monumentos, que han posibilitado la toma de datos en las numerosas iglesias visitadas, en especial a Matías Romero, párroco de Garcinarro, por todas las facilidades dadas en los días en los que se prolongó la investigación, y al personal de la oficina de turismo de Arnedo que con gran amabilidad me posibilitó el acceso a las iglesias, que en ese momento estaban cerradas al culto.

Al personal del Archivo Histórico Provincial de Cuenca, especialmente a Javier Torralba y a su directora, M^a Almudena Serrano, por su eficiencia, amabilidad y rapidez en proporcionar los documentos solicitados; y a Antonio Sánchez Moreno por su ayuda para posibilitarme el acceso al Archivo de San Clemente.

Al director de la tesis, José Calvo, que fue quien me sugirió la posibilidad de trabajar sobre el manuscrito objeto de la misma, por sus valiosos consejos e indicaciones durante la investigación, y por las numerosas fotografías de su archivo personal que me ha facilitado para incluirlas en el documento.

Al Grupo de Investigación de Historia de la Construcción de la UPCT, por facilitarme los medios materiales necesarios para la toma de datos en el trabajo de campo.

A las instituciones que han financiado los proyectos de investigación en cuyo marco se ha desarrollado gran parte de la tesis, gracias a los cuales se han podido presentar y defender varias comunicaciones en congresos especializados, y publicar algunos de los resultados que se han ido obteniendo. Concretamente, a la Fundación Séneca, por el proyecto "Arquitectura renacentista y construcción pétreo en el sur de España"; y al Ministerio de Economía y Competitividad, por el proyecto "La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento".

A Isabel, por su apoyo ante el tiempo que la dedicación a la tesis me ha privado de compartir con ella.

**CONFORMIDAD DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE DEPÓSITO DE
TESIS DOCTORAL POR EL/LA DIRECTOR/A DE LA TESIS**

D. José Calvo López Director de la Tesis doctoral

“El manuscrito de cantería Mss. 12686 de la Biblioteca Nacional de España”.

INFORMA:

Que la referida Tesis Doctoral, ha sido realizada por D/D^a. Ricardo García Baño, dentro del Programa de Doctorado en Arquitectura y Tecnología de la Edificación, dando mi conformidad para que sea presentada ante el Comité de Dirección de la Escuela Internacional de Doctorado para ser autorizado su depósito.

La rama de conocimiento en la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- ☐ Ciencias
- ☐ Ciencias Sociales y Jurídicas
- ☒ Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a 23 de FEBRERO de 2017

EL DIRECTOR DE LA TESIS

Fdo.: José Calvo López

COMITÉ DE DIRECCIÓN ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

CONFORMIDAD DE DEPÓSITO DE TESIS DOCTORAL
POR LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA

D/D^a. EUSEBIO J. MARTÍNEZ CONESA, Presidente/a de la
Comisión Académica del Programa de Doctorado en Arquitectura y Tecnología de la
Edificación.

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada, "El manuscrito de cantería Mss. 12686 de la Biblioteca
Nacional de España", ha sido realizada, dentro del mencionado Programa de Doctorado,
por D. Ricardo García Baño, bajo la dirección y supervisión del Dr. D. José Calvo López.

En reunión de la Comisión Académica de fecha 16/03/2017, visto que en la misma se
acreditan los indicios de calidad correspondientes y la autorización del Director/a de la
misma, se acordó dar la conformidad, con la finalidad de que sea autorizado su depósito por
el Comité de Dirección de la Escuela Internacional de Doctorado.

La Rama de conocimiento por la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- ☐ Ciencias
- ☐ Ciencias Sociales y Jurídicas
- ☒ Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a 16 de 03 de 2017.

EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA

Fdo: Eusebio J. Martínez Conesa.

COMITÉ DE DIRECCIÓN ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Resumen

En la Biblioteca Nacional de España se conservan varios manuscritos de cantería, uno de los cuales, el Mss. 12686, denominado como *dibujos de trazados arquitectónicos*, que figura como anónimo y de datación indeterminada es el objeto de la tesis doctoral. Contiene una serie de trazas de cantería, copias de alzados del orden toscano de Vignola y unos dibujos de figuras geométricas. Su autoría ha sido objeto de debate, con atribuciones al copista de Vandelvira, Felipe Lázaro de Goiti y al cantero vizcaíno Pedro de Alviz, autor de la traza de la iglesia parroquial de Garcinarro (Cuenca), cuyas bóvedas coinciden con los dos modelos que aparecen dibujados en el manuscrito, que no había sido estudiado en profundidad, ni se había analizado desde el punto de vista de la estereotomía, motivos que justifican la procedencia de este trabajo.

Los objetivos de la tesis son: profundizar en el conocimiento de sus características físicas y contenidos, mediante la realización de un estudio paleográfico y codicológico, incluyendo la transcripción de los textos y la elaboración de un glosario con los términos contenidos; analizar al detalle las soluciones estereotómicas propuestas para cada traza y determinar su posición en el conjunto de los manuscritos y tratados de cantería españoles y franceses de los siglos XVI y XVII; relacionar sus trazas con ejemplos reales construidos; identificar bóvedas de nervios construidas cuya disposición de nervios sea coincidente con la de las bóvedas dibujadas en él, determinar su vinculación a escuelas de cantería determinadas y las vías de transmisión del conocimiento por las que los modelos llegaron a la zona conquense; situar el manuscrito en sus ámbitos geográfico y temporal; determinar su autoría y datación y las relaciones y vinculaciones con el resto de tratados y en especial con el de Alonso de Vandelvira.

El estudio de los aspectos relacionados con la estereotomía de las piezas se ha realizado mediante el análisis minucioso de las trazas, tanto de las líneas aparentes como de las marcas ciegas de traza incisas en el papel, que han permitido identificar los procedimientos y recursos gráficos del autor. Con el apoyo de modelos tridimensionales realizados con el software adecuado, se han obtenido proyecciones bidimensionales, cuya superposición con las soluciones contenidas en el manuscrito ha permitido evaluar la precisión y corrección de las plantillas obtenidas para la labra de las dovelas. Adicionalmente se han relacionado las soluciones con las de piezas similares contenidas en el resto de los tratados, y con ejemplos construidos.

Se han encontrado numerosas bóvedas nervadas construidas de planta cuadrada, análogas a la dibujada en el manuscrito, pero únicamente las de la iglesia de Garcinarro coinciden con las de planta perlongada. El levantamiento realizado de las bóvedas de Garcinarro y su comparación con las dibujadas, ha puesto de manifiesto una relación directa entre ambas. Las características de los dibujos son las de trazas operativas para ser construidas, y no las de modelos teóricos, lo que vincula al manuscrito directamente con el la zona conquense, con el círculo cercano a de Pedro de Alviz y con los años centrales del siglo XVI.

Las bóvedas localizadas quedan agrupadas en dos focos situados en torno a La Rioja y al monasterio de Uclés en Cuenca, lo que ha posibilitado determinar las relaciones entre las dos escuelas, el origen del modelo de bóveda en Logroño, la transmisión del conocimiento hacia la zona conquense de la mano de los hermanos Alviz, y la existencia de una línea canteril encabezada por los maestros Pedro de Alviz y Francisco de Luna, suegro de Andrés de Vandelvira, que también sería partícipe de ella, lo que justifica las evidentes relaciones del manuscrito con *Libro de trazas* realizado años después por Alonso de Vandelvira, hijo de Andrés y nieto de Francisco de Luna.

El estudio ha permitido identificar el manuscrito como una copia de otro anterior, cuyos contenidos pueden datarse en torno a 1544, con lo que constituye el más antiguo tratado de cantería español, que se anticipa en algunos años a los de Hernán Ruiz y Rodrigo Gil de Hontañón, y en más de dos décadas al primer texto impreso de la estereotomía clásica, el de Philibert de L'Orme, en el que se anticipan soluciones que más evolucionadas y perfeccionadas aparecerían posteriormente en el *Libro* de Vandelvira, del que se puede considerar precedente.

Se ha descartado la autoría de Goiti, y también la de Pedro de Alviz, al menos respecto a la copia, pero los contenidos lo vinculan directamente con la iglesia parroquial de Garcinarro y con el círculo del cantero vizcaíno.

Abstract

The National Library of Spain in Madrid holds a fair number of stonecutting manuscripts. One of them, Mss. 12686, denominated as “drawings of architectural tracings”, bears no author title or date mentions and is the object of the PhD thesis. The manuscript includes a series of stonecutting tracings, two elevations of the Tuscan order drawings copied of the *Regole* of Vignola, and a few geometric figures drawings.

Its authorship has been discussed, with attributions to Felipe Lázaro de Goiti, one of the copyists of the stonecutting manuscript of Vandelvira; and to Pedro de Alviz, a Biscayan stonemason, designer of the parish church of Garcinarro (Cuenca), the only one that includes the square and rectangular-plan ribbed vaults with the layout drawn in the manuscript. It has not been studied from the geometric point of view, or from its stereotomy techniques, reasons justifying the origin of this work.

Objectives of the thesis are: the knowledge of the characteristics and contents of the manuscript, through a paleographic and codicological study, including the transcription of the texts and draw up a glossary of used terms; analyze the techniques and resources of stereotomy used to obtain the templates used to dress the voussoirs of the stonework members; identity the connections of the manuscript with the set of manuscripts and treatises of Spanish and French stonework of the sixteenth and seventeenth centuries, especially with the *Libro de trazas* of Alonso de Vandelvira; compare construction types included in the manuscript with built examples; search and identify built ribbed vaults according with the same layout drawn in the manuscript, study its connections to certain schools of stonework and the channels of knowledge transfer by which those models of vaults arrived at the area of Cuenca; Placing the manuscript in its geographical and temporal scopes; and Determine its authorship and dating.

The study of the aspects of the stereotomy of the depicted members has been done by means of the detailed analysis of the drawings, both of the visible lines and the hidden lines and marks incised in the paper, to identify the procedures and graphic resources of the Author. With the support of three-dimensional models made with the appropriate software, two-dimensional projections have been obtained, whose overlap with the solutions depicted in the manuscript has allowed us to know the accuracy of the templates obtained to dress the voussoirs. In addition, the solutions have been related to those of similar members contained in other treatises, and with built examples.

Some features in the square rib vault drawing in the manuscript are present in a number of built vaults, however, the church of Garcinarro is the only one to include rectangular vaults according with the layout depicted in its sheet.

The confrontation between the survey carried out of the vaults in the parish church of Garcinarro and the drawings in manuscript suggest strongly a close connection between the church and the manuscript. The features of the set of drawings of rib vaults are not a theoretical exercise, but rather project drawings for a particular member intended to be built, and suggest strongly a connection with the area of Cuenca, as a product of the school of Pedro de Alviz and dated in the central years of the 16th century.

The vaults have been found in a number of constructions placed in two areas, the first one around La Rioja, and the second nearby the monastery of Uclés in Cuenca. This has made it possible to determine the relationship between the two schools, the origin of the vault model in Logroño, the transfer of knowledge from La Rioja to the Cuenca area by the Alviz brothers, and the existence of a body of knowledge in stonework headed by the stonemasons Pedro de Alviz And Francisco de Luna, father-in-law of Andres de Vandelvira, who would also be a part of it, which provides the connections between the manuscript and the one written a few years later by Alonso de Vandelvira, son of Andrés and grandchild of Luna.

The research has allowed to identify the manuscript as a copy of a previous one. The date of its original source would be placed around 1544, making it the oldest Spanish stonecutting treatise, earlier than the first known texts of classical stonecutting, the manuscripts of Hernán Ruiz and Rodrigo Gil de Hontañón, predating by two decades the first printed book on classical stereotomy, the treatise by Philibert de l'Orme.

The authorship of Goiti has been excluded, and also that of Pedro de Alviz, at least with respect to the copy, but its contents are closely related with the parish church of Garcinarro and with the circle of the Biscayan stonemason.

ÍNDICE

PREÁMBULO.....	1
<i>Introducción</i>	1
<i>Estado del arte</i>	6
El Corpus de la literatura canteril	7
Los estudios sobre los tratados y manuscritos de cantería.	11
Los trabajos de los grupos de investigación	13
En relación al manuscrito Mss. 12686 de la BNE	15
<i>Fuentes y metodología</i>	20
El cuaderno manuscrito	20
Los tratados.....	22
Los archivos.....	24
Los diccionarios	24
Los monumentos.....	25
Las fuentes secundarias	28
<i>El arte de la cantería</i>	30
Orígenes y breve desarrollo histórico	30
La importancia de la traza y los artífices.....	37
Los instrumentos y las técnicas de labra	40
Las piezas de cantería	43
<i>La transmisión del conocimiento. Cuadernos de taller y cartillas de aprendizaje</i>	47
EL CUADERNO MANUSCRITO DE CANTERÍA MSS 12686	54
<i>Composición, estructura y autorías</i>	54
El núcleo principal.....	55
Los dibujos geométricos.....	61
Los dibujos del orden toscano	62
Las piezas de cantería adicionadas	66
Autorías.....	68
<i>Estudio codicológico</i>	70
Aspectos generales.....	70
Dimensiones, foliación, soporte y composición	70
Características de los dibujos.....	78
Tintas.....	80
Características de los textos.....	81
Proceso de realización	84

TEXTO COMENTADO	86
<i>Las pechinas</i>	86
Pechina cuadrada	90
Pechina esviada	104
<i>Los arcos</i>	120
Ventana abocinada.....	124
Arco abocinado	144
Arco viaje contra viaje	152
Arco viaje contra cuadrado.....	168
Arco esviado por testa	188
Arco por esquina y rincón.....	210
Arco en torre cavada y torre redonda.....	264
<i>Las decandas de cava</i>	289
Decanda de escalera	292
<i>Las troneras y los capialzados</i>	312
Tronera adintelada	324
Tronera alabeada	336
Capialzado a medio punto esviado	362
Capialzado carpanel despiezado	380
Capialzado adintelado.....	396
Arco capialzado adintelado	416
Capialzado en esquina y rincón	426
Capialzado en torre cavada.....	442
<i>Las bóvedas de intradós cilíndrico</i>	458
Rincón de claustro perlongado	468
Rincón de claustro esviado.....	482
Bóveda de arista perlongada	494
Bóveda de arista esviada	516
Bóveda esquifada	528
Bóveda de arista triangular	542
Bóveda ochavada.....	552
<i>Las bóvedas de crucería</i>	566
La bóveda nervada de planta perlongada.....	588
La bóveda nervada de planta cuadrada	612
La bóveda nervada inacabada	646

<i>Los dibujos finales</i>	652
El fuste salomónico	652
Las figuras geométricas	657
LAS BÓVEDAS TARDOGÓTICAS RELACIONADAS CON EL MANUSCRITO	665
<i>Antecedentes</i>	665
<i>Ejemplos en el entorno de La Rioja</i>	670
La influencia de Juan de Rasines.....	671
Juan Martínez de Mutio y la saga de los Pérez de Solarte	672
Otros ejemplos Riojanos.....	679
Bóvedas similares en otras zonas del norte de España.....	684
<i>El foco de Cuenca</i>	687
Los hermanos Alviz y Francisco de Luna	692
Bóvedas similares en el entorno conquense	702
<i>La transferencia del conocimiento entre los focos riojano y conquense</i>	706
<i>El manuscrito y la iglesia parroquial de Garcinarro</i>	711
Las bóvedas de la nave central	716
Las bóvedas de las naves laterales.....	722
La bóveda de la cabecera	726
Las piezas de cantería de la iglesia de Garcinarro.....	728
LAS ATRIBUCIONES DE AUTORÍA DEL BLOQUE PRINCIPAL Y SUS VINCULACIONES	735
<i>Las relaciones con los manuscritos vinculados a Felipe Lázaro de Goiti</i>	736
<i>Las trazas de cantería y el Libro de Alonso de Vandelvira</i>	740
<i>Las vinculaciones con Pedro de Alviz</i>	751
<i>Las conexiones entre Pedro de Alviz, Francisco de Luna y los Vandelvira</i>	758
<i>Las conexiones con otros maestros de cantería</i>	764
CONCLUSIONES.....	768
TRANSCRIPCIÓN PALEOGRÁFICA.....	795
GLOSARIO.....	806
ARCHIVOS.....	828
BIBLIOGRAFÍA	829

PREÁMBULO

Introducción

El mundo de la construcción en piedra se mantuvo a lo largo de la historia con un cierto carácter de autonomía respecto al resto de los oficios que intervienen en el proceso edificatorio. Desde los orígenes medievales, sus artífices, los canteros, permanecieron en el seno de organizaciones de carácter gremial o de corporaciones de oficio. En relación directa con esta autonomía, el cuerpo del conocimiento de la cantería fue conservado como un secreto que debía ser mantenido en el seno de la organización. Son escasos los documentos conocidos con anterioridad a mediados del siglo XVI, en el que aparecen los primeros tratados, que aborden aspectos de la construcción en piedra.

En las piezas de fábrica formadas por dovelas, la resistencia a compresión de los elementos de piedra es, por lo general, muy elevada y por el contrario, la resistencia a tracción puede considerarse despreciable o nula. Por ello, las cuestiones clave a resolver para la construcción de las piezas no son de resistencia, sino de estabilidad. Como consecuencia de ello, los problemas estructural y formal están íntimamente unidos, tanto en lo referente a la forma general de la construcción, como a la orientación de las juntas que posibilite la adecuada transmisión de los esfuerzos entre dovelas, lo que requiere un trabajo previo de concepción y traza de las piezas de cara a su posterior labra con anterioridad a su colocación en obra en el lugar determinado.

Por ello, los tratados de cantería se centran ante todo en métodos que permitan el control formal de la construcción, aunque la mayoría de ellos incluye algunas reglas estructurales empíricas de carácter geométrico, gráfico o proporcional. En la Biblioteca Nacional de España se conservan varios manuscritos de cantería pertenecientes a los siglos XVI y XVII, uno de los cuales, el que corresponde a la signatura Mss. 12686 y aparece titulado como *dibujos de trazados arquitectónicos*, no había sido objeto de un estudio en profundidad.

El manuscrito contiene, en un aparente desorden, una serie de trazas de cantería correspondientes a pechinas, arcos, capialzados y bóvedas, complementadas con unos dibujos de alzados del orden toscano copiados de la *Regola delli Cinque ordini d'Architettura* de Iacomo de Vignola y unos dibujos incompletos de figuras geométricas. Los análisis previos realizados sobre las características de los dibujos y de los textos explicativos que los acompañan, indican la existencia de varios bloques diferenciados y la intervención de diferentes escribas en su elaboración.

Ha sido tratado por algunos autores de modo tangencial, incluido en el marco de estudios con otros fines, en los que su autoría y datación han sido objeto de debate, con vinculaciones al tratado de Alonso de Vandelvira o a su copista, Felipe Lázaro de Goiti, situándolo en el siglo XVII (Suárez Quevedo 2002, 133-135); y atribuciones al cantero vizcaíno Pedro de Alviz, por la similitud de las bóvedas de crucería dibujadas en el manuscrito con las construidas en la parroquial de Garcinarro, de la que fue tracista, anticipando su datación al siglo XVI (Gómez Martínez 1998, 31-32). Las hipótesis formuladas se hicieron en base a un primer análisis superficial de sus contenidos, pero el manuscrito no había sido objeto de un estudio específico que aportara datos documentados en este sentido.

En relación al manuscrito Mss 12686 de la BNE, la presente tesis doctoral aborda las siguientes cuestiones:

La determinación de sus características físicas y las cuestiones derivadas de sus contenidos, así como su propio carácter como documento, las partes que lo integran o el número de autorías que intervinieron en la compleción de sus contenidos.

El conocimiento de las soluciones que contempla en los aspectos específicos de la estereotomía, y su capacidad para la determinación previa de la forma de las dovelas y la obtención de las plantillas necesarias para su labra.

La transcripción de los textos descriptivos asociados a las trazas y en particular del léxico empleado en ellos, su recopilación en un glosario de términos y su relación con los empleados por otros tratadistas.

El establecimiento de la posición que ocupa, en función de sus contenidos y soluciones, dentro del conjunto de manuscritos y tratados de la literatura canteril española y francesa entre los siglos XVI y XVII.

La identificación de aspectos intrínsecos y externos relativos a la concreción de su datación y de su autoría.

La localización de soluciones empleadas en ejemplos reales de la práctica constructiva y su relación con las trazas contenidas en el.

El conocimiento acerca del origen de los modelos de bóvedas nervadas contenidas, su relación con las escuelas de cantería riojana y conquense, los mecanismos de transferencia de conocimiento entre ambas.

La ubicación en sus ámbitos temporal y geográfico, como antecedente dentro del conjunto de la tratadística, y su influencia en la transmisión de la línea canteril centrada en torno al priorato de la Orden de Santiago en Uclés y de las figuras de Pedro de Alviz, y Francisco de Luna, de la que fue partícipe Andrés de Vandelvira, yerno de Luna, cuyos conocimientos quedaron plasmados en el *Libro de trazas* elaborado por su hijo Alonso.

La tesis está organizada en seis capítulos. Comienza con el preámbulo, en el que tras la introducción se aborda el estado del arte, aportando una visión general del corpus de la literatura canteril, y del conjunto de conocimientos que se ha ido generando en torno a él con los estudios realizados por numerosos investigadores, en un principio de carácter más filológico y posteriormente más centrados en aspectos de estereotomía, y de las líneas actuales de investigación. Se relacionan las fuentes utilizadas para realizar la investigación y la metodología aplicada a cada una de ellas, y finalmente se incluye un apartado destinado a introducir los conceptos generales relacionados con la cantería.

El segundo capítulo aborda el análisis del manuscrito centrado en los aspectos físicos y en sus contenidos, desde un punto de vista general. Se comienza por determinar su composición, su estructura, el número y características de los bloques que lo componen y los diferentes escribas que han intervenido en su elaboración. A continuación se aborda el estudio codicológico, relativo a los aspectos materiales del cuaderno, a sus contenidos, y al proceso de su compleción, para finalizar relacionándolo con los cuadernos de taller y las cartillas de aprendizaje, elementos básicos en los procesos de transmisión del conocimiento.

El tercer capítulo es el más amplio y el que aborda el estudio concreto del manuscrito en cuestiones de estereotomía. Se ha organizado por apartados, cada uno de los cuales se corresponde con uno de los grupos de trazas contenidas en el manuscrito, presentadas en el orden correlativo con el que figuran en él, comenzando por las pechinas, a las que siguen sucesivamente los arcos; las decendas de cava; las troneras y capialzados; las bóvedas de intradós cilíndrico; las bóvedas nervadas y los dibujos finales.

Cada una de las trazas está contenida en un subapartado independiente y para su estudio se ha seguido la misma pauta: se comienza con la transcripción actualizada del texto descriptivo, en los casos en los que existe, con el análisis del modo en el que se ha dibujado y los sistemas de proyección empleados. A continuación se describe la pieza respecto a sus condiciones geométricas, indicando los procesos de generación y la configuración de sus principales elementos como muros, jambas, embocaduras,

superficies y juntas de intradós y trasdós o disposición de los lechos. Posteriormente se analizan los planteamientos para la labra de cada pieza, los recursos gráficos y métodos empleados para la obtención de las plantillas necesarias para llevarla a cabo, detectando la existencia de errores o discrepancias, en su caso.

El siguiente paso consiste en comparar los resultados que figuran en el manuscrito con los obtenidos a partir de las proyecciones bidimensionales de los modelos realizados mediante programas informáticos de modelado tridimensional, para una pieza de iguales características, y determinar el grado de precisión alcanzado y la viabilidad de la labra propuesta. Tras ello, se incorporan las trazas, contenidas en el resto de los tratados, que obedecen a modelos similares, y se realiza un análisis comparativo transversal entre todas ellas. Finalmente se añaden ejemplos de modelos contruidos que responden a esas mismas características y se relacionan con las soluciones del manuscrito y del resto de los tratados.

El cuarto capítulo aborda el estudio concreto de las bóvedas de crucería contruidas en las que el conjunto y disposición de los nervios son análogos a las dibujadas en el manuscrito, pues son las que han facilitado datos para abordar el problema de la autoría. Se comienza por identificar y describir los ejemplos existentes en la zona norte, vinculados principalmente a La Rioja, haciendo mención a las localizadas en otras provincias, y tras ellas se incluyen las que corresponden a la zona centro, en torno a Uclés, con ejemplos en las actuales provincias de Cuenca, Albacete y Guadalajara. A continuación se establecen las vinculaciones y los mecanismos de transmisión del conocimiento entre los artífices de las dos escuelas, la riojana y la conquense, para finalizar el capítulo con un estudio específico de las bóvedas contruidas en la iglesia parroquial de Garcinarro, única en la que la coincidencia de ambos modelos es plena, en el que se incluyen adicionalmente las piezas de cantería contruidas en la iglesia que obedecen a modelos similares a trazas del manuscrito.

El quinto capítulo aborda en primer lugar los estudios relacionados con las atribuciones de autoría que hasta el momento se habían formulado, en la figura de Felipe Lázaro de Goiti, estableciendo vinculaciones con Vandelvira o asignándola a Pedro de Alviz en base a la coincidencia de las bóvedas de Garcinarro. Se aportan los datos que permiten descartar las autorías de Goiti y Vandelvira y la participación directa de Alviz, aunque estableciendo la autoría en torno a su figura. También se establecen las conexiones entre Pedro de Alviz, Francisco de Luna y Andrés de Vandelvira, y la influencia que pudo tener el

manuscrito en la formación inicial de Vandelvira, acrecentada y evolucionada posteriormente y plasmada por su hijo Alonso en el *Libro de trazas*.

El sexto capítulo recoge las conclusiones de la investigación, de las que se desprende que el manuscrito objeto de la tesis es una copia de otro manuscrito previo, cuyos contenidos lo sitúan como el más antiguo de los tratados de cantería españoles conocidos, cuyas soluciones en estereotomía, de un modo más elemental, anticipan muchas de las que posteriormente aparecerían reflejadas en el *Libro* de Vandelvira. También se han establecido las vías por las que llegaron a la zona conquense los modelos de bóvedas contenidos en el manuscrito y su vinculación directa con la saga de canteros Alviz.

Tras el capítulo de las conclusiones, se añaden dos anexos que contienen respectivamente la transcripción realizada con criterios paleográficos; y el glosario de los términos que aparecen en el manuscrito, para finalizar con la lista de referencias citadas en el texto de la tesis.

Estado del arte

El arte de la cantería es parte fundamental del patrimonio arquitectónico. La necesidad de resolver los problemas constructivos planteados por la materialización de las formas geométricas demandadas requiere que la forma de las dovelas y la disposición de sus juntas sean capaces de dar respuesta simultáneamente las cuestiones formales y estructurales. Para cada pieza se puede establecer la superposición de estos dos niveles, el relativo a la configuración visible, a la percepción de la forma resultante por parte del observador, y un segundo nivel intrínseco, subyacente, más difícilmente perceptible, relativo a la complejidad de su concepción, planteamiento y ejecución.

El diccionario de la Real Academia Española nos ofrece definiciones de algunos términos relacionados, entre ellos:

Cantería: Arte de labrar las piedras para las construcciones.

Cantero: Encargado de labrar las piedras para las construcciones.

Estereotomía: Arte de cortar piedras y maderas.

Así como la contenida en la edición de 1739:

Traza: La primera planta o diseño que propone e idea el artífice para la fabricación de un edificio.

Resulta especialmente descriptiva la definición del arte de la cantería dada por Marías (1991, 250), en relación a la formación de los maestros quinientistas, como *conocimiento práctico basado en la experiencia ajena, transmitida por vía oral, y propia del carácter manual y artesanal como criado de un maestro, adquirida en un taller.*

La consecuencia material final del proceso, con la realización de piezas de cantería que resuelven diversos problemas constructivos en las edificaciones, solo es posible con la previa intervención de los elementos humanos en sus distintos grados de cualificación profesional, que emplean las técnicas y procedimientos aprendidos de sus maestros y utilizan los medios materiales propios y específicos para ello.

El mundo de la construcción en piedra se ha mantenido a lo largo de la historia como un cuerpo de conocimiento autónomo respecto al resto de los que intervienen en el proceso edificatorio. Sus artífices permanecían en el seno de organizaciones de carácter gremial, corporaciones de oficio, en las que el cuerpo del conocimiento era considerado como un secreto que debía ser transmitido exclusivamente en el seno de la organización, cuyos miembros quedaban obligados bajo juramento a mantener. El caso del

Renacimiento español es particular por la inexistencia de cofradías gremiales para los canteros, cuya célula de trabajo era la cuadrilla, compuesta por un grupo de oficiales y aprendices dirigidos por uno o varios maestros (Marías 1989, 469; Alonso Ruiz 1991, 84-85; 2009, 155-170).

El Corpus de la literatura canteril

El mantenimiento del secreto medieval explica el escaso número de textos o documentos gráficos anteriores al Renacimiento, relacionados con el conocimiento de la cantería, que han llegado hasta nosotros. El primero del que se tiene conocimiento lo constituyen unos dibujos contenidos en el cuaderno de Villard de Honnecourt (c. 1225), en los que aparentemente se presentan problemas relacionados con dos arcos, uno esviado y otro abierto en un muro curvo; un dintel; y otros con distintas disposiciones de bóvedas nervadas, que aportan información del modo de trabajar en el Gótico avanzado y que plantean el uso de técnicas de proyección ortogonal.

Tras el cuaderno de Villard existe una larga laguna temporal en la que se dispone únicamente de dibujos de obras importantes, algunos de ellos enumerados por Calvo (2009b, 102-103), elaborados para ser mostrados a clientes, pero no se conocen textos que aporten datos acerca de los procedimientos medievales.

Curiosamente, fue uno de los miembros de la logia de Ratisbona, Matthaüs Roriczer (1486), con la publicación, a finales del siglo XV, de unos folletos en los que se hacía referencia a la correlación entre las proyecciones horizontal y vertical, el que habría roto el secreto que se comprometería a guardar la asociación de talladores de piedra y constructores en los Estatutos que elaborados en la Asamblea de Ratisbona el 25 de abril de 1459, sancionados por el emperador Maximiliano I en 1498, si bien Roriczer no estaría obligado a ello pues la logia de Ratisbona finalmente no aceptó los estatutos¹.

En 1526 se publicó el primer texto de arquitectura en castellano, las *Medidas del Romano*, de Diego de Sagredo, de cuya edición de Toledo de 1549 se publicó un facsímil con introducción de Marías y Bustamante (1986).

Es a mediados del siglo XVI cuando aparecen los primeros manuscritos que plantean cuestiones específicas relativas a los problemas de la construcción en piedra. Los

¹ Los estatutos están publicados por Janner (1876), y se encuentran traducidos por Pauls, en el Museo Virtual de Historia de la Masonería de la UNED, sala III, documentos. http://www.uned.es/dpto-hdi/museovirtualhistoriamasoneria/3documentos_fundacionales/estatutos%20ratisbona%201498.htm, (fecha de consulta: 01-03-2017). Ver también Frankl (1945, 46).

dos primeros, prácticamente contemporáneos, cuya fecha de aparición es fluctuante, según los distintos autores, en torno a 1550-1560, son el manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón, del que se tiene conocimiento por estar recogido en el *Compendio de arquitectura y simetría de los templos...* de Simón García (1681); y el *Libro de arquitectura* de Hernán Ruiz el Joven, punto de conexión entre los mundos medieval y renacentista con sus procedimientos *transferentes* para las transformaciones geométricas, una de cuyas trazas más significativas contempla la resolución de una bóveda de crucería que ha sido estudiada por Rabasa (2000, 122-129), aportando interesantes conclusiones². En un ámbito temporal cercano a ellos, como se verá a lo largo de la investigación, habría que situar el Manuscrito Mss. 12686, objeto de la presente tesis.

Los dos principales textos del siglo, que se convertirían en referencia de toda la literatura posterior, tanto en Francia como en el ámbito hispánico, con una intención de afrontar problemas de la estereotomía y ofrecer un repertorio de soluciones de un número significativo de piezas, verían la luz con pocos años de diferencia en el último tercio del XVI. *Le premier tome de l'Architecture*, de Philibert de L'Orme (1567), parte inicial de un tratado que quedaría incompleto, y el *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira (c. 1585), del que se conocen dos copias manuscritas, una de ellas conservada en la Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de Madrid, cuyo facsímil publicó con su tesis doctoral Genèviève Barbé Coquelín de Lisle (1977) y una segunda conservada en la Biblioteca Nacional de España realizada por Felipe Lázaro de Goiti (1646).

A caballo entre los siglos XVI y XVII, aparecería la *Teórica y práctica de fortificación*, de Cristóbal de Rojas (1598), con diez páginas dedicadas a trazados de cantería, en general desprovistas de textos, y en las mismas fechas hay que situar varios manuscritos: los *Cerramientos y trazas de montea*, de Ginés Martínez de Aranda (c. 1600), que abre una línea alternativa a la de Vandelvira y pretende ser una obra de consulta o referencia, con una más detallada exposición de las soluciones; los *Rasguños de arquitectura y cantería* de Alonso de Guardia (c. 1600), con un carácter de cuaderno personal que recuerda en sus planteamientos a Aranda y Rojas y otro de los manuscritos conservados en la BNE,

² En lo sucesivo, para citar ambos manuscritos, los de Hernán Ruiz y Gil de Hontañón, se empleará la fecha cercana a 1550, siguiendo el criterio de Calvo (2009b).

anónimo, el Mss. 12744 (c. 1600)³, que es denominado habitualmente como de *Juan de Aguirre*, en relación a su propiedad, con planteamientos en la línea de Vandelvira.

En España esta primera fase de la literatura canteril renacentista se completaría con otras dos obras: el *Arte y uso de arquitectura*, de Fray Laurencio de San Nicolás (1639; 1663), con sus dos partes, representa un nexo entre las líneas de Vandelvira y Aranda, y además es la primera de las publicaciones de los monjes y clérigos arquitectos que durante el siglo XVII fueron responsables de buena parte de las construcciones de carácter religioso; y el manuscrito *Verdaderes traces de l'art de picapedrer* de Joseph Gelabert (1653), que representa una línea un tanto independiente respecto de las dos mencionadas que se podrían asociar a Vandelvira y Martínez de Aranda.

Cabe citar aquí, aunque fuera de la relación cronológica, un manuscrito tardío, perteneciente al siglo XVIII, el *Cuaderno de arquitectura* de Juan de Portor y Castro (1708), cuyos planteamientos están más vinculados con los de Aranda que con sus contemporáneos, y el Libre de trasas de vias y muntea de Joseph Ribes i Mestre (1708), que presenta la particularidad de abordar un número significativo de modelos de bóvedas de crucería⁴.

Respecto a Francia, tras la obra de De L'Orme, se produce nuevamente un relativo vacío de más de setenta años, en el que hay que señalar los manuscritos de Jean Chéreau (c. 1567-1574) y Jacques Gentillâtre (c. 1620), tras el que se dió una significativa producción a lo largo del siglo XVII. La publicación de *Le secret d'architecture* de Mathurin Jousse (1642) contiene en su título toda una declaración de intenciones acerca de la revelación, si bien en la práctica, su texto resulta en cierto modo comparable con el de Vandelvira. Dos años antes, con la breve publicación del *Brouillon project d'exemple d'une manière universelle du S.G.D.L. touchant la pratique du trait a preuues pour la coupe des pierres en l'architecture ...*, de Desargues (1640), se inicia un nuevo periodo en el que los autores comienzan a manifestar una preocupación por la explicación teórica de los problemas geométricos, lo que a la postre implicaría a lo largo de la segunda mitad del siglo XVII y el XVIII, un paulatino alejamiento de la práctica constructiva y un avance hacia planteamientos abstractos.

³ La fecha de datación del manuscrito es incierta. Salmerón (2015, 617) lo data a finales del XVI o principios del XVII, aunque en algunas de sus trazas aparecen soluciones que recuerdan a autores de mediados del XVII, como Derand o Jousse).

⁴ Francisco José León Tello y M^a Virginia Sanz (1994), han estudiado los tratados de arquitectura españoles del siglo XVIII.

Sucesivamente irían apareciendo *La pratique du traict a preuues...*, de Abraham Bosse (1643), que desarrolla en un extenso trabajo las escuetas explicaciones de Desargues, que había sido su maestro; *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes*, de François Derand (1643), con su recopilación de trazas y la inclusión de grabados de gran claridad realizados en perspectiva; la *Resolution des quatre principaux problèmes d'architecture* de François Blondel (1673)⁵; y el *Cursus seu mundus mathematicus*, publicado en latín por el jesuita Milliet de Chales (1674), que no estaba dirigido a los canteros, aunque en muchos casos recogía sus técnicas.

En esta misma línea de alejamiento de la práctica constructiva, aparecerían después los tratados de otros dos religiosos españoles: la *Arquitectura civil recta y oblicua* del monje cisterciense Juan de Caramuel (1678); y el *Compendio matemático* del padre Thomas Vicente Tosca (1707-1715), con un tratado dedicado a los cortes de cantería, de gran influencia en la formación de los ingenieros españoles; así como el italiano Guarino Guarini, con su *Architettura Civile* (1737), en la línea de la abstracción de la estereotomía.

El avance hacia los planteamientos abstractos y desvinculados casi por completo de la práctica continuó a lo largo del XVIII con las publicaciones en Francia del *Traité de la coupe des pierres* de Jean Baptiste de la Rue (1728), actualizando los planteamientos de Derand; *La théorie et la pratique de la coupe des pierres...* de Amédée-François Frézier (1737-39), en la línea de De L'Orme y Rojas, que incluye un procedimiento de labra mixto, entre el de *plantas al justo* y el de *robos*, que denomina *demi-équarissement*.

Las *Leçons de géométrie descriptive* y la *Géométrie Descriptive* de Gaspard Monge (1795; 1799) que transcriben las lecciones que impartía en la École Normale, a las que habría que añadir sus enseñanzas de temas de estereotomía en la École Polytechnique, marcan el momento de una vinculación más directa los postulados de la Geometría Descriptiva.

Las especiales características del corpus de la literatura canteril, especialmente en lo referente a los manuscritos hacen que no pueda ser considerado como cerrado. Las continuas investigaciones permiten descubrir documentos que habían permanecido ocultos hasta el momento. Recientemente han visto la luz dos manuscritos relacionados con la cantería, ambos correspondientes a las características de cuadernos de taller. El primero, de Francisco Antonio Fernández Sarela (1740), en el ámbito gallego, dado a

⁵ En otra de sus obras, el *Cours d'architecture...*, Blondel (1675-1683), aunque no aborda directamente problemas de estereotomía, si la incluye en la lista vitrubiana de los saberes que ha de conocer el arquitecto.

conocer por Cortés López (2012), que permanecía en el Archivo Provincial Franciscano de Santiago, que corresponde a un cuaderno de taller con influencias de los tratados de Fray Laurencio de San Nicolás y Portor y Castro⁶; el segundo es el de la familia de arquitectos Tornés, originaria de Jaca (Huesca), elaborado por miembros de varias generaciones entre los siglos XVII y XVIII⁷.

Los estudios sobre los tratados y manuscritos de cantería.

Los estudios en el campo de la literatura canteril manifiestan un carácter de interdisciplinariedad, con aportaciones desde los mundos de la Historia del Arte y de la Arquitectura, a través de trabajos individuales o colectivos, en grupos que frecuentemente han incluido investigadores procedentes de ambas disciplinas.

Son tres las principales vías de estudio en relación a las cuestiones específicas de la cantería. La primera de ellas se refiere al contenido de los manuscritos y tratados que plantean de un modo empírico la forma de resolver los problemas geométricos y la definición de las características de las dovelas de cara a acometer su labra; La segunda vía es la relativa a los trazados de monteas realizados a tamaño natural in situ para facilitar la ejecución; finalmente la tercera compete al estudio de los ejemplos construidos y su relación con los tratados y las monteas.

El punto de partida respecto al estudio de los tratados de cantería, data del final de la cuarta década del siglo XIX, en Francia, con el artículo en relación al *album* de Villard de Honnecourt, publicado por Jules Etienne Quicherat (1849) y posteriormente la edición facsímil del a cargo de Jean Baptiste Lassus (1858). En lo referente a nuestro país habría que esperar unos años hasta las investigaciones de Eduardo Mariátegui (1868; 1880) sobre el *Compendio* de Simón García, que contiene la obra de Gil de Hontañón, y sobre Cristóbal de Rojas; y casi un siglo hasta las publicaciones de José Camón Aznar (1941; 1941b), sobre Gil de Hontañón y el manuscrito de Simón García, y su edición del mismo.

A partir de ese momento, los primeros trabajos de investigación afrontaron la tratadística canteril desde una perspectiva filológica, de gran importancia por lo que supuso de cara a la localización, conservación y estudio de las fuentes, con importantes investigaciones que aportaron transcripciones de los textos y valiosos avances en la

⁶ Carvajal y Cortés López (2013) han estudiado conjuntamente los manuscritos de Portor y Fernández Sarela

⁷ El manuscrito ha sido sacado a la luz por Natalia Juan (2007), que posteriormente ha realizado diversos trabajos de investigación sobre él.

datación, las autorías y el establecimiento de las primeras relaciones y vinculaciones entre los tratados.

Circunscritos en el ámbito hispánico, ejemplos de estos trabajos, tanto a nivel general sobre la tratadística, como a nivel particular, sobre un autor en concreto, son las aportaciones de Fernando Chueca Goitia ([1953] 1995) sobre Andrés de Vandelvira, en el que dedica un capítulo al *Libro de trazas* de su hijo Alonso; Manuel Gómez-Moreno (1949) en *El libro español de arquitectura*; el estudio del *Libro* de Hernán Ruiz por parte de Pedro Navascués (1974); la tesis doctoral de Genèvieve Barbé-Coquelin de Lisle (1977) sobre el tratado de Vandelvira; los trabajos de Antonio Bonet Correa (1979; 1986; 1989) acerca del tratado de Simón García, de Ginés Martínez de Aranda y sobre los tratados españoles de cortes de piedras; los estudios de Jean-Marie Perousse de Montclos (1982b; 1988) sobre Alonso de Vandelvira y en el ámbito francés sobre la figura de Philibert de L'Orme; o las aportaciones de Fernando Marías (1978; 1988; 1993) sobre Vandelvira, Martínez de Aranda y dando a conocer el manuscrito de Alonso de Guardia.

En la penúltima década del siglo XX se abre una nueva línea de investigación desde el campo de la arquitectura, que complementa y enriquece las investigaciones realizadas hasta el momento, con la incorporación del estudio de las trazas contenidas en los tratados desde un punto de vista geométrico, con dos trabajos pioneros en este sentido, la tesis doctoral de Sergio Sanabria (1984), que aborda cuestiones generales de estereotomía y en particular los tratados de Gil de Hontañón, De L'Orme y Vandelvira y la publicación de José Carlos Palacios (1990) en relación al *Libro* de Vandelvira, que abrieron el camino a los trabajos de carácter monográfico en el campo de la estereotomía, que han ido completando los estudios del corpus de la literatura canteril hispana.

A los ya mencionados se irían sumando otros trabajos que han analizado de un modo particularizado los tratados y manuscritos, como es el caso de los realizados por Hoag (1958; 1985) para Gil de Hontañón; Gómez Martínez (1994; 1998) con trabajos genéricos sobre las bóvedas de crucería que abordan también el estudio de los tratados; Morales (1996; 2015), Pinto (1998) y Ampliato (2002) en relación al *Libro* de Hernán Ruiz; Galera (2000, 37-56) en relación al saber estereotómico de Andrés de Vandelvira materializado por su hijo en el *Libro de tazas*; Calvo (2000; 2009; 1998; 2015), con su tesis doctoral y los posteriores estudios sobre el manuscrito de Ginés Martínez de Aranda, Cristóbal de Rojas, y acerca de los Rasguños de Alonso de Guardia; Salmerón (2012; 2015), para el manuscrito Mss. 12744 de la BNE; Rabasa (2007; 2011) y Senent (2013), en relación al manuscrito de Gelabert; Pérez de los Ríos y García Alías (2009) sobre Mathurin Jousse;

Carvajal (2011) y Carvajal y Cortés (2013), para el *cuaderno* de Portor y Castro; Fernández Gómez (2000) acerca del *Compendio* de Tosca; Tellia (2011); Palacios y Tellia (2015); y Tellia y Palacios (2015) sobre el *Llibre de trasas* de Ribes, Juan (2007; 2011; 2015) para el manuscrito de los Tornés; Cortés (2012) y Carvajal y Cortés (2013) sobre el manuscrito de Fernández Sarela.

En la actualidad se están realizando tesis doctorales por parte de Rocío Carvajal sobre el cuaderno de Juan de Portor y Castro; y de Carmen Salmerón acerca del manuscrito Mss. 12744 de la BNE. Por su parte, Fabio Tellia ha terminado recientemente la tesis en relación al manuscrito de Joseph Ribes, estando en la actualidad pendiente de su lectura.

Adicionalmente a los estudios que han abordado de un modo más o menos amplio cada uno de los tratados, existen un importante número de libros, capítulos de libros, artículos, aportaciones a congresos o tesis, que recogen los trabajos realizados por los investigadores en los campos de la tratadística y la estereotomía, que han afrontado aspectos parciales o más concretos de su contenido.

Los trabajos de los grupos de investigación

La localización de los grupos de investigación específicos es reflejo de la tradición de construcción en cantería de Francia y España, países en los que se concentra el grueso de la producción científica en este campo y en menor medida en Italia, con mayor tradición de construcción en ladrillo.

En Francia se pueden mencionar los trabajos desarrollados por Jean-Marie Pérouse de Montclos, en el *Centre national de la recherche scientifique* y el recientemente fallecido Joël Sakarovitch en la *École d'Architecture Paris-Malaquais*.

En Italia el grupo encabezado por Claudio D'Amato en el Politécnico de Bari; investigadores como Giovanni Mocchi, de la Universidad de Bolonia; Riccardo Migliari, de la Universidad de Roma-La Sapienza; en Sicilia Marco Rosario Nobile, de la Universidad de Palermo y María Mercedes Bares, de la Universidad de Catania; los trabajos de Camilo Trevisan en la Università IUAV de Venecia; y la tesis doctoral de Elena Trevisan, de la misma universidad, sobre la catedral de Murcia, bajo la dirección del profesor Agostino de Rosa.

En otros países, los estudios han sido desarrollados por investigadores individuales, entre los que se puede citar en Alemania a David Wendland; en el Reino Unido a Alexander

Holton; en Estados Unidos la significativa aportación de Sergio Sanabria, de la Miami University en Ohio, Richard Etlin o Randy Swanson.

Respecto a las investigaciones realizadas en España en los últimos años, cabe citar los estudios sobre cantería de Francisco Pinto (1993; 1998; 1999); los de Arturo Zaragoza (2000; 2008; 2009; 2010) en el ámbito mediterráneo; de José Antonio Ruiz de la Rosa y Juan Clemente Rodríguez Estévez (2000; 2003; 2011), sobre monteas; o en el ámbito gallego, los de Miguel Taín (2003, 2009) y Manuel Freire (1998, 2011). Son de significar los trabajos sobre los canteros de Trasmiera de Begoña Alonso (1991, 2002, 2003) y los estudios sobre el léxico de la cantería renacentista de Guillermo Herráez 2003; 2008; 2008b).

En los últimos años es de destacar la labor de los grupos de investigación que se han mostrado especialmente activos en el campo de la cantería: los dos grupos vinculados a la Escuela de Arquitectura de Madrid, nucleados en torno a Enrique Rabasa, con Ana López Mozo, Miguel Ángel Alonso, Alberto Sanjurjo, Rosa Senent y Carmen Pérez de los Ríos; y José Carlos Palacios, con Rafael Martín Talaverano, Sandra Bravo Guerrero, Rocío Maira y Fabio Tellia, que colaboran frecuentemente en proyectos como DOCOGOTHIC y el citado más adelante sobre la construcción de bóvedas tardo góticas; y el grupo *Historia de la Construcción*, de la Universidad Politécnica de Cartagena, al que pertenezco, encabezado por José Calvo, integrado por investigadores como Pau Natividad Vivó y Macarena Salcedo, en cuyos proyectos de investigación colaboran Arturo Zaragoza Catalán, Francisco Pinto y Rocío Carvajal Alcaide.

Estos grupos han desarrollado los proyectos de investigación *Construcción en piedra de cantería en el ámbito hispánico. Fuentes documentales y patrimonio construido*; y *Construcción en piedra de cantería en los ámbitos mediterráneo y atlántico*; cuyos resultados se han materializado en un número importante de trabajos relacionados con la estereotomía y la cantería.

En la actualidad están en fase de ejecución nuevos proyectos de investigación: el denominado *La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento*, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad, cuyos investigadores principales son Ana López Mozo y Enrique Rabasa; y el titulado *Arquitectura renacentista y construcción pétrea en el sur de España*⁸, financiado

⁸ Publicaciones derivadas del proyecto, que se relacionan con la investigación al tener por objeto el estudio de bóvedas tardogóticas, son las de Calvo (2015b); Senent et al. (2015); López Mozo et al. (2015); López Mozo, Martín Talaverano y Sanjurjo (2015); Rabasa, Alonso Rodríguez y Pliego (2015); Rabasa y López Mozo (2016); López Mozo

por la Fundación Séneca, con José Calvo como investigador principal. Ambos proyectos ya han producido numerosos resultados materializados en congresos y publicaciones especializadas, algunos de los cuales corresponden a fases de la investigación llevada a cabo para la realización de la presente tesis⁹.

También tiene una directa con el objeto de la tesis el grupo de investigación *Arquitectura Tardogótica*, de la Universidad de Cantabria, del que forman parte investigadores como Begoña Alonso, Javier Ibáñez o Amadeo Serra, que ha desarrollado diversos proyectos de investigación relacionados con la arquitectura tardogótica castellana, y que en la actualidad está abordando el proyecto *Los diseños de arquitectura en la Península Ibérica entre los siglos XV y XVI. Inventario y catalogación*, con Javier Ibáñez como investigador principal, del que se esperan interesantes resultados en relación al conocimiento de los instrumentos de representación gráfica publicados e inéditos del Tardogótico peninsular.

Igualmente se está trabajando en el proyecto: *Red para la Documentación de la construcción tardogótica hispánica DOCOGOTHIC*, con Enrique Rabasa como investigador principal, en el que están integrados, además de miembros de los equipos citados anteriormente, investigadores como Arturo Zaragozá, Francisco Pinto, Miguel Angel Chamorro, Rafael Marín o Joan Domenge, aportando trabajos desde los campos de la historia del arte y la arquitectura.

En relación al manuscrito Mss. 12686 de la BNE

Si a finales de los años setenta del pasado siglo la visión de Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle (1977, 29-32) vinculaba la práctica totalidad de la tratadística canteril del Renacimiento español derivada de Alonso de Vandelvira, los importantes avances realizados como consecuencia de las últimas investigaciones han permitido a Calvo (2000, I: 112-115; 2009, 13-18; 2015, 454-457) establecer la existencia de dos líneas claramente diferenciadas. La primera correspondería a Alonso de Vandelvira y en ella quedarían incluidos, además de las dos copias conocidas del *Libro de trazas*, dos de los manuscritos conservados en la BNE, el Mss. 12744, al menos en parte, y el Mss. 12686 objeto del

y Senent (2016); Senent, Salcedo y Calvo (2016); Calvo y Galera (2016); Martín Talaverano (2015; 2016); Palacios y Tellia (2015b; 2016).

⁹ Incluidos en el proyecto *Construcción en piedra de cantería...*, García Baño y Calvo (2012); García Baño y Natividad (2015). En el proyecto *La construcción de bóvedas tardogóticas españolas...*, García Baño (2015b); García Baño y Calvo (2015b).

presente trabajo, cuya vinculación es mucho más directa, como veremos. La segunda línea, que es más numerosa en cuanto a número de tratados y más dilatada temporalmente, incluiría el tratado de Cristóbal de Rojas y los manuscritos de Martínez de Aranda, Alonso de Guardia y Portor y Castro. El tratado de Fray Laurencio de San Nicolás estaría en una posición entre ambas, tomando modelos de Vandelvira y también de Martínez de Aranda, y el manuscrito de Joseph Gelabert presenta una situación de independencia respecto de ambas.

Con anterioridad al inicio de la presente investigación, respecto del contenido y características del cuaderno manuscrito Mss. 12686 no habían sido objeto de análisis específicos cuestiones en torno a la determinación del número de autores que hubieran intervenido en su elaboración ni en los aspectos concretos relativos a la estereotomía de las piezas de cantería que contiene¹⁰.

En algunos casos aparece simplemente citado en relación a trabajos de investigación relacionados con la cantería o con la tratadística. En otras ocasiones ha sido estudiado de manera tangencial por parte de varios autores, no de forma concreta e individualizada, sino en la medida en la que algunos de sus contenidos o características pudieran yuxtaponerse con sus investigaciones realizadas en relación a la tratadística y a la cantería.

Gómez Moreno (1949, 14), lo considera como un borrador incompleto; (Chueca ([1953] 1995, 340) en la línea de pensamiento, ya mencionada, del pasado siglo, lo describe como un manuscrito que comprende trazas de cortes de piedra que provienen de Vandelvira. Unos años más tarde, Barbé-Coquelin de Lisle (1977, 29-30), se refiere a él en el marco de su tesis sobre el *Libro* de Alonso de Vandelvira; lo sitúa temporalmente en el siglo XVII, y junto con otro de los manuscritos conservados en la BNE, el Mss. 12744, los considera cuadernos de apuntes, breves compendios o memorandas, que se transmitirían de unos maestros a otros, destinados a repasar la obra de Vandelvira. Justifica la escasa presencia de textos en la idea de que el manuscrito se redactó en una época en la que el vocabulario arquitectónico de Vandelvira sería comprendido sin esfuerzo por los iniciados.

Gómez Martínez (1998, 31-32), en su trabajo sobre las bóvedas de crucería del Gótico español, es el primero en descartar que el manuscrito, al que denomina *cuaderno*,

¹⁰ A este respecto, durante el proceso de investigación y elaboración del presente trabajo, hemos publicado trabajos que han abordado, entre otros, los aspectos relativos a las autorías, cuyos contenidos se han tomado como la base a partir de la que se ha completado el presente capítulo. Ver García Baño y Calvo (2012, 163-164); García Baño (2013, 65-94); García Baño y Natividad (2015, 517-536).

constituya una copia posterior de los Vandelvira y señala la presencia de un bloque original, en el que incluye los dibujos de las bóvedas de crucería, al que se habrían añadido posteriormente el alzado del orden toscano y el fuste de la columna salomónica. Aporta los datos de mayor interés, al identificar la correspondencia de los dibujos de las bóvedas nervadas de planta cuadrada y perlongada contenidos en el cuaderno con las bóvedas construidas en la iglesia parroquial de Garcinarro, en Cuenca.

Por este motivo, considera que los diseños del manuscrito están tomados del proyecto del cantero vizcaíno Pedro de Alviz, autor de la traza de la iglesia, hecho reforzado con la presencia de la escala gráfica que se adjunta al dibujo de una de las bóvedas, y le aporta la condición de traza destinada a una construcción real. Por ello, atribuye la autoría del manuscrito a Pedro de Alviz, sin descartar la posibilidad de que los dibujos de las bóvedas fueran añadidos por Juanes de Andute, que sucedió a Alviz en la obra de Garcinarro tras su fallecimiento en 1545, o alguno de los canteros vizcaínos que trabajaron en el entorno de Cuenca durante la primera mitad del siglo XVI.

Asimismo, opina que Francisco de Luna, que habría empleado el diseño de planta cuadrada en el monasterio de Uclés, habría tenido influencia en la formación de Alviz, al igual que la tuvo sobre su yerno, Andrés de Vandelvira, que habría adquirido parte de su formación en estereotomía en los años en los que permaneció en la zona conquense, para posteriormente perfeccionarlos con planteamientos más novedosos a través de sus contactos con Diego de Siloé en Andalucía, lo que justificaría, en su opinión, que el manuscrito no contenga algunas de las trazas prototípicas como las capillas de crucería casetonada.

Suárez Quevedo (2002, 133-135) lo incluye en su estudio sobre los manuscritos de cantería vinculados a la figura del copista de Vandelvira, Felipe Lázar de Goiti, conservados en la Biblioteca Nacional de España. Se refiere a la copia del *Libro de trazas* de Vandelvira realizada por Goiti (1646) como *Libro de cortes, que es fehacientemente de Felipe Lázar de Goiti*, sin hacer mención al hecho de que se trata de una copia del *Libro* de Vandelvira, y considera al manuscrito Mss. 12686 como un apéndice inconcluso de él, refiriéndose a una atribución a Goiti en relación con las trazas de cortes de cantería, que considera incompletos, *de inferior calidad y que no aportan nada al manuscrito genuinamente de Goiti*.

Centra su interés en los dibujos del orden toscano, que identifica como copia de la traducción española de las *Regole* de Vignola realizada por Caxesi (1593), indicando que

existe una imitación del tipo de letra; y en el alzado del fuste salomónico, que también vincula con el *Vignola* debido a la coincidencia en la numeración de los folios en los que aparecen en ambos casos. Reconoce una influencia vandelviriana, realiza una vinculación de su autoría a la figura de Goiti y data el cuaderno manuscrito en el siglo XVII. En el trabajo incorpora una transcripción parcial del cuaderno que comprende exclusivamente los títulos de las trazas y el texto de un folio correspondiente a la copia del *Vignola*, pero no se transcriben los textos que acompañan las trazas de cantería.

Calvo (2000, 1: 83; 257-258; 2009b, 123; 2015, 456) recoge las opiniones de Gómez Martínez respecto de la atribución a Pedro de Alviz y la datación en torno a 1540, aunque considera que los argumentos no son concluyentes, pues las bóvedas podrían haber sido copiadas en el manuscrito por un cantero que hubiera conocido las de Garcinarro. Establece que se trata, junto con el Mss. 12744 de la BNE (de un modo parcial), del único que posee una relación estrecha con el *Libro de trazas* de Vandelvira por el empleo frecuente de las técnicas de triangulación, que otros autores reservan para casos más concretos, y por la pertenencia de Alviz y Andrés de Vandelvira al círculo de Francisco de Luna. Pone de manifiesto que la confirmación de la datación del manuscrito, dada su relación con Vandelvira, implicaría, por una parte, que las técnicas de obtención de plantillas por medio de triangulaciones se emplearían en la primera mitad del siglo XVI, y podrían derivar de Luna, Alviz o Andrés de Vandelvira, pero serían desconocidas casi por completo para Hernán Ruiz y De L'Orme; y por otra, la aparición simultánea en la literatura de *plantas y robos*.

Está documentada la relación directa de Alviz con Francisco de Luna, que fue maestro del priorato de la Orden de Santiago en Uclés, suegro de Andrés de Vandelvira y que tuvo una significación importante en la formación del maestro nacido en Alcaraz, que resultó determinante, junto con el influjo recibido de Jerónimo Quijano en su obra posterior. La vinculación del manuscrito con la figura de Alviz, lo situaría en el entorno de Luna y por tanto del foco de cantería representado por Andrés de Vandelvira en Jaén, Úbeda y Baeza y lo relacionaría con los dominios del priorato en el territorio que se corresponde con las actuales provincias de Cuenca, Toledo, Albacete, Murcia, Granada y Jaén. El poder ejercido por el priorato en dichas regiones tuvo su manifestación en una significativa influencia arquitectónica.

A pesar de la importancia que en la arquitectura renacentista pudo tener la línea derivada del entorno del priorato, existe una significativa ausencia de estudios concretos sobre la obra de esta escuela. Ha sido estudiada por autores como Azcárate (1945; 1945b; 1956); Rokiski (1985; 1989) con sus trabajos sobre la arquitectura del XVI en Cuenca; en estudios específicos (Galera 2000) con algunas menciones de la obra de juventud de Vandelvira; en trabajos de carácter más puntual respecto a los contactos entre Luna y Vandelvira con otros maestros o con Quijano (Herrera y Zapata 2005), (Ruiz Calvente 2005); o relacionados con los solapes entre las influencias del priorato y el Obispado de Cartagena (Gutiérrez-Cortines 1987).

Fuentes y metodología

El cuaderno manuscrito

La principal fuente primaria es el propio cuaderno manuscrito Mss. 12686 conservado en la Biblioteca Nacional de España, objeto de la presente tesis doctoral. No se ha publicado ningún facsímil, pero se dispone dos reproducciones digitalizadas. Una de ellas es la propia de la BNE, y la segunda es una copia digital en archivos .tiff de muy alta resolución, realizada a instancias del Proyecto de Investigación "Construcción en piedra de cantería en el ámbito hispánico: fuentes documentales y patrimonio construido" de la UPM. Las reproducciones digitales posibilitan abordar numerosos aspectos de la investigación, pero ha sido imprescindible el estudio directo del ejemplar físico del manuscrito, que aporta datos imposibles de obtener a través de los medios informáticos, para lo que se han realizado varios desplazamientos a la BNE.

A nivel general, el análisis del ejemplar ha permitido determinar su estructura y características físicas, sus dimensiones, el tipo de encuadernación, y el número y características de los libros que lo componen, así como la existencia de incidencias respecto de folios que han sido arrancados tras el encuadernado. Los bifolios que lo componen han sido estudiados con la ayuda de medios como la lupa, el cuentahilos, el escalímetro y una lámina de luz fría, que ha permitido obtener los datos relativos a las características del papel utilizado, la disposición de corondeles y puntizones y la presencia de filigranas, cuyo estudio es de gran ayuda para realizar una datación aproximada.

La transcripción de los textos contenidos en el manuscrito, no ha presentado grandes dificultades al tratarse de variantes de la escritura itálica. Se ha optado por incorporar en el capítulo correspondiente al texto comentado de las trazas una transcripción actualizada que facilite su lectura y comprensión al lector habitual, y añadir un apartado específico con la transcripción realizada con criterios paleográficos, de interés para un lector más especializado en esos temas, realizada según las convenciones paleográficas, mediante las normas de transcripción dadas por la Comisión Internacional de Diplomática. Para los aspectos concretos no contemplados en las normas, se han utilizado los criterios fijados por autores especializados¹¹. La transcripción es una herramienta de interés para la fijación y el estudio de los textos, cuyo cuidadoso análisis respecto a aspectos como errores, tachaduras, omisiones, interlineados, a las expresiones

¹¹ Se han adoptado en primer lugar, las normas de la Comisión Internacional de Diplomática; en segundo lugar los criterios de Romero Tallafigo, Rodríguez Liáñez y Sánchez González (1995), y en su defecto, los de Riesco et al. (1995).

empleadas o a las correspondencias con los dibujos ha aportado valiosos datos relacionados con su datación y con su cualidad de copia. Adicionalmente, el conocimiento pleno de los textos permite estudiar las explicaciones que el autor incorpora en relación a los procedimientos aplicados a la solución de las trazas.

Se han estudiado y comparado las caligrafías contenidas, el modo de escritura, los tipos de letra y la existencia de enmiendas, correcciones y tachaduras, lo que ha permitido detectar la intervención de diferentes autorías en su realización. El estudio de los dibujos contenidos en el manuscrito, dada la escasez de textos, ha sido de gran importancia para la realización de un análisis en los aspectos relativos a la estereotomía. En primer lugar se han analizado las trazas de cantería en su conjunto, el orden en el que van apareciendo y sus grados de dificultad, detectando la existencia de bloques diferenciados y la ordenación por capítulos del bloque más numeroso.

A continuación se han estudiado aspectos como los tipos de línea, la calidad de los trazos, y las diferentes tintas empleadas, datos que han permitido establecer el orden y los criterios con los que se fueron completando los contenidos del bloque principal y localizar las adiciones de autores posteriores. También se han analizado los modos de representación, los recursos gráficos y los métodos empleados para la obtención de las plantillas necesarias para llevar a cabo la labra de las dovelas que constituyen cada pieza, cotejando, en los casos en los que figuran, las descripciones que se incluyen con la traza, con las operaciones realmente ejecutadas en los dibujos, lo que ha permitido detectar algunas discrepancias entre lo que el autor propone, para ser posteriormente trazado a tamaño real en la ejecución de la pieza, y lo que realmente dibuja.

La interpretación de los dibujos, que abordan problemas relacionados con la geometría del espacio, se ha realizado mediante medios informáticos, con el empleo de programas de diseño asistido por ordenador, mediante la realización de un modelado espacial que responda a la misma geometría de las piezas contenidas en el manuscrito, a partir de líneas rectas, curvas y superficies de cualquier naturaleza, gracias a las posibilidades de las superficies NURBS del programa Rhinoceros 5.0, disponible en la UPCT, que permite la representación de curvas y superficies con carácter prácticamente ilimitado, su presentación visual muy intuitiva por variados métodos, y la obtención de proyecciones cilíndricas y oblicuas en los diversos sistemas de representación.

A partir de los modelos tridimensionales se han estudiado las características de las superficies del intradós y de las embocaduras, analizando además la disposición de las

juntas y de los lechos entre dovelas. Los resultados se han plasmado en proyecciones bidimensionales de axonometría oblicua, seleccionando la más adecuada en base a la geometría de la pieza. Para las piezas generadas a partir de arcos que se proyectan sobre las embocaduras, se han empleado perspectivas caballeras, disponiendo los ejes para que sea el plano de embocadura el que se mantiene en verdadera magnitud tras la proyección. En el caso de las bóvedas, la perspectiva empleada ha sido la militar, que mantiene la planta en verdadera magnitud, sobre la que se han añadido abatidas las embocaduras con la información de las características de sus arcos y juntas de lecho.

También han sido empleados los modelos para determinar las formas reales de las plantillas que en cada caso aparecen obtenidas en el manuscrito. A continuación se ha procedido a generar, a partir del modelo 3d, las proyecciones diédricas equivalentes a las dibujadas en el manuscrito, a colocarlas a la misma escala y a superponer los resultados sobre las trazas del manuscrito, con la ayuda de programas de tratamiento combinado de imágenes y elementos vectoriales, lo que ha permitido determinar el grado de aproximación a la realidad de las trazas y de las plantillas obtenidas, la precisión alcanzada con los recursos gráficos empleados, y la viabilidad de la labra de las dovelas en las condiciones planteadas.

Los tratados

Al manuscrito hay que añadir el conjunto de fuentes primarias escritas constituido por el corpus de la tratadística canteril renacentista. Por corresponder al ámbito temporal en el que se ubica el cuaderno, se ha decidido acotar la investigación a los tratados de cantería españoles y franceses que reflejan las ideas renacentistas, estableciendo como límite temporal el año 1660, pues los aparecidos con posterioridad a esa fecha se desviaron de los planteamientos iniciales para entrar a proponer soluciones de carácter teórico, muy alejados de la práctica canteril. Como excepción, se ha incluido el manuscrito de Portor y Castro (1708), cuyos contenidos tradicionalmente se consideran vinculados con los tratados renacentistas a pesar de su tardía fecha. De modo puntual se han empleado, en la medida en la que se relacionan con la investigación, algunos de los que quedan fuera del conjunto limitado, así como tratados de carácter más general sobre arquitectura.

En cuanto a los específicos de cantería incluidos en el ámbito temporal acotado, para su estudio, se han empleado las copias digitalizadas en alta resolución disponibles de los tratados españoles correspondientes a: Hernán Ruiz (c. 1550); Gil de Hontañón,

contenido en el manuscrito de Simón García ([c. 1550] 1681); las dos copias conocidas del tratado de Alonso de Vandelvira (c. 1585), la que se conserva en la Escuela de Arquitectura de Madrid, y la conservada en la BNE, copiada por Felipe Lázaro de Goiti (1646); Cristóbal de Rojas (1598); el anónimo Mss. 12747 de la BNE (c. 1600); Alonso de Guardia (c. 1600); y Fray Laurencio de San Nicolás (1639). Respecto al de Ginés Martínez de Aranda (c. 1600), existen dos versiones digitalizadas disponibles en la red¹², y adicionalmente se han manejado las reproducciones de las trazas contenidas en Calvo (2000); y para el de Joseph Gelabert, las publicadas por Rabasa (2011).

Respecto de los franceses, igualmente se han manejado las copias digitalizadas disponibles para los tratados de: Villard de Honnecourt (c. 1225); Philibert De L'Orme (1567); Girard Desargues (1640); Mathurin Jousse (1642); Abraham Bosse (1643) y François Derand (1643).

En cada caso se han estudiado las trazas de cantería contenidas, el modo en el que se agrupan, sus grados de dificultad, el planteamiento de las piezas, la disposición de las juntas, los recursos gráficos empleados y los modos de abordar la solución, y se han localizado con carácter específico, trazas que respondan a modelos similares a los contenidos en el cuaderno, comparándolas entre sí, lo que ha permitido conocer los diversos planteamientos de cara a la labra de las piezas, evaluar el nivel de conocimiento del autor en relación al resto de los tratadistas, ubicar temporalmente el cuaderno y establecer las vinculaciones con otros manuscritos.

Con el objeto de determinar la viabilidad de una de las atribuciones que se había formulado, acerca de la autoría del manuscrito, en la figura de Felipe Lázaro de Goiti (Suárez Quevedo 2002), además de la mencionada copia del *Libro* de Vandelvira, se ha analizado otro de sus manuscritos conservados en la BNE, la traducción castellana del tratado de Danielle Barbaro (1643), comparando las caligrafías de Goiti con todas las contenidas en el manuscrito para descartar posibles coincidencias.

Se han analizado varias ediciones de *la Regola delli cinque ordini d'Architettura* de Vignola para determinar la que sirvió de base para copiar los dibujos añadidos al cuaderno, que se corresponden con la edición de la traducción castellana realizada por Patricio Caxesi y publicada en 1593, lo que permite determinar la fecha post quem para la adición de los dibujos.

¹² Disponibles en: <http://www.bibliotecavirtualdefensa.es/BVMDefensa/i18n/consulta/registro.cmd?id=4530> y http://www.bma.arch.unige.it/engl/AUTHORS/engl_authors_Martinez_de_Aranda_Gines.html

Los archivos

Una valiosa fuente de información respecto a las fuentes primarias es la obtenida en los archivos. Se han investigado documentos directamente relacionados con la investigación, conservados en los Archivos Históricos Provinciales de Cuenca y Jaén, en el Archivo Diocesano de Cuenca, y en el Archivo Municipal de San Clemente. Los documentos obtenidos han aportado valiosos datos biográficos relativos a Pedro de Alviz, Francisco de Luna, Juanes de Andute, y de muchos de los canteros y maestros de cantería que pudieran estar vinculados al cuaderno y disponer de documentos manuscritos o firmados por ellos. Sus caligrafías han sido estudiadas con criterios paleográficos y se han cotejado con las contenidas en el cuaderno, de cara a buscar coincidencias, proceso que ha permitido avanzar en la atribución de las autorías.

Se han obtenido datos históricos que sobre la cronología en la construcción de la parroquial de Garcinarro y la imposibilidad de que sus bóvedas de crucería se construyeran en vida de Pedro de Alviz, hecho que unido a la diferencia en las caligrafías ha permitido descartar igualmente su autoría, al menos directa sobre la copia.

Otros documentos de importancia contenidos en diversos archivos se refieren a numerosas trazas de carácter operativo, destinadas a la construcción real de bóvedas. Se han estudiado los modos de representación y los procesos geométricos empleados en el diseño del conjunto de nervios y se han puesto en relación con las bóvedas dibujadas en el manuscrito y en el resto de los tratados, identificando aspectos comunes que asocian el modo de dibujo con la finalidad de la traza.

Los diccionarios

El conjunto de fuentes primarias documentales utilizadas se completa con la información obtenida en los diccionarios históricos, fundamental en el estudio del léxico empleado en estos documentos manuscritos, pues numerosos de los términos que contienen no se emplean en la actualidad o bien se usan con diferente significado al empleado por los tratadistas.

Derivado de la transcripción de los textos, se ha incluido un glosario de los términos contenidos en los textos descriptivos que acompañan a las trazas, aportando las definiciones recogidas en los diccionarios históricos más significativos y estudiando su relación con los términos empleados por el resto de los tratadistas.

Para la elaboración del glosario, en primer lugar, tras el término, que aparece con la caligrafía actual, seguido entre paréntesis, en su caso, por la caligrafía con la que figura en el texto, se ha incluido la acepción que se relaciona de un modo más directo con el sentido al que hace referencia el autor del manuscrito, especificando la fuente, o en su defecto, incluyendo una definición propia. A continuación se aportan las acepciones que aparecen en el actual Diccionario de la Real Academia Española, en la medida que se asemejan al sentido del texto. Tras ellas, se añaden las de los diferentes diccionarios históricos, en la medida en la que aportan conceptos o matices distintos a los del diccionario actual. En particular, las correspondientes a las distintas ediciones del Diccionario de Autoridades y a los posteriores diccionarios históricos que componen la lexicografía académica, reunidos por la Real Academia Española en el Nuevo tesoro lexicográfico de la lengua española (NTLLE), disponible *on line* en www.rae.es, que incluye, entre otros, el *Tesoro de la lengua castellana* o española de Covarrubias (1611) y el *Diccionario castellano* de Esteban Terreros y Pando (1787). Seguidamente se han añadido las definiciones que figuran en los diccionarios especializados de Rejón de Silva (1788) y Bails (1802). De modo adicional, se ha recurrido a definiciones dadas por autores especializados en la materia (Calvo 2000; Rabasa 2007). Para los diccionarios históricos se ha mantenido la caligrafía original, razón por la que los textos contenidos en ellos aparecen en cursiva.

En relación a la designación del manuscrito, dado que en la exposición aparecen constantes referencias a otros manuscritos, con la finalidad de evitar la necesidad de hacer referencias concretas en cada caso a cual de ellos se refiere el texto, y de no provocar al lector confusiones innecesarias, en lo sucesivo, para designar el manuscrito Mss. de la BNE, objeto de la tesis, se empleará el término *códice*, en aplicación de la acepción del diccionario de la Academia Usual de 1780, que lo define como *libro manuscrito, en el que se conservan memorias de cosas antiguas*¹³. En el capítulo destinado a las conclusiones, al referirse a él de un modo más específico, si se ha considerado conveniente mantener la denominación de manuscrito.

Los monumentos

Los propios monumentos relacionados con el manuscrito constituyen otra de las fuentes primarias básicas. Se ha realizado una labor de búsqueda de bóvedas de crucería

¹³ La acepción actual de la RAE incluye una matización al definir *códice* como *libro manuscrito anterior a la invención de la imprenta*, pero en aras de facilitar la distinción con el resto de los manuscritos se ha considerado conveniente, por más cercana a su datación, contemplar la definición de 1780, más amplia.

que posean una disposición del conjunto de los nervios similar a las que figuran dibujadas en el manuscrito, lo que ha permitido añadir a las identificadas inicialmente un número significativo de ejemplos concentrados principalmente en las zonas de La Rioja y Cuenca. La práctica totalidad corresponden con modelos de planta cuadrada o asimilable al modelo de la bóveda cuadrada. Sin embargo, respecto al modelo de planta perlongada, las únicas que responden fielmente al diseño del manuscrito son las construidas en las naves laterales de la parroquial de Garcinarro, lo que la vincula especialmente con el manuscrito.

En cuanto a los ejemplos encontrados, se ha realizado una investigación para obtener todos los datos documentales posibles, especialmente en relación a su construcción, a la datación y a sus autores, incluyendo su formación y las relaciones profesionales con otros maestros. Se han visitado y documentado la gran mayoría de los ejemplos localizados, y en los casos en los que no ha sido posible la visita, se han empleado las fuentes documentales, gráficas o escritas disponibles.

El análisis transversal de los datos recopilados ha permitido establecer las relaciones entre sus artífices y determinar las vías de transferencia de conocimiento entre las dos escuelas de cantería responsables de un gran número de ellos, así como ratificar atribuciones de autoría y formular nuevas atribuciones en la figura de Pedro de Alviz.

Respecto de la parroquial de Garcinarro, por ser el único caso que posee bóvedas que responden a ambos modelos, se ha realizado un levantamiento topográfico mediante estación total láser, empleando los equipos de los que dispone el Grupo de Investigación de Historia de la Construcción de la Universidad Politécnica de Cartagena. El esquema general de trabajo ha consistido en dar coordenadas a un determinado número de puntos elegidos de manera que permitan definir la forma y geometría de la pieza objeto de estudio para su posterior análisis. Al tratarse de bóvedas de difícil acceso, la medición directa resulta inviable, por lo cual se ha empleado la estación láser que permite dar coordenadas rigurosas y precisas, con facilidad, a puntos inaccesibles. Este trabajo se ha completado con el reconocimiento de formas y con la medición manual de detalle.

Los datos obtenidos por la estación se han volcado en un ordenador mediante un archivo de texto de intercambio, traducido a los formatos de archivo gráfico habituales mediante un plug-in. El resultado es una nube de puntos selectivos, elegidos convenientemente, que han permitido definir la forma y geometría de las bóvedas objeto de estudio. Esta técnica resulta muy útil como técnica de levantamiento principal, puesto

que permite definir por puntos cualquier figura poliédrica, o incluso las juntas vistas, que desempeñan un papel esencial en estereotomía.

Como complemento en el caso de Garcinarro, y en el resto de ejemplos localizados, en los que no se ha considerado necesario realizar un levantamiento riguroso, se han documentado los parámetros necesarios mediante el uso de los distanciómetros láser de los que dispone el Grupo de Investigación de Historia de la Construcción de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Además de los métodos expuestos, se han realizado fotografías digitales convencionales con una doble finalidad: como documentación de apoyo para el análisis de las piezas construidas en gabinete y para ilustración de publicaciones en revistas especializadas.

A partir de los levantamientos y documentación de las piezas construidas, por los métodos expuestos con anterioridad, se ha procedido al análisis de las piezas correspondientes, comparándolas con los trazados de cantería, con las soluciones contenidas en el manuscrito, o en su caso, con otras obras del mismo período, estudiando cuales son los métodos de trazado y labra de la piedra empleados, tanto en el terreno formal como constructivo. Para estos análisis se ha empleado un programa de modelado por ordenador con capacidad de generar prácticamente cualquier superficie mediante NURBS, que ofrece una serie de herramientas que resultan esenciales para el estudio de los problemas estereotómicos, pues permiten determinar las intersecciones de dos superficies, obteniendo una curva manipulable, o recortando una o ambas superficies por la curva de intersección; también permiten desarrollar superficies u obtener un dibujo bidimensional manipulable a partir de un modelo tridimensional, lo que a su vez permite obtener representaciones en cualquiera de los sistemas de proyección de uso habitual en arquitectura, incluyendo perspectivas caballeras o militares obtenidas mediante transformaciones afines.

Para realizar la comparación de las bóvedas construidas en la iglesia de Garcinarro, respecto de las dibujadas en el manuscrito, se ha procedido a obtener, a partir del modelo tridimensional generado con los datos proporcionados por el levantamiento, una proyección bidimensional sobre el plano horizontal. A continuación, se ha trabajado sobre las imágenes digitalizadas del manuscrito, empleando software que permite escalarlas, tomando como base dimensional el pitipié graduado que incorporan, y finalmente se han superpuesto ambas proyecciones para cotejar el grado de coincidencia que presentan.

Respecto de las piezas de cantería, se ha realizado un trabajo de localización y documentación análogo al descrito para las bóvedas de nervios. Para cada traza de las contenidas en el manuscrito, se han buscado ejemplos contruidos similares. En primer lugar, se han incluido los existentes en la iglesia de Garcinarro, y en el resto de las iglesias y construcciones en las que se han localizado las bóvedas similares. El segundo nivel corresponde a las piezas que sin estar contenidas específicamente en ellas, pertenezcan a edificaciones contruidas durante el siglo XVI, y preferentemente en las zonas geográficas vinculadas con las escuelas conquense y riojana. En un tercer nivel se han incluido ejemplos que no responden a ninguna de las condiciones anteriores, pero que se relacionan con el manuscrito por responder a un modelo similar. Las piezas localizadas han sido analizadas en los aspectos relacionados con su estereotomía, y comparadas con las soluciones contempladas en el manuscrito.

Las fuentes secundarias

En cuanto al conjunto de fuentes secundarias, en primer lugar hay que citar los estudios que hasta el momento han abordado cuestiones relativas al cuaderno. El trabajo de Barbé-Coquelin de Lisle (1977), planteaba vinculaciones con el mundo de los Vandelvira; Gómez Martínez (2001), había atribuido la autoría a Pedro de Alviz y Suárez Quevedo (2002) a Felipe Lázaro de Goiti. Estas vinculaciones y atribuciones han permitido dirigir una de las líneas de investigación del trabajo a documentar en profundidad todos los aspectos del manuscrito que pudieran tener relación con ellas, lo que ha permitido descartar las vinculaciones con Goiti, localizar la autoría en el círculo de Pedro de Alviz, aunque no directamente de su mano, e identificar las vías de conexión con los Vandelvira.

La tesis doctoral de María Luz Rokiski Lázaro (1985) y sus posteriores trabajos en relación a la arquitectura de Cuenca en el siglo XVI han sido fuente fundamental, por la minuciosidad y extensión con la que se recogen las referencias documentales y la documentación gráfica y fotográfica que incluyen. Su estudio ha facilitado la selección y localización en los archivos de los documentos relacionados con los artífices, y la búsqueda de ejemplos contruidos de modelos de bóvedas similares a las dibujadas en el cuaderno. Su trabajo sobre la tasación de la cabecera de la iglesia de Priego ha permitido el acceso a una de las pocas trazas conservadas de bóvedas contruidas en el XVI.

Para realizar la primera fase de selección, localización y documentación de ejemplos contruidos se han manejado además, otros trabajos que abordan la arquitectura del siglo

XVI en zonas geográficas concretas, incluyendo abundante documentación gráfica, que posteriormente ha sido cotejada con la toma de datos realizada in situ. Respecto a la zona centro, además de los citados de Rokiski, han sido de gran utilidad los trabajos de Gutiérrez-Cortines (1987) respecto a la Diócesis de Cartagena; García-Saúco (1975; 2012) y García-Saúco, Sánchez Ferrer y Santamarina (1999) para la zona de Albacete; y Muñoz Jiménez (1996) para la de Guadalajara. Respecto de la zona norte se han empleado, entre otros, los estudios de Alonso Ruiz (2003, 2011) para Castilla en general; Moya (1970), Moya et al. (1975; 1976; 1985); Barrón (2012-2013; 2014; 2014b; 2015) y Arrúe (2004), centrados en La Rioja, además de los trabajos monográficos de López de Silanes respecto a edificios concretos riojanos; Martínez Frías (1980; 1994) para Soria; Heras (1975) para Valladolid; y Freire (2011) para Galicia. Asimismo hay que hacer referencia a la información contenida en los trabajos que finalmente llegaron a completarse para muchas provincias, correspondientes al Catálogo Monumental de España.

Respecto al contenido de los tratados, se han manejado los trabajos de carácter general que incluyen estudios sobre la literatura renacentista de cantería; trabajos más centrados el estudio particular de cada tratado; y un importante conjunto que comprende tesis doctorales, libros, artículos y aportaciones a congresos, relacionadas con la cantería o con aspectos más concretos de su tratadística cuyos contenidos tienen vinculación con el manuscrito, con los edificios que se relacionan con sus contenidos y con sus artífices, las escuelas de conocimiento y las vías de su transmisión, relacionados en el apartado precedente.

Las fuentes consultadas contemplan de diferentes modos la escritura del apellido *Alviz*. Se ha localizado con las escrituras *Albiz*, *Álbiz* y *Alviz*, con discrepancias respecto al empleo de “b” o “v” y a su consideración como palabra aguda o llana. Los documentos notariales a los que se ha tenido acceso que obran en los archivos, indican que los Alviz que marcharon a Cuenca escribían su apellido con “v”, razón por la que se mantiene ese criterio en el desarrollo del trabajo. En la escritura del XVI resulta frecuente el empleo indistinto de ambas letras. En cualquier caso, ambos apellidos corresponden al mismo, y al origen en la localidad vizcaína cuyo nombre actual es Albiz, perteneciente al municipio de Mendata. En la lista de referencias se conserva el modo de escritura de cada autor.

El arte de la cantería

¿El arte de la traza conocido de antiguo, se ha transmitido sin interrupción, en los talleres de las obras hasta nuestros días, o bien se perdió durante cierto tiempo y fue recreado después? Nada se sabe a ciencia cierta sobre este tema. Según una vieja leyenda, los secretos que los obreros debían conocer para llegar a maestros se perdieron a la muerte de Hiram. Los gremios de canteros se propusieron redescubrir estos secretos, y después no fueron revelados más que a los adeptos, a los hermanos, como verdaderos misterios. Pero solo permanecen mucho tiempo los secretos que para su revelación requieren del esfuerzo del estudio (De la Gournerie 1855, 6)¹⁴.

De la Gourneire alude al origen mítico de la cantería y a su relación con Hiram, rey de Tiro, considerado arquitecto del templo de Salomón y fundador legendario de las asociaciones de canteros. En el arte medieval está presente la iconografía de Dios como gran Arquitecto del Universo [Fig. 1], con un compás en la mano. En el Libro primero de los Reyes se describen las instrucciones dadas por Dios a David, y transmitidas por éste a su hijo Salomón para erigir el templo conforme al *modelo de todas las cosas que le habían sido inspiradas por el Espíritu que estaba con él*¹⁵.

Orígenes y breve desarrollo histórico

Con antecedentes en los *thiasoi* griegos, corporaciones impulsadas por Solón (630-560 a.C.), o los *collegia fabrorum* romanos [Fig. 2], cuyo origen se vincula con Numa Pompilio, en el siglo VIII a.C., de los que se plantea la continuidad y pervivencia hasta las corporaciones de oficio medievales, con denominaciones como *i magistri comacini*, documentados en el siglo VIII, las *corpora* o *scholae* bizantinas y las *ministeria* altomedievales, la existencia de los canteros ha estado vinculada a lo largo de la historia a las corporaciones de oficio, especialmente a partir de la aparición de las logias masónicas, operativas desde el siglo XIII, que fueron extendiéndose por toda Europa (Alvarado 2009, 13-15), con la salvedad de España, en la que no hay evidencias de logias o gremios en la corona de Castilla. Únicamente se conocen gremios en Aragón, y en Valencia solo a partir del siglo XV.

¹⁴ Texto dado a conocer y publicado por Rabasa (2000, 26).

¹⁵ Alvarado (2009, 37-40), expone diversos aspectos de la función de Dios como Cosmocrator.

Fig. 1. Dios como arquitecto del universo, Biblia Moralizada de Viena, c. 1200.

Fig. 2. Monumento funerario a Lucio Alfio, maestro de obras de Aquila (Italia), museo archeologico aquileia, siglo III.

Las logias se constituyen como corporaciones de oficio de los canteros bajo planteamientos que sobrepasan el ámbito estrictamente profesional. Se rigen por estatutos que regulan tanto los aspectos profesionales como los personales, laborales y jurídicos; sus miembros no están sometidos a la jurisdicción de los tribunales ordinarios sino a la suya propia; están organizadas según las categorías jerárquicas de aprendiz, compañero o maestro; y poseen requisitos de entrada, aceptación y cualificación.

Otras constantes en el proceder interno de las logias son la celebración de ceremonias y rituales; la posesión de contraseñas y signos personales; y el empleo de símbolos, que pueden ser figuras de carácter religioso, signos como el laberinto, herramientas de trabajo como el compás, el nivel, la plomada y una cuerda con nudos, colores o números (Martínez Prades 1994, 22).

Esta rígida organización de carácter gremial ha hecho que el cuerpo de conocimientos vinculados a la cantería haya llegado al Renacimiento como un secreto, transmitido en el seno de la organización, sin que se tenga apenas conocimiento, aún en nuestros días de documentos gráficos al respecto.

La aparición de los primeros textos de cantería documentados en el siglo XVI supone el fin del largo silencio y la aparente revelación de los secretos medievales, tan

escrupulosamente guardados a lo largo de los siglos. A partir de ese momento, los procedimientos quedan descritos en los trazados, aún no justificados en este primer momento de la tratadística.

Respecto a la transmisión del conocimiento a partir del XVI, a la tratadística habría que añadir, como apunta Gómez Martínez (1998, 19), la existencia de un tratado fragmentado en pareceres y contratos de obras que encierran valiosísimas lecciones de arquitectura y trazas operativas, con ejemplos en las series de catedrales de Coria (1501-1600), Segovia (1524-1686) o Las Palmas (1781-1796).

Con la evolución de los tratados en los siglos XVII y XVIII, la disciplina alcanza un importante grado de complejidad geométrica y técnica, cuya consecuencia es el cambio en el concepto de secreto, pues aún en la actualidad, únicamente los expertos en ese campo están en posesión de los conocimientos necesarios. Se ha pasado del *secreto real* conservado escurpulosamente al *secreto técnico* publicado.

En el mundo egipcio, las construcciones se realizaron con importantes masas de piedra sometidas a acciones verticales; los griegos mostraron la preocupación por los aparejos, con incidencia en la definición del conjunto constituido por los elementos del orden, entendiendo los muros de cantería como un conjunto de piezas superpuestas. El mundo romano planteó sus construcciones abovedadas, con empleo de las soluciones tipificadas, sin preocupación por la necesidad de extender la labra a toda la superficie de los paramentos, quedando frecuentemente los despieces como elemento de imagen exterior de las fábricas.

A partir del mundo medieval se pueden establecer cuatro periodos separados por hitos significativos. El primero comprende hasta la aparición de los primeros tratados en el siglo XVI. En el románico existen numerosas piezas de cantería cuya ejecución exige un previo trazado, y con el mundo gótico comienza la preocupación por las formas susceptibles de fabricación en serie que simplifican los problemas constructivos. Ejemplo de ello es la unificación del radio, curvatura y molduración de todos los arcos de una bóveda, lo que hace que las dovelas sean iguales y facilita su traza, labra y ejecución.

Son escasos los documentos gráficos que se conservan de la época¹⁶, debido a la escasez y dificultad de acceso a los medios materiales que permitieran generarlos. Las piezas quedaban definidas mediante la denominación convencional de los tipos y para su

¹⁶ Rabasa (2000, 36), indica que se conservan algunas monteas y dibujos en pergamino, así como una colección de dibujos medievales, no anteriores al siglo XV, además de referirse al cuaderno de Villard de Honnencourt (c. 1225), en el que aparecen croquis con trazados de cortes de piedras con explicaciones mínimas.

realización resultaba suficiente la descripción del elemento y sus dimensiones, con métodos suficientemente conocidos por la práctica que se transmitían oralmente.

Los trazados de las piezas de cantería generalmente se debían realizar a tamaño natural, en el suelo o en la pared [Fig. 3]¹⁷. Un método de origen medieval conocido consistía en realizar la montea en la proyección horizontal del arco exactamente en el lugar que había de ocupar en la realidad y tras labrar cada pieza colocarla en el espacio, comprobando con la ayuda de la plomada que la posición coincidía con su proyección horizontal sobre la montea.

El segundo periodo abarca los siglos XVI y XVII, con la aparición de las primeras publicaciones de tratados de cantería. Los autores del siglo XVI muestran en sus libros una intención de ordenar y sistematizar los modelos de cantería, con las explicaciones de las operaciones necesarias para su ejecución y no suelen aportar razonamientos deductivos al respecto. Marías (1991, 250), plantea la tratadística de finales del XVI como *recopilaciones de recetas constructivas y de estereotomía, carentes de justificación teórica, formal o matemática y resultado de un saber empírico, de carácter práctico*.

A partir de este momento se busca la planificación previa del aparejo. La traza permite una anticipación visual de la pieza y la obtención de sus formas y magnitudes de cara a la labra, y se manifiesta como base de la evolución de los sistemas de representación con capacidad para la definición, mediante proyecciones ortogonales y abatimientos, de los despieces de las dovelas, que no podían ser obtenidos con las técnicas renacentistas de perspectiva ni con las proyecciones gnomónicas.

El caso concreto de la bóveda de crucería es especialmente significativo. Para su construcción solo se requiere la montea de las líneas básicas de cada nervio [Fig. 5], es suficiente con dibujar en la planta la forma deseada para los nervios, e ir dando la cota adecuada a cada uno de los nudos. En un primer momento, se proyectaba la bóveda deseada sobre la planta y se obtenían los nervios [Fig. 4]. Con el final del gótico y la posibilidad de resolver cualquier disposición de nervaduras se invierte el proceso. Primero se traza en planta la forma deseada y posteriormente se proyecta esta sobre la bóveda¹⁸.

¹⁷ En relación a los trazados de monteas, pueden consultarse, entre otros, Marías (1993); Pinto y Jiménez (1993); Pinto y Ruiz(1994); Freire (1998); Ruiz de la Rosa y Rodríguez Estévez (2000; 2003); López Mozo (2009); Tain (2000; 2003b; 2009); Calvo et al (2010); Tain y Natividad (2011).

¹⁸ Son muy numerosos los trabajos en relación a estos aspectos. Entre otros: Willis ([1842] 1910); Fitchen (1961); Palacios (2000; 2003; 2006; 2007; 2009); Rabasa (1996; 2000; 2005; 2007c); Zaragoza (2009); Martín Talaverano (2011); Palacios y Martín Talaverano (2012).

Fig. 3. Montea para una bóveda de horno, Santa Columba de Carnota, A Coruña. Fotografía de Miguel Taín¹⁹.

¹⁹ Fotografía de Miguel Taín publicada en Taín y Natividad (2011, 1392).

Las representaciones gráficas de cantería renacentista habitualmente no precisan la obtención de imágenes legibles. Con la traza se pretende definir la forma de la pieza y obtener los datos necesarios para su labra, razón por la que son de difícil interpretación para el lector no especializado. De L'Orme, Vandelvira o Aranda incluyen perspectivas muy ocasionalmente, pero a partir de Derand, De La Rue y Frézier se emplean las perspectivas sistemáticamente, precisamente porque la traza, el verdadero dibujo de los canteros, es poco intuitivo²⁰.

El arquitecto renacentista se plantea la resolución de nuevos problemas. Frente a lo que ocurre en periodos anteriores, manifiesta su deseo de mostrar que posee una teoría y busca materializar en piedra las formas del nuevo estilo; y la estereotomía se manifiesta capaz para resolver los problemas de la construcción en piedra. La teoría renacentista pretende sistematizar, ordenar y aportar rigor a los procedimientos que anteriormente carecían de fundamentación geométrica²¹.

El conocimiento contenido en los tratados en relación a los procedimientos gráficos de desarrollo plano de las superficies, y la vinculación de la talla a la obtención previa de las plantillas de las caras de las dovelas, mediante giros y abatimientos, permitió una inflexión importante: la separación de la decoración respecto de la construcción. En las construcciones góticas, la ornamentación acompaña a la forma constructiva de las piezas; con las nuevas posibilidades de conocimiento previo de la pieza, el ornamento se independiza de sus condiciones constructivas e incluso contradice el despiece.

El tercer periodo es el correspondiente a los siglos XVII y XVIII, en los que la tratadística avanza los fundamentos geométricos que expliquen y justifiquen las soluciones a las distintas piezas. Este constante intento de mejora y perfeccionamiento lleva a los tratadistas a plantear en numerosas ocasiones soluciones demasiado teóricas y complejas, difíciles de ejecutar y alejadas de la práctica, en un progresivo avance hacia la separación de los caminos paralelos que ambas llevaron el siglo XVI [Fig. 6].

De conformidad con el gusto barroco, en numerosos casos, las piezas, que mantienen la denominación, se plantean más complejas y sofisticadas; se modifican formas; se incluyen oblicuidades; se buscan las alteraciones con el ornamento; y se pretende la sorpresa del

²⁰ Ver Alonso Rodríguez, Pliego y Sanjurjo (2011, 649-670).

²¹ Alonso Rodríguez et al. (2011), analizan los métodos gráficos empleados en la tratadística, desde la intuitiva protoaxonométrica de algunos autores del XVI, hasta los procedimientos científicos de los tratados del XVIII.

espectador. En toda Europa se realizan suficientes construcciones en piedra para que los teóricos manifiesten interés en su estudio, pero la estereotomía fue desarrollada fundamentalmente en Francia y España. En Italia, la albañilería es la opción habitualmente empleada frente a la cantería y hasta mediados del XVIII no aparece el primer texto de Guarini (1737). En Inglaterra, la tradicional construcción en ladrillo disminuye el interés por la disciplina durante este periodo.

Fig. 4. Robert Willis (1910, 9), bóveda nervada de rampante plano, *on the construction of the vaults of the Middle Ages*.

Fig. 5. Eugène Viollet le Duc (1854-1856, 9: 518), curvaturas de nervios de una bóveda de crucería, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*.

Fig. 6. Jean-Baptiste de la Rue (1728, 93), trompa de Anet, *traité de la coupe des pierres où par méthode facile et abrégée l'on peut aisément se perfectionner en cette science*.

La formulación por Gaspar Monge (1795; 1799) de la Geometría Descriptiva, coincidiendo con el final del siglo, supone un nuevo rumbo, con el planteamiento de una teoría que nace del bagaje aportado por la cantería en los siglos anteriores, pero se muestra como independiente, con la definición y unificación de los procedimientos gráficos, en un sistema de representación capaz de resolver la totalidad de los problemas espaciales, cuya enseñanza irá extendiéndose por toda Europa.

Las ideas ilustradas generalmente son contrarias a la complejidad y a los caprichosos planteamientos barrocos, lo que unido a la aparición de nuevos materiales, especialmente el hierro, llevará a la cantería a una progresiva decadencia respecto a su empleo en la construcción. No obstante el aprendizaje de la estereotomía posibilitará a los neomedievalistas, eclécticos, y modernistas la realización con soltura de algunas *citas* en piedra²².

El conocimiento se cierra paulatinamente en planteamientos teóricos; los tratados del XIX frecuentemente incluyen complejas piezas, con brillantes soluciones teóricas, susceptibles de elogio por los expertos en la materia, presentadas como técnicas constructivas pero de difícil y costosa aplicación práctica.

La importancia de la traza y los artífices

En palabras de Rabasa (2000, 9): *La traza es el instrumento de arte de la cantería, y su evolución habla de la relación entre la forma o el espacio arquitectónico y su producción material*. Responde a la necesidad de definir previamente la forma de las piedras que deben ser labradas para ser colocadas como unidades pertenecientes de un todo en el que las piezas deben encajar con precisión.

La traza permite al maestro de cantería o arquitecto diferenciarse del cantero, marca la distancia conceptual desde el encaje entre los bloques de piedra colocados en seco de la *Naveta des Tudons* en Menorca [Fig. 7], construcción funeraria de la época pretalayótica (c. 1400 a.C.), una de las más antiguas obras conservadas en Europa; a la mítica pieza de la escalera de caracol de la abadía de San Gilles cerca de Aviñón [Fig. 8], cuyo aparejo es citado por Philibert de l'Orme, punto de visita para los aspirantes del *Compagnonnage* que realizaban el *Tour de France*²³, alguno de los cuales dejó constancia

²² En este sentido se manifiesta Rabasa (2000, 244).

²³ El *Compagnonnage* es una red de transmisión de conocimientos e identidades mediante la práctica de un oficio, uno de cuyos gremios es el de los canteros, cuyos orígenes están en el siglo XIII, aún vigente en nuestros

de su paso mediante marcas realizadas en las piedras [Fig. 9]; o a la complejidad espacial de la bóveda toroidal de la capilla de Junterón en la Catedral de Murcia [Fig. 10; Fig. 11].

Fig. 7. *Naveta des Tudons*, Ciudadela (Menorca), c. 1400 a.C.

Fig. 8. Vis de Saint Gilles, Languedoc. (Foto: Hawobo).

Fig. 9. *Graffiti*, Vis de Saint Gilles, Languedoc. (Foto: Hawobo).

días. Está organizada en torno a *maisons* repartidas por toda Francia y otros países, en las que se hace una vida conjunta, con una estructura basada en el modelo familiar. Tras pasar el periodo inicial como aprendiz, la parte final de la formación quedaba encomendada al *Tour de France*, viaje de tres años de duración que realizaban a través de otras *maisons*, en busca de aprendizajes y experiencias que les proporcionarían un mayor grado de sabiduría respecto a las técnicas y materiales propios de su oficio. Desde el año 2010 figura inscrito en la lista representativa de patrimonio cultural inmaterial de la humanidad. En relación al *Compagnonnage*, ver Icher (1994).

Fig. 10. José Calvo (2004, 138), esquema de trazado y labra de la bóveda de Murcia.

Fig. 11. Jacobo Florentino, Jerónimo Quijano, capilla de Junterón, Catedral de Murcia, S. XVI.

Fig. 12. Leonardo da Vinci, tenazas y castañuelas para elevar los sillares.

Fig. 13. Juanelo Turriano, (c. 1570, IV: 252), herramientas de labra

En el ámbito hispánico, en el umbral del renacimiento, se mantenían los niveles con las denominaciones de aprendiz, cantero, oficial y maestro cantero, que en el caso de dirigir la obra era designado como maestro de obra o maestro mayor de la obra²⁴.

²⁴ Marías (1991, 247), pone de manifiesto que el término *architecto* aparece en España en letra impresa por primera vez en las páginas de las *Medidas del Romano* de Diego de Sagredo (1526).

Los instrumentos y las técnicas de labra

Las herramientas utilizadas por los canteros para la labra se mantuvieron desde el medievo hasta el siglo XIX sin modificaciones morfológicas o funcionales significativas y muchas de ellas en la actualidad siguen estando vigentes. El pico y el puntero permiten el desbaste y la labra de la piedra, proporcionando un acabado de carácter tosco. Un instrumento a modo de hacha denominado escoda, trinchante o tallante, puede ser empleado para cortar o desbastar la piedra, y también para afinar la superficie, texturizándola con un rayado. Posteriormente, en el siglo XVIII aparecería la bujarda, un instrumento similar al martillo pero provisto en su superficie de una retícula de puntas de diamante que proporcionan el característico acabado de textura punteada. El cincel y la gradina con sus diferentes anchuras de lama eran utilizados para la realización de las tiradas o atacaduras que posibilitan comenzar la labra por las aristas, así como labrar las caras, con el golpeo de mazas y macetas [Fig. 13]²⁵. Para elevar los sillares se empleaban las tenazas y las castañuelas o diablos, de los que se conserva un dibujo de Leonardo [Fig. 12].

El proceso comenzaría con la extracción de las piedras de la cantera, tras el que se acomete la operación de desbaste, que puede ser realizada en la propia cantera, con lo que se disminuyen los volúmenes de piedra a transportar a la obra, pero requiere la presencia de trabajadores más especializados en ella. Tras el desbaste, se comienza la labra propiamente dicha del sillar. La dovela a obtener, por lo general será un sólido conformado por varias caras, normalmente seis, que pueden ser planas, regladas desarrollables, curvas o alabeadas. Lo habitual es tener que labrar con precisión cinco de las caras, pues si la sexta, la que corresponde al trasdós queda oculta, bastará con realizar el desbaste.

Se buscará el procedimiento adecuado para obtener aristas a partir de las cuales, mediante mecanismos de control, se pueda acometer la obtención de las caras buscadas. Si la superficie está generada por una generatriz, ya sea recta o curva, que se desplaza por una o dos directrices, el procedimiento de labra se facilita.

El empleo de las herramientas de percusión para la labra requiere elementos y técnicas de control geométrico, y comprobación de los parámetros propios de cada pieza, a medida que se avanza en la formalización de la dovela. Se comenzará por realizar lo que se denominan atacaduras o tiradas, que corresponden con las líneas perimetrales de la cara a tratar, para después ir rebajando la piedra controlando y comprobando el avance.

²⁵ En relación a los instrumentos de labra y traza, ver Calvo (2001c, 107-120); Calvo y Ros (2011, 427-433).

En el caso de superficies planas, o regladas, este control se realiza mediante la regla, que se va apoyando sucesivamente en las atacaduras. Si la generatriz es una curva que se desplaza, entonces la regla se sustituirá por una plantilla curva o cercha, una regla en la que uno de sus lados es curvo, y que habrá que elaborar específicamente para la curvatura pretendida.

Otros instrumentos empleados para el control eran: la escuadra de dos brazos, para la formalización de ángulos rectos²⁶; la saltarregla, a modo de transportador de ángulos, que es una escuadra articulada en el encuentro de los brazos, que permite ajustar el ángulo que forman; el baivel, instrumento que es habitualmente rígido, aunque también puede ser articulado, en el que uno o sus dos brazos son curvos, que posibilita el control de ángulos entre una superficie plana o reglada y una curva, o entre dos superficies curvas; y las plantillas correspondientes a las caras de la dovela, ya sea obtenidas en verdadera magnitud, o proyectadas ortogonalmente sobre un plano [Fig. 14; Fig. 15].

Fig. 14. Philibert de L'Orme, instrumentos para la labra y la traza, Le premier tome de l'Architecture, 1567.

Fig. 15. Jean-Baptiste de la Rue, instrumentos para la traza y labra, Traité de la coupe des pierres, 1728.

Para llevar a cabo la ejecución material, con los procesos de elevación, colocación en el lugar preciso y ajuste de las dovelas, se requería previamente efectuar *in situ* a escala real el trazado de las monteas, que se realizaba con instrumentos como la cuerda, que

²⁶ Calvo et al. (2005, 19), se refieren a la escuadra de tres brazos, un instrumento clásico que menciona De L'Orme (1567, f. 36v.), que incorpora la diagonal a la de dos brazos, lo que permite asegurar el ángulo recto al impedir la deformación angular, pero a cambio impide su empleo durante la labra, al no poder disponerla sobre el diedro, por lo que su empleo correspondería al proceso de traza.

permitía trazar rectas, circunferencias, o elipses con la ayuda de un trazador o con almagre; la regla o la barra horadada; las escuadras de dos y tres brazos; o el compás de aparejador. La plomada permite el traslado de líneas verticales y la comprobación de la correcta posición de las piezas sobre la vertical trazada.

La tratadística plantea dos procedimientos principales realizar la labra. El denominado por Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda como *labra por robos*, también denominado *por escuadría*, en el que se parte del ortoedro envolvente de la pieza a labrar, obtenido a partir de sus proyecciones de planta y alzado. Se comienza por realizar una primera labra de un bloque que corresponda con el ortoedro, sobre el que se trazan líneas de referencia, para realizar posteriormente una segunda labra, a partir de las referencias, en la que se van eliminando los volúmenes sobrantes de piedra hasta alcanzar las superficies deseadas. Presenta la ventaja de la sencillez de traza pero, en general, requiere dos labras y mayores volúmenes de piedra²⁷.

El otro procedimiento, denominado por Ginés Martínez de Aranda y Alonso de Guardia por *plantas al justo*, empleado también por Alonso de Vandelvira, que lo llama por *plantas y saltarreglas* y que posteriormente con la influencia de la tratadística francesa se denominaría por *paneles*, por *baivel*, *método moderno*, o *método directo*²⁸, en el se parte de las plantillas, rígidas o flexibles, previamente obtenidas que hacen la función de patrones, que se colocan directamente sobre la cara a tallar y posibilitan la definición sobre la piedra de su contorno.

Las plantillas pueden estar realizadas con un material rígido, como la madera, en cuyo caso corresponderían con la proyección del perímetro de la cara sobre una superficie plana, o bien ser flexibles, de cartón o metálicas realizadas con hojalata o plomo, lo que permite ajustarlas a superficies desarrollables, aunque como indica Rabasa (2000, 155), los canteros renacentistas las adaptan igualmente a superficies esféricas o regladas alabeadas. La talla se va realizando directamente sin necesidad de tener una escuadría previa, comenzando por una de las caras, sobre la que se colocaría la plantilla, para continuar con las caras contiguas, comprobando los ángulos formados entre ellas con la escuadra, el baivel o la saltarregla, en función del tipo y disposición de las superficies labradas.

²⁷ Respecto a las técnicas de labra, ver Rabasa (2000, 152-160; 2007); Palacios ([1990] 2003, 18-20), Calvo (2001c, 107-120; 2004, 121-123).

²⁸ Denominaciones recogidas por Rabasa (2000, 154-155), que considera como más apropiada la de *método directo*.

Este método reduce el volumen de piedra empleado, pero precisa de mayor complejidad en la traza para la obtención de las plantillas. El método está relacionado con los recursos gráficos de abatimientos y desarrollo de superficies.

Ambos métodos no son excluyentes y con frecuencia su diferenciación obedece más al intento de sistematizar de la tratadística que a la práctica, en la que habitualmente se utiliza una combinación de ambos, como la que Frézier (1737-39, II, 13) recoge en su tratado, a la que denomina demi-equarissement [Fig. 16]²⁹, en la que se comienza la labra con las referencias al ortoedro envolvente, para continuar por el método directo.

Fig. 16. Amédée-François Frézier (1737-1739, II: pl. 34), procedimientos de labra de una dovela, *Traite de stéréotomie*[...].

Las piezas de cantería

El criterio general de los tratados que han buscado ofrecer un repertorio de soluciones ha sido el agrupar las piezas en familias, más o menos homogéneas, en relación a su forma y función³⁰.

²⁹ Frézier (1737-1739), lo recogió de Philippe de la Hire (c. 1690), y posteriormente lo copiará Benito Bails (1779-1790), según establece Rabasa (2000, 158).

³⁰ En este sentido, ver la descripción respecto del modo en que las piezas han sido abordadas por la tratadística, en Palacios ([1990] 2003) y en Calvo (2009, 124-139).

La primera de ellas es la relativa a los arcos: El arco recto, de más sencilla ejecución, en el que impostas y testas son ortogonales; los arcos esviados, que plantean diversas oblicuidades en testas o jambas, con los casos particulares como el llamado cuerno de vaca, con esviaje en una sola jamba, y el *biais passé* o paso oblicuo con ambas jambas esviadas y paralelas; los arcos abocinados, con diferencias de altura entre las claves de las embocaduras; los arcos por esquina y rincón, abiertos en la confluencia de dos paramentos; los arcos en torre cavada, con un paramento cóncavo; en torre redonda, con un paramento convexo; o en torre cavada y redonda, abierto en un muro curvo; así como las combinaciones de los casos anteriores.

El arco avanzado en talud es el abierto en un plano inclinado; la apertura de huecos en una bóveda de cañón da lugar al arco avanzado en bóveda³¹, denominado posteriormente luneto cilíndrico; y el arco en vuelta de horno resuelve la apertura en una cúpula esférica.

Las trompas, denominadas por Vandelvira como pechinas, son arcos abocinados en los que el intradós se prolonga hasta el vértice del cono. Las más habituales son la recta, y la esviada, en la que las jambas no son simétricas respecto a la ortogonal de la testa. Una variante es la denominada *Trompa de Montpellier*, abierta en un paramento convexo. El término pechina se utiliza en la actualidad para denominar el triángulo esférico resultante entre el arranque de una bóveda y los formeros.

Las bóvedas de cañón no son sino arcos en los que aumenta la dimensión entre ambas testas, por lo que se resuelven del mismo modo que los estos. Las decendas de cava, también relacionadas con los arcos, son bóvedas de cañón en las que el eje presenta inclinación y al igual que estos pueden plantear variantes, como las esviadas, si el eje es oblicuo a las embocaduras; en rincón y esquina; las abiertas en el encuentro de dos muros; en paramentos curvos; o las de jambas curvas.

Las troneras son arcos abocinados o adintelados en decenda, y los capialzados son superficies regladas, en las que sus testas son respectivamente un dintel y un arco en sus diferentes variantes. En el caso de que ambas testas sean dinteles se denomina capialzado a regla y si ambas son arcos se conoce como arco capialzado. Algunas de las variantes más significativas son el desquijado, que presenta el arco con las impostas a la altura del dintel; el llamado de Montpellier, con el dintel a la altura de la clave; el de San Antonio, de

³¹ Denominado así por Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda.

intradós curvo; o el capialzado de Marsella con dos arcos, uno de medio punto y uno rebajado, con las claves al mismo nivel.

Las escaleras helicoidales han sido tratadas de modo diferenciado, con la denominación de caracoles. Ejemplos significativos son el gótico caracol de husillo, en el que una sola pieza resuelve huella, tabica, machón central y entrega, y no precisa de andamiaje para su construcción; el caracol de Mallorca, que posee un pequeño ojo central; y el conocido como *Vis de Saint Gilles*, que se resuelve con una bóveda anular generada por un semicírculo que se desplaza por una hélice³².

Respecto a las escaleras, el tipo más habitual es la escalera claustral o escalera aducida en cercha, que consta de varias zancas cuyo intradós presenta una directriz curva, con una variante recogida en el manuscrito de Alonso de Vandelvira, en la que los bordes libres de las zancas son rectos, denominada escalera en regla aducida³³.

En relación a la construcción de bóvedas, la necesidad de salvar las luces entre los elementos de apoyo ha constituido tradicionalmente el principal desafío técnico. Las bóvedas de cañón, de intradós cilíndrico, no presentan problemas diferentes a los arcos en sus distintas variantes, los encuentros entre cañones de diferentes radios darán lugar a los lunetos, rectos u oblicuos y si el radio es igual para ambas se generan las bóvedas de arista y el rincón de claustro, con sus distintas variantes, en función del número de lados y la orientación de los ejes.

El mundo medieval aporta las bóvedas de nervios o de crucería, de tradición gótica, en las que la combinación de arcos apuntados en los formeros y perpiaños del perímetro; ojivas sobre las diagonales, que frecuentemente son de medio punto; y piezas de clave en los encuentros simplifica los problemas constructivos y permite gran flexibilidad para cubrir los espacios.

La plementería no requiere precisión de labra y aunque puede ser de piedra labrada, frecuentemente se realiza con mampostería o ladrillo, ajustándose a las cerchas. A medida que se avanza hacia el tardogótico se tiende hacia la construcción completa de la bóveda en sillería y se incorporan nervaduras como las ligaduras, terceletos o combados, con un aumento del tipo, número y disposición de nervios y claves secundarias y la consiguiente reducción de las superficies de cada paño de la plementería.

³² La traza aparece recogida en sus tratados por Vandelvira (c. 1585, f. 52v); Martínez de Aranda (c. 1600, f. 232) y De L'Orme (1567, f. 125v.). En relación a las escaleras de caracol en la Edad Moderna, ver Sanjurjo (2016).

³³ Construida posteriormente en la lonja de Sevilla por Miguel de Zumárraga.

En España, con la cercanía al Renacimiento, la configuración de las bóvedas de crucería se hace aun más compleja hasta alcanzar las bóvedas estrelladas. Las curvaturas de los nervios se van aproximando paulatinamente al arco de medio punto; la superficie del intradós tiende a ser esférica; y los encuentros entre nervios se resuelven frecuentemente con la labra, sin la necesidad de utilizar piezas cilíndricas de clave. En Alemania se continúa con la forma del cañón; en Inglaterra se emplean formas de abanico en toros o trompetas; y en Francia se mantiene durante más tiempo la bóveda clásica de crucería.

Con la recuperación de elementos del lenguaje clásico, el Renacimiento retoma la bóveda semiesférica e incorpora una variante³⁴, la bóveda baída, para cubrir una planta cuadrada o perlongada mediante una superficie esférica, seccionando la esfera por los planos verticales perimetrales, con diferentes disposiciones del despiece las hiladas de piedra.

Otras soluciones renacentistas son las bóvedas de superficie toroidal, de eje vertical, como la que cubre el patio del palacio de Carlos V en Granada, o de eje horizontal empleada en la capilla de Junterón en la Catedral de Murcia³⁵. A partir de la mitad del siglo XVI aparecen las bóvedas ovales y elipsoidales.

³⁴ Para Alonso de Vandelvira, esta *capilla redonda en vuelta redonda es principio y dechado de todas las capillas romanas*.

³⁵ Vandelvira la denomina *Bóveda de Murcia*.

La transmisión del conocimiento. Cuadernos de taller y cartillas de aprendizaje

En los ámbitos hispánicos, derivada de la tradición de las logias medievales y de la transmisión en su seno de los conocimientos de cantería, considerados como *secretos* a preservar que en ningún caso debían ser revelados a los que no pertenecían a ellas, la formación de los canteros continuó produciéndose en el seno de los talleres de cantería. En este sentido, Marías (1989, 503; 1991, 250) se refiere a la formación de los maestros quinientistas en el arte de la cantería, basada en la experiencia ajena y transmitida por vía oral, como criado de un maestro, adquirida en un taller, para alcanzar el dominio de la traza de monte y la técnica canteril, tras un periodo de aprendizaje en el que no se plantearían pretensiones de carácter teórico o estético.

Se mantenía una fuerte vinculación de los lazos de parentesco que permitían la transmisión de los conocimientos de la profesión en el seno de la familia de generación en generación, Alonso Ruiz (2003, 59-60) expone como a mediados del XVI se protocoliza el sistema, y ante la carencia de vinculación familiar se establecía un contrato bilateral, conocido como carta de aprendizaje, en el que quedaban reflejados de forma exhaustiva los conocimientos que el aprendiz debía recibir del maestro, que comenzaba en una primera etapa con el dominio de la talla y corte de piedra. La edad de iniciación estaba en torno a los 14 años y la duración de la formación se prolongaba entre dos y cinco años.

En Castilla serían las cuadrillas profesionales, que provenían en su mayoría del norte de la península, de zonas de Cantabria y del País Vasco, las encargadas de la transmisión del conocimiento. Alonso Ruiz (2009, 166) considera la inexistencia de gremios, como un factor que favoreció la llegada de canteros europeos desde mediados del siglo XV, lo que facilitó la renovación de los postulados góticos, el aprendizaje de los canteros naturales y su posterior itinerancia.

En Castilla, contrariamente a lo habitual para otros gremios profesionales como los carpinteros o los alarifes, sujetos a unas ordenanzas, para los que existía la necesidad de superar un examen que les permitiría alcanzar el nivel profesional de oficial, y aunque se ha pensado que en el caso de los canteros pudiera existir una prueba regulada en tal sentido, los investigadores que han abordado el tema no han localizado exámenes o cartas

de examen, correspondientes a los siglos XVI y XVII, para alcanzar el nivel de oficial o para ejercer como maestro de cantería en Castilla, como expone Alonso Ruiz (1991, 80)³⁶.

Otro tanto sucedía en Navarra, donde en el XVI existía una estructura gremial para albañiles, yeseros y carpinteros, e incluso existían ordenanzas documentadas desde mediados del siglo, como ha indicado Tarifa (2005, 51-55), que justifica el escaso número de contratos de aprendizaje localizados, al igual que sucede en Murcia y Cantabria, por la mayoritaria formación en el seno familiar que los hacía innecesarios.

Sin embargo, en la Corona de Aragón existen al menos dos ciudades en las que está documentada, en el final del Medievo, la presencia de organizaciones corporativas que agrupaban a los canteros y que dispondrían de cierta reglamentación gremial: Palma de Mallorca, cuya organización se creó a finales del siglo XIV; y Valencia, creada con anterioridad al inicio de las obras de la Lonja en 1482³⁷.

Las características y condiciones en las que se realizaba la formación de los aprendices, en el seno de los talleres de los maestros canteros, nos han llegado a través de las conocidas como cartas de aprendizaje, contratos en los que se daba legalidad al compromiso. Por lo general se formalizaban entre el maestro cantero y un representante del aprendiz, que habitualmente solía ser el padre o algún familiar. El aprendiz quedaba a cargo del maestro, que le proporcionaba manutención, vestido y hospedaje y se comprometía a enseñarle lo estipulado, en un periodo de tiempo que solía oscilar entre dos y cinco años³⁸.

Otra de las características de estas cartas de aprendizaje es que a pesar de lo habitual de la continuidad en el oficio entre miembros de la familia, no se suelen formalizar contratos entre parientes, probablemente por no ser necesarios, lo que añadido a la posible validez de los compromisos de palabra, quizá justifique el escaso número de contratos que nos ha llegado. Como ejemplo, la información aportada por Marías (1989, 501-502) en relación a los canteros vizcaínos de los que se tiene constancia trabajaron

³⁶ Otro ejemplo lo podemos encontrar en Jaén, donde Galera y Ruiz Calvente (2006, 1: 17), indican que se ha encontrado un documento de habilitación de albañil, pero sin embargo, no se han encontrado exámenes de canteros.

³⁷ Ver al respecto Alomar (1970, 79); Aldana (1982, 14); y Gómez Martínez (1998, 41). Zaragoza (2000, 162) se refiere a la fundación del gremio de *pedrapiquers* de la ciudad de Valencia en 1472 por Francesc Baldomar, Pere Compte y García de Toledo.

³⁸ Las características de las cartas de aprendizaje han sido analizadas ampliamente por Alonso Ruiz (1991, 75-80).

durante el siglo XVI, cuyo número era de mil doscientos cincuenta y de los que se conservan únicamente catorce contratos de aprendizaje³⁹.

No consta la existencia de exámenes o pruebas regladas para el acceso a los niveles profesionales. Una vez completada la formación, la decisión en relación a la adquisición, por parte del aprendiz, de las competencias necesarias, posiblemente quedaría en manos del maestro o maestros de cantería del taller. Especialmente para los maestros de cantería, su verdadera carta de presentación era la capacidad para conseguir fiadores que avalaran sus contratos, que habitualmente eran su propio formador o bien otros maestros de cantería cuyo prestigio profesional y capacidad económica estarían más consolidados (Alonso Ruiz 1991, 80).

Inicialmente, el aprendiz se formaría en un periodo inicial, en el que el maestro se compromete a enseñarle a labrar y cortar las piedras, tras el que se alcanzaría el nivel de oficial. Posteriormente, el oficial de cantería que deseara continuar su formación y tuviera la capacidad y los medios para hacerlo, además de la acreditación que le correspondiera, comenzaría un nuevo periodo de aprendizaje, con frecuencia formalizado en otro contrato, en el que el maestro se compromete, por lo general, a enseñarle diversas disciplinas como la geometría o las matemáticas y un determinado número de trazas de monte, por lo que cabría hablar de distintos grados de formación dentro de la maestría.

A pesar de que, como se ha indicado, la formación dentro del taller de un maestro es habitual para los miembros de la familia y en este caso no queda sujeta a contrato, llama la atención el hecho de que en numerosas ocasiones han llegado contratos de aprendizaje en los que un maestro de cantería confía la enseñanza de la disciplina para su hijo, al que se supone poseedor de ciertos conocimientos quizá como oficial, a otro maestro diferente. El interrogante de cuál puede ser la causa de confiar la enseñanza profesional del propio hijo a otro maestro, teniendo la posibilidad del aprendizaje en el seno familiar puede tener diferentes respuestas, quizá la falta de taller propio, la escasez de medios adecuados en un reducido taller, o bien el intento de proporcionarle al hijo una formación más completa confiando su enseñanza a los maestros que gozaran de mayor prestigio profesional.

Ejemplo de estos contratos de aprendizaje es el firmado por el cantero Pedro de Villanueva el 19 de enero de 1553 con el maestro de Cantería Juan Gutiérrez de la Hoceja,

³⁹ Marías (1989, 501-502) enumera los catorce contratos referidos, cuyas fechas oscilan entre 1532 y 1587 con periodos de formación de dos a cuatro años y medio.

que se compromete a enseñarle *el dicho oficio de cantería moldurero y tres monteas de capillas escarçana y panel y medio punto*, que correspondería a una formación de nivel medio⁴⁰.

Un nivel superior y a la vez un caso de contrato entre maestros es la carta de aprendizaje firmada el 21 de octubre de 1568, entre Francisco de Goycoa, maestro de cantería y veedor de obras del Obispado de Cuenca, y el también maestro de cantería Juan de Anchia, en la que se establece lo que Goycoa se compromete a enseñar a Bartolomé, hijo de Juan⁴¹:

[...] el dicho arte de arquitectura de fabricación de obras de cantería e todo lo a ello tocante y anexo y dependiente como es el dicho arte y conviene para el la arismética teórica y plática e jumetría y contraher diferentes trazas de edificios en bolumes pequeños cortando en yeso y en otras cosas enseñándole los baybeles y cortes de piedras para cerrar toda qualquier buelta así de capillas romanas como de obra francesa y pechinas y capialcados de tal manera quel dicho Bartolomé de Anchia sepa dar quenta y razón de él porque ansí se devan guardar los tales cortes de las dichas bueltas e cada una dellas e ansí mismo la a de enseñar el debuxo necesario para adornar toda qualquier traza de templos y le a de enseñar las plantas y distribuciones y los reconocimientos necesarios a la dicha arte ansí para casas de morada como para templos.

El alcance de la carta, que establece un periodo de cinco años, es muy superior a una mera enseñanza de las trazas de monteas, llegando incluso al aprendizaje de la traza de plantas de edificios para templos y moradas. Para Gómez Martínez (1998, 30), las bóvedas a la francesa a las que se refiere la carta, serían las *voute moderne* en la terminología de Philibert de L'Orme (1567, f. 107), y el contrato pone de manifiesto la presencia de canteros procedentes del Norte, aprendiendo y enseñando el arte de la monteas fuera de sus lugares de origen, en este caso en la zona de Cuenca, en el contexto que habría que encajar a Pedro de Alviz y también al código analizado, que pone de manifiesto el conocimiento de las técnicas canteriles francesas en la zona, de las que igualmente hay que hacer partícipe a Andrés de Vandelvira.

⁴⁰ AHPC, Protocolos Notariales, 1553, P-231, f.8. Documento dado a conocer por Rokiski (1985, 12).

⁴¹ AHPC, Protocolos Notariales, 1569-70, P-314, ff.166-168. Documentos dados a conocer por Rokiski (1985, 12-13).

Otro ejemplo de contrato de aprendizaje es el celebrado en 1597, entre Ginés Martínez de Aranda y su aprendiz, Pedro Pablo de Ordóñez, en el que se establece un compromiso de enseñanza del oficio de la cantería, dejando la posibilidad de ampliar la enseñanza en lo referente al estudio de traza y arquitectura, si el aprendiz lo quiere⁴².

De mayor concreción en cuanto a la materia a enseñar son los contratos conocidos de Juan de Aranda Salazar, sobrino y discípulo de Ginés Martínez de Aranda y maestro mayor de las catedrales de Córdoba, Granada y Jaén. Formó a diversos aprendices en los niveles ya mencionados de oficial de arquitectura y de cantería, dándose el caso de que dos de ellos: Eufasio López de Rojas y Juan Roldán, se formaron en ambos niveles en dos periodos amparados por contratos diferentes, con un contrato inicial para la formación como aprendiz de oficial de cantería; y un segundo contrato para la formación como aprendiz de arquitectura. Juan de Páramo, que posteriormente llegaría a ejercer como aparejador de la catedral de Granada, se formó con él en tres periodos diferentes, con tres contratos, dos como aprendiz de oficial de cantería y uno como aprendiz de arquitectura⁴³.

En el contrato firmado el 26 de julio de 1635 con el aprendiz de arquitectura Pedro García Bernardo, Aranda Salazar se compromete a:

[...] enseñarle el oficio de Arquitectura, las órdenes que de ello hay, que se entiende toscano, dórico, corintio y compuesto, todo lo que en ella pudiere aprender y mostrarle haciendo en ello sus poderíos y no lo ocupará en otra cosa más de lo tocante a esto, y demás de ello le enseñará 12 trazas de cortes, 6 a voluntad de Pedro García, que son el capacho, el de Mallorca, las lunetas capialzadas, traza de escalera y el caracol, que llaman Vía de San Gil, capilla de crucería por desigual y capilla oval; y las otras 6 han de ser al albedrío y voluntad del propio Juan de Aranda⁴⁴.

Aranda Salazar firma un elevado nivel de enseñanza con el discípulo, con la particularidad, habitual en todos sus contratos, de fijar el número de trazas que deben ser enseñadas, que en los contratos conocidos oscilan entre diez y dieciséis, dejando a la elección del aprendiz entre la mitad y las dos terceras partes de las trazas, y el resto a criterio del propio maestro.

⁴² Archivo Histórico Provincial de Jaén, leg. 4616, ff. 42-43v. Puesto de manifiesto por Gila (1991, 277).

⁴³ Los contratos han sido publicados por Galiano (2007, 369-375).

⁴⁴ AHPJ, Protocolos Notariales, 1635, leg. 1487, ff.724-729. Documentos dados a conocer por Galiano (2007, 369).

En otras ocasiones no se especifican de un modo tan concreto las trazas elegidas por el aprendiz, dejando la elección de un modo más genérico, como es el caso del contrato firmado con Juan Roldán el 14 de septiembre de 1640:

[...] me obligo a enseñar a Juan Roldán, vecino de la ciudad de Alcalá la Real, ocho cortes del arte de cantería, que han de ser cerramientos de bóvedas, pechinas y arcos o capitecados o escalera, todos los ocho números los que eligiere de suso dicho, y más otros ocho cortes del dicho arte, los que yo quisiere, porque en tiempo que a ellos queda a mi elección⁴⁵.

La enseñanza en el seno del taller tendría un carácter práctico, apoyada, por una parte, en la transmisión verbal de conocimientos a cargo del maestro, y por otra en la experimentación que el aprendiz fuera adquiriendo en los trabajos que le fueran encomendados conforme a los progresos en la adquisición de conocimientos. El sistema de aprendizaje, con la transmisión del oficio en el seno del taller, pasando por las categorías de aprendiz, oficial y maestro, bien sea por continuidad familiar, o a través de las cartas de aprendizaje, se mantuvo vigente en zonas como la Diócesis de Cartagena, respecto de campos como el de la escultura y talla, como ha documentado De la Peña (1992, 28-40), hasta la institucionalización de la enseñanza en el último cuarto del XVIII.

Como elementos de apoyo los maestros dispondrían en los talleres de cuadernos manuscritos que contendrían las trazas de monteas de las principales piezas de cantería, a modo de catálogo de elementos constructivos, en los que quedarían reflejadas las soluciones necesarias para realizar los despieces y acometer la labra de las dovelas que integrarían la pieza.

La información de las monteas era fundamentalmente gráfica y derivada de la experiencia acumulada en el saber canteril a lo largo de generaciones, acompañada en ocasiones de textos cuya misión es explicar el proceso formal para obtener las trazas, sin pretensiones de justificar de un modo teórico, o con una base geométrica, la realización de dichas construcciones. La extensión de estos cuadernos y el número de piezas contenidas podrían reflejarían la importancia del taller y el nivel de conocimientos del maestro, siendo fundamentales en la formación de los futuros maestros.

El contenido y estructura del código puede responder al de un cuaderno o *cartilla de aprendizaje*, de las que disponían los talleres de los maestros canteros, destinadas a un fin didáctico para la enseñanza de las trazas a los aprendices, con las características

⁴⁵ AHPJ, Protocolos Notariales, 1640, leg. 1443, ff.327v-328. Documentos dados a conocer por Galiano (2007, 369).

apuntadas por Bonet Correa (1989, 22-62), en relación a los tratados de cortes de piedras españoles del siglo XVI, derivados del saber de la cantería medieval hispano-francesa del Románico, elaborados por los maestros muy peritos en la materia, destinados a uso interno del taller, cuyos dibujos y textos serían objeto de transcripción y copia por parte de los discípulos y cuya propiedad sería objeto de herencia a familiares o discípulos del autor.

Gómez Martínez (1998, 43) plantea que estos repertorios de cortes de piedras pasarían de unas manos a otras y en este proceso, los nuevos poseedores habrían ido ampliando sucesivamente los contenidos, razón por la cual es habitual la confluencia de varias autorías y dataciones para el mismo manuscrito.

El hecho de que se trate de obras manuscritas que, salvo las excepciones de Vandelvira y Martínez de Aranda, no tenían la intención de llegar a ser impresas, así como del reducido número de cartillas que nos ha llegado, deriva de la persistencia, aun en el primer Renacimiento, de las ideas de las logias medievales respecto al mantenimiento del secreto del saber canteril en el seno de la corporación.

El cuaderno manuscrito reúne todas las características apuntadas en relación a las *cartillas de aprendizaje*: contiene una relación de trazas de monte organizadas por grupos de piezas, según un orden de dificultad creciente; los textos explicativos que en algunos casos las acompañan son escuetos, tienen un carácter didáctico y se limitan a explicar el proceso de elaboración de las trazas; y contiene dibujos añadidos por posteriores autores. Sus características físicas se estudian en el capítulo siguiente.

EL CUADERNO MANUSCRITO DE CANTERÍA MSS 12686

En la Biblioteca Nacional de Madrid se conservan varios manuscritos de cantería. Uno de ellos, el número 12686, anónimo, sin título y de fecha indeterminada, incluye diversas trazas en proyección ortográfica doble o múltiple, empleando diferentes recursos gráficos para hallar las plantillas de las caras de las dovelas, los ángulos entre sus aristas o sus sólidos capaces, con objeto de controlar la labra de las piezas. Otros dibujos representan en planta bóvedas de crucería con terceletes y combados. Se completa con dos dibujos del orden toscano tomados de la *Regola delli cinque ordini d'Architettura* de Vignola, el alzado del fuste de una columna salomónica y unos dibujos geométricos⁴⁶.

Composición, estructura y autorías

En una primera visión, el cuaderno aporta al lector una apariencia de cierto desorden y de inconexión, en el que se suceden y mezclan dibujos arquitectónicos, trazados de cantería y textos con diferentes caligrafías.

El estudio y análisis detallado de los contenidos del cuaderno ha permitido establecer una estructura claramente dividida en cuatro bloques, de tal modo que cada uno de ellos presenta unas características de homogeneidad que lo relaciona con un autor diferente. La conjunción final de los bloques permite establecer el proceso de elaboración del documento hasta su compleción en las condiciones en las que actualmente se conserva, y determinar las distintas autorías intervinientes.

El que constituye el núcleo fundamental, incluye un conjunto de trazas de diversas piezas de cantería y tres plantas de bóvedas de crucería; un segundo bloque contiene el alzado del fuste de una columna salomónica y unos dibujos de figuras geométricas; el tercero, añadido posteriormente, incluye dos dibujos del orden toscano copiados de la *Regola delli cinque ordini d'Architettura* de Vignola ([1562] 1593); y el cuarto, igualmente añadido a posteriori, lo componen dos trazas relativas a un capialzado a regla y un arco abocinado;.

Tras las incorporaciones de textos y dibujos al cuaderno por parte de los distintos autores, han quedado en blanco los siguientes folios: 1r.; 3v.; 4v.; 9v.; 10v.; 11v.; 12v.; 15v.; 16v.; 17v.; 20v.; 21v.; 22v.; 23v.; 24v.; 25v.; 26v.; 27v.; 28r.; 29r.

⁴⁶ Los aspectos generales en relación al manuscrito han sido objeto de estudios previos, realizados en la fase inicial de la investigación. Ver García Baño y Calvo (2012); García Baño (2013); García Baño y Natividad (2015).

El núcleo principal

El primero de los bloques es el que constituye la parte fundamental, tanto por el número de piezas que incluye, como por la importancia de sus contenidos. Está compuesta por un conjunto de trazas de cantería, y abarca desde el inicio del código hasta el f. 30v., con la excepción de los folios 1r, que queda en blanco, y los 4v.; 5v.; 13v.; parte del 14r; y el 14v., que fueron objeto de adiciones posteriores. El cuaderno incluye sucesivamente: dos pechinas; seis arcos; una decenda de cava; dos troneras; cinco capialzados; siete bóvedas de intradós cilíndrico; y tres bóvedas nervadas. Este criterio de ordenación es muy similar al empleado en el manuscrito de Alonso de Vandelvira (c. 1585) si bien el código que nos ocupa omite piezas tan significativas como los caracoles, escaleras o bóvedas de intradós esférico⁴⁷.

En lo referente a las pechinas⁴⁸, se incluyen dos piezas. La primera de ellas es la titulada *pechina quadrada* (f. 2r.), que posee una superficie de intradós correspondiente a un cono de revolución, con su vértice situado en la horizontal que pasa por el centro del arco de medio punto. Incluye un texto explicativo, que aparece incorporado en el folio vuelto anterior (f. 1v), de tal modo que con el documento abierto se puedan observar simultáneamente tanto el dibujo como su explicación. Esta característica es común en todos los casos en los que a las trazas se les ha incorporado un texto.

La segunda se denomina *pechina en biaje* (f. 3r.), también acompaña de texto explicativo (f. 2v.) y que corresponde con una pieza en esviaje en la que el vértice del cono presenta oblicuidad respecto de la horizontal que pasa por el centro del arco [Fig. 17].

El apartado de los arcos se inicia con la denominada *bentana enbozinada* (f. 6r.), acompañada con su texto explicativo (f. 5v.) que refleja un arco abocinado generado por una superficie cónica entre dos arcos de medio punto, en los que el situado en una de las embocaduras tiene menos radio que el otro, con sus centros alineados en la horizontal ortogonal a las testas.

El segundo de los arcos es el *arco biaje contrabiaje* (f. 7r.), con su correspondiente texto explicativo (f. 6v.) en el que ambas jambas presentan esviaje respecto de las testas;

⁴⁷ Sanjurjo (2016, 277) en su tesis doctoral sobre las escaleras de caracol en los tratados de cantería españoles de la Edad Moderna, pone de manifiesto que el código es el único de ellos que no contiene escaleras de caracol.

⁴⁸ Las trazas denominadas en el código como pechinas corresponden a piezas cuya superficie del intradós es cónica y que actualmente se denominan trompas. Con el fin de mantener la coherencia con la terminología empleada en los manuscritos de la época, en el trabajo se ha mantenido la denominación de pechinas.

los arcos de embocadura, de medio punto, poseen radios diferentes; y sus centros están en una misma horizontal oblicua respecto de las testas.

El tercer arco aparece denominado como *arco biaje contraquadrado* (f. 8r) y está acompañado de texto explicativo (f. 7v.), con una de las jambas ortogonal a las testas y la otra oblicua con arcos de embocadura de medio punto de radios diferentes, cuyos centros se sitúan al igual que en caso anterior, en una horizontal oblicua respecto a las testas.

Fig. 17. *Pechina en biaje*, dibujos y texto explicativo, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, ff. 2v-3r.

El cuarto de los arcos, titulado como *arco que llaman de talus* (f. 9r.) es la última de las trazas del núcleo principal que incorpora el texto explicativo (f. 8v.) y corresponde a un arco esviado en testa, es decir, abierto en un muro en el que sus testas son oblicuas entre sí, y ambas jambas son paralelas, ortogonales a una de las testas y oblicuas a la otra. La superficie del intradós es un cilindro de revolución, lo que provoca que uno de los arcos de embocadura sea circular y el otro, situado en la testa esviada, sea elíptico [Fig. 18].

Fig. 18. Arco que llaman de talus, dibujos y texto explicativo, manuscrito de cantería Mss 12686, BNE, c. 1544, ff. 8v-9r.

El quinto arco se titula *arco por esquina* (f. 11r.) y se corresponde con el denominado habitualmente como arco por esquina y rincón, abierto en el encuentro entre dos muros perpendiculares y formado por un cilindro cuyo eje coincide con la bisectriz del ángulo formado por ambos muros. La pieza se plantea con los arcos de embocadura formados por un cuarto de círculo, lo que provoca que la superficie del intradós sea un cilindro elíptico. En el folio anterior (f. 10r.) aparece un dibujo inacabado que incluye dos líneas paralelas y que parece corresponder a un intento fallido al dibujar demasiado cercano al margen del folio el muro derecho del arco por esquina y rincón, posteriormente trazado en el folio siguiente, pues de haber continuado el dibujo, el alzado del arco de embocadura derecho habría excedido los límites del papel.

El sexto de los arcos se titula *arco torre cabada y torre redonda* (f. 12r.) y corresponde con un arco abierto en un muro curvo en el que la superficie del intradós es un cilindro de revolución cuyo eje es ortogonal a las embocaduras.

A continuación del bloque de los arcos, se incorpora una única traza correspondiente a una decenda de cava, titulada como *enbozinado de escalera* (f. 13r.) correspondiente a una bóveda de cañón cuyo eje está inclinado, con ortogonalidad entre jambas y testas y en la que ambas embocaduras son arcos de medio punto de igual radio, situados a distinta altura.

El siguiente bloque lo forman las troneras y los capialzados, superficies regladas cuyas testas son por lo general, un dintel y un arco. La primera traza aparece titulada como tronera a regla (f. 14r.), generada por una superficie plana cuyas directrices en ambas embocaduras son un dintel elevado y un dintel de menor longitud situado a la altura del arranque del salmer⁴⁹. En las piezas trazadas, el ancho de la embocadura en el dintel situado al nivel inferior es menor que el ancho de la embocadura en el dintel situado al nivel superior o en el arco, según los casos, por lo que las jambas son en todos ellos, oblicuas a las testas.

La segunda es la traza denominada como *tronera engaduchida* (f. 15r.), en la que las directrices de la superficie reglada alabeada del intradós en las embocaduras, son un arco escarzano elevado y un dintel, situado a la altura de la base de los salmeres.

La siguiente traza, primero de los capialzados, de mayor complejidad geométrica, es el denominado *capialçado engaduchido en biaje* (f. 16r.), en el que las embocaduras están constituidas respectivamente por un arco de medio punto y un dintel situado a la altura del centro del arco, y en el que ambas jambas presentan esviaje, son oblicuas entre sí, pero no simétricas, y también son oblicuas respecto a las testas.

El segundo capialzado se titula capialzado despezado (f. 17r.) y en él se disponen en las testas un arco carpanel y un dintel, situado a la altura del arranque del arco, que posee una faja horizontal destinada a recibir el elemento de carpintería. Presenta la particularidad del despiece en tres hiladas de las dovelas del intradós.

El terero aparece titulado como *capialçado a regla* (f. 18r.) y a partir de él, no figuran títulos en las trazas, con la única excepción del rincón de claustro (f. 22r.) que será comentado posteriormente. La traza corresponde a una pieza análoga a la tronera a regla (f. 14r.) con dos dinteles de diferente longitud, uno de ellos elevado y el otro situado a la

⁴⁹ El término tronera es utilizado habitualmente por la tratadística para denominar arcos o arcos adintelados en decenda, tal y como aparecen en Vandelvira (c. 1585). El autor del código lo emplea para denominar piezas en las que el dintel queda a la altura del arranque del arco situado en la otra embocadura, cuya denominación habitual es la de capialzado, si bien la frontera entre ambos no siempre está claramente definida. Por esta razón las dos primeras piezas de este bloque, denominadas como troneras se estudian conjuntamente con los capialzados.

altura del arranque del salmer. La diferencia significativa con la traza que ya había sido dibujada anteriormente es la incorporación en el dintel inferior, de la faja horizontal para recibir la carpintería.

El cuarto de los capialzados es el correspondiente a esquina y rincón, es decir, el abierto en la intersección de dos muros que en este caso son ortogonales entre sí. No existe esviaje al ser el eje de la pieza coincidente con la bisectriz del ángulo entre ambos muros. El dintel posee un batiente horizontal destinado al alojamiento del elemento de carpintería. La complejidad en el planteamiento de la pieza se produce en las embocaduras superiores, que se obtienen mediante la proyección cilíndrica de un arco de medio punto, ortogonal a la bisectriz de los muros, sobre las testas, lo que provoca que los arcos de embocadura sean elípticos rebajados.

El bloque finaliza con la quinta pieza, un capialzado en torre cavada, abierto en un muro que posee una de sus testas recta, en la que se sitúa el dintel, situado a la altura del arranque del arco y provisto de la faja horizontal destinada a la carpintería, y la otra testa cóncava, en la que se sitúa el arco, obtenido por proyección ortogonal de un arco de medio punto.

Se da la circunstancia de que entre los folios numerados como 20 y 21, es decir, tras los capialzados y antes de las bóvedas cilíndricas, aparecen los restos de dos folios arrancados del cuaderno con posterioridad a la encuadernación y con anterioridad a la incorporación de la numeración arábiga. Se desconoce el contenido que pudiera corresponder a dichos folios y el motivo por el que fueron arrancados, quizá por tratarse de dibujos con errores que el autor decidió eliminar, poco probable, pues en el cuaderno figuran otros dibujos inacabados o con tachaduras rectificadas o por contener trazas que fueron sustraídas por alguna de las personas que tuvieron acceso a él.

A la vista de la estructura del cuaderno, probablemente pudo contener algún capialzado adicional, alguna bóveda de arista previa a las incorporadas o, dada la similitud en la ordenación de las trazas con la del *Libro* de Vandelvira (c. 1585), pudieran haber contenido alguna traza de caracoles, incorporadas en su *Libro* a continuación de los capialzados y antes de las capillas.

A continuación de los capialzados está contenido el bloque correspondiente a las bóvedas de arista o bóvedas de intradós cilíndrico. La primera de las bóvedas corresponde a un rincón de claustro perlongado (f. 21r.), de planta rectangular, formado por un cilindro de revolución cuyo diámetro coincide con el lado corto y un cilindro elíptico rebajado cuyo

diámetro mayor coincide con el lado más largo, ambos de la misma altura, con disposición de hiladas ortogonales a las testas, que se intersecan en la diagonal.

La segunda traza, que es la única que incorpora el título, está denominada como *rincón de claustro en biaje* (f. 22r.). Refleja también un rincón de claustro, en este caso esviado, generado por la intersección, en la diagonal, de un cilindro de revolución y un cilindro elíptico rebajado, ambos de igual altura, cuyos ejes forman entre sí un ángulo obtuso.

La tercera corresponde a una bóveda de arista para una capilla de planta perlongada (f. 23r.) con cilindros formados por arcos de medio punto en los lados cortos y por arcos elípticos en los lados de mayor longitud.

A continuación se recoge una capilla de planta trapezoidal (f. 24r.), cubierta por una bóveda de arista formada por las intersecciones de cuatro cilindros de la misma altura, cuyas directrices son un arco de medio punto para el lado menor del trapecio y tres arcos elípticos rebajados para los restantes lados, con disposición de las hiladas ligeramente oblicuas a las testas en los cuatro casos.

La quinta de las trazas corresponde a una bóveda esquifada (f. 25r.), de planta cuadrada, generada por las superficies interiores de dos cilindros de revolución de igual radio que se intersecan, con disposición de hiladas paralelas a las testas.

La sexta plantea una bóveda de arista (f. 26r.), en una capilla cuya planta es un triángulo isósceles, originada por la intersección de tres cilindros de la misma altura: dos de ellos generados a partir de arcos de medio punto en las embocaduras de los lados iguales del triángulo; y el tercero generado por un arco elíptico rebajado en la embocadura del tercer lado, de mayor longitud que los otros dos. La disposición de hiladas es ortogonal a la testa en el caso del lado mayor y ligeramente oblicua en el caso de los dos lados menores.

La séptima de las trazas corresponde a un ochavo de planta regular (f. 27r.), generado por las superficies interiores de cuatro cilindros de igual radio que se intersecan, con disposición de hiladas paralelas a los lados de la planta.

El núcleo principal del cuaderno se completa con tres dibujos de las plantas de bóvedas de nervios, en los que a diferencia de las trazas anteriores, los dibujos aparecen en los folios vueltos y no en los folios rectos. La primera de ellas (f. 28v.) corresponde a una bóveda de crucería de planta perlongada, de proporción dupla, en la que a los formeros, ojivos y ligaduras se añaden terceletos combados, cuatro pies de gallo y dos lazos ovales

a cada lado de la clave, con una clave central, diez claves secundarias en torno a ella y otras cuatro claves secundarias en una segunda línea, además de las cuatro claves de los formeros.

El segundo dibujo (f. 29v.) corresponde a una bóveda de planta cuadrada, con similar disposición de nervios que la anterior, con una disposición de ocho lazos ovoides en torno a la clave central y dieciséis claves secundarias organizadas en dos líneas circulares, a las que hay que sumar las cuatro claves de los formeros. El dibujo posee en su parte inferior de una escala gráfica tabulada de cero a veinte pies.

El tercer dibujo (f. 30r.) inacabado, corresponde a una bóveda de planta perlongada, de proporción cercana a la 8/5, en la que únicamente aparecen dibujados el perímetro con los enjarjes, la clave central y las claves de los formeros.

La pertenencia de los dibujos de las bóvedas de crucería al bloque principal del cuaderno, cuestionada en ocasiones, ha sido objeto de discusión⁵⁰. Las investigaciones realizadas al respecto en base a las características de trazado y caligráficas de los dibujos, que son expuestas en detalle más adelante, refuerzan la hipótesis de su inclusión en este bloque, por las características de los trazados de las líneas y por la coincidencia de caligrafías.

Los dibujos geométricos

El segundo bloque, dispuesto a continuación del primero, corresponde a los dibujos que aparecen en las dos caras del último folio, de apariencia más inconexa. En el f. 31r., aparece dibujado el alzado de un fuste de una columna salomónica de cinco espiras, sin basa ni capitel, que queda rematado superior e inferiormente por unas líneas horizontales que lo limitan. El fuste aparece dibujado de forma superpuesta sobre dos líneas verticales paralelas que aparentan representar un fuste liso de una columna sin disminución en su diámetro, que se ha empleado como base para obtener las espiras del fuste salomónico.

En relación a este dibujo, Suárez Quevedo (2002, 134-135), ha señalado la coincidencia de la situación del fuste en el f. 31r., con la columna salomónica, en este caso de seis espiras, dibujada en el folio homónimo de la traducción del *Vignola*, en el que se indican dos modos de dibujar los alzados disminuidos de las columnas, con una situación,

⁵⁰ Gómez Martínez (1998, 31) los considera pertenecientes a la parte fundamental del manuscrito y los emplea como argumento para localizar geográficamente el libro en el entorno geográfico de Cuenca del siglo XVI y atribuir su autoría a Pedro de Alviz. Por el contrario, Suárez Quevedo (2002, 134-135) plantea que los dibujos son un añadido posterior al manuscrito.

respecto del orden de los folios, que se repite respecto de los dos alzados del orden toscano que figuran en los ff. 4r.; y 5r. En el caso de la columna salomónica, al contrario que en los alzados toscanos, como se verá a continuación, a la vista de la falta de aproximación con el dibujo de Vignola no parece existir una intención de realizar una copia.

En el último folio, (f. 31v.), aparecen los dibujos de dos figuras geométricas: un semicírculo y una semielipse, que aparece representada en posición oblicua, a partir de sus diámetros conjugados.

Dentro del semicírculo se aprecia la existencia de unos trazos, que pudieran corresponder a un esbozo de rúbrica. Aparecen escrita en primer lugar en la zona superior, sin el caído final, y vuelven a figurar un poco más abajo y a la derecha, con la misma caligrafía, pero finalizando el trazo en esta ocasión con un caído largo final inclinado hacia la derecha en el sentido descendente. Entre ambas escrituras, aparecen unos trazos que parecen corresponder a alguna de las letras contenidas en la parte superior. La coincidencia de la tinta con la que se realizaron las líneas de los dibujos y los trazos, de caligrafía diferente a la del bloque primero, apuntan a la intervención de un segundo autor

Hay que hacer constar que como se ha apuntado con anterioridad, que debió existir un folio posterior al f. 31, correspondiente a la mitad del bifolio formado con el f. 27 y que fue arrancado del cuaderno, que probablemente contuviera algún dibujo relacionado con las mencionadas figuras geométricas.

Los dibujos del orden toscano

El tercer bloque de dibujos del cuaderno lo componen dos dibujos de alzados del orden toscano que aparecen en los ff. 4r.; y 5r., situados entre el bloque inicial de las pechinas y el conjunto de arcos y que habrían quedado en blanco al realizar las trazas del núcleo principal, quizá por intención del primer autor de incorporar con posterioridad algunas trazas adicionales de pechinas de mayor complejidad que las dos contenidas.

El primero de los dibujos, contenido en el f. 4r., corresponde a una aguada realizada con una notable calidad, claramente superior a los dibujos del cuerpo principal del cuaderno [Fig. 19], copia del alzado del orden toscano contenido en la traducción castellana de las *Regola delli cinque ordini d'Architettura* de Vignola realizada por Patricio Caxesi y publicada en 1593 [Fig. 20].

Fig. 19. Alzado del orden toscano, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, f. 4r.

Fig. 20. Barozzio de Vignola, Alzado del orden toscano, *Regola delli cinque ordini d'Architettura*, [1562] 1593, Im. IIII.

El alzado aparece incluido dentro de una caja rectangular, en la misma posición, con los mismos sombreados y con los textos ubicados en similares lugares sobre el dibujo. Presenta ligeras diferencias respecto del original, incorporando una ceja con un ligero vuelo en la parte superior de la cornisa, en lugar del descubierto de muro contenido en el *Vignola*, y los fustes de las columnas aparecen con un abombamiento ligeramente mayor, que se acusa especialmente en la zona superior, proporcionando una sensación de mayor esbeltez. El texto que acompaña al dibujo, en el que Vignola menciona el *cuarto Libro* de Vitrubio, queda enmarcado dentro de un rectángulo, a modo de cajetín, en la parte inferior del folio, del mismo modo que en la traducción española y reproduce de modo casi literal el texto de Caxesi.

La caligrafía de la letra en la copia es claramente diferente y de menor tamaño que la del original, lo que provoca que no coincidan las palabras contenidas en cada una de las líneas, que en la copia del código son ocho frente a las diez del *Vignola* y la ortografía de la transcripción presenta algunas diferencias que se describen con detalle en el apartado del

análisis codicológico. Analizando comparativamente ambos textos no se aprecia que en el cuaderno haya un intento de imitar o copiar el tipo de letra del original⁵¹.

Otra copia similar del orden toscano de Vignola, es la realizada por Alonso de Guardia (c. 1600, f. 45v.), aunque aparece sin el texto de la parte inferior [Fig. 21]. El hecho de que figure correctamente el módulo de $4 \frac{2}{3}$ para el intercolumnio indica, según Calvo (2015, 454), que probablemente la copia de Guardia esté tomada de alguna edición probablemente italiana de la *Regola*, sin cometer el error de Caxesi, que da un valor al módulo de $6 \frac{1}{2}$, valor que figura igualmente en la copia del códice.

Fig. 21. *Alonso de Guardia*, alzado del orden toscano, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 45v.

En el folio siguiente (f. 5r.), aparece el segundo de los dibujos, en este caso realizado a lápiz, que corresponde al alzado de un pórtico de orden toscano [Fig. 22], probablemente copiado también de la traducción de Caxesi del *Vignola* y situado igualmente en el folio siguiente a la aguada [Fig. 23]. El dibujo se encuentra inacabado y carece de textos, aunque,

⁵¹ Suárez Quevedo (2002, 133) manifiesta su opinión, en el sentido de que el texto contenido en el cuaderno imita el tipo de letra de la traducción castellana de Caxesi. En el estudio comparativo realizado entre ambos textos apreciamos claras diferencias entre ambos tipos de letra, al margen de las variaciones ortográficas y de transcripción, que permiten descartar esa posibilidad.

como el anterior, está enmarcado dentro de un rectángulo y en la parte inferior se había dibujado el cajetín destinado a incluir la explicación. De las líneas dibujadas, se aprecian algunas diferencias respecto al dibujo de Caxesi, consistentes en la omisión del *descubierto de muro* sobre la cornisa, dibujado y punteado en el *Vignola*, cuya línea correspondiente no figura en el códice. La precisión y el tipo de trazado son coincidentes con las de la aguada y es evidente que ambos dibujos fueron realizados por la misma persona.

Fig. 22. Alzado del orden toscano inacabado, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, f. 5r.

Fig. 23. Barozzio de Vignola, Alzado del orden toscano, *Regola delli cinque ordini d'Architettura*, [1562] 1593, Im. V.

Ambos dibujos poseen una precisión no alcanzada por los que componen el núcleo principal y la caligrafía empleada en la copia del texto es diferente a la contenida en los textos explicativos de las piezas de cantería, y a los trazos de los dibujos del último folio, por lo que claramente fueron realizados por diferentes manos, razones por las que hay que añadir un tercer autor al cuaderno. La traducción del *Vignola* por Caxesi se publicó en 1593, por lo que estos dibujos debieron ser incorporados al cuaderno con posterioridad a esa fecha, probablemente en el siglo XVII.

En relación a estos dibujos, en el pergamino de la contracubierta, en la parte central izquierda, junto al margen, aparecen unas líneas poco perceptibles, visibles parcialmente, que corresponden aparentemente a un conjunto de arquitrabe, friso y cornisa, y aparecen en posición invertida y girada. Aparentemente dichas líneas no fueron trazadas directamente en el pergamino, sino que más bien parecen producto de una transferencia desde otra base colocada sobre él, por insuficiente secado o por traspaso del papel.

Se da la circunstancia, apuntada por Suárez Quevedo (2002, 133-134), de que los dos dibujos copiados del *Vignola* se encuentran en el folio de la misma numeración en ambos tratados (f.4r. y f.5r.), lo que en su opinión podría deberse a una intención inicial de copiar la totalidad del *Vignola* en el cuaderno, comenzando por las láminas IIII y V, pero su número de folios (45) es muy superior al del cuaderno (31), por lo que no parece que existiese una intención de realizar una copia completa de la *Regola*. Una segunda explicación podría deberse a una intencionalidad en la encuadernación, haciendo coincidir la posición de ambos dibujos intercalándolos entre las trazas del primer bloque, pero en la encuadernación de los libros que componen el cuaderno no se aprecian alteraciones en esta sentido. La explicación más verosímil es la de la simple coincidencia, puesto que los folios 4 y 5 son los primeros que habrían quedado en blanco entre los dibujos del primer bloque y además carecerían de la numeración en el momento de realizarse las copias de los dibujos.

Las piezas de cantería añadidas

El cuarto bloque está constituido por dos trazas de cantería, adicionales a las contenidas en el núcleo principal, que habrían sido incorporadas posteriormente al código por un cuarto autor, en folios vueltos que habían quedado en blanco al no haber escrito en ellos el primer autor los textos explicativos de las trazas del folio recto correspondiente. La primera de ellas, contenida en el f. 13v., corresponde con un capialzado adintelado, sin título y acompañado por un texto explicativo que comienza con las palabras *Este arco de aquí arriba demostrado es adintelado y capialçado*.

Concurren en esta traza dos circunstancias significativas: Está dibujado en el folio situado a la izquierda una pieza similar, el capialzado adintelado o *tronera a regla* (f. 14r.) trazado por el primer autor y repite otro modelo igualmente contenido en el núcleo principal, el *capialçado a regla* (f. 18r.).

Se trata de un capialzado adintelado acompañado de un texto para cuya incorporación no quedó espacio suficiente en la parte inferior del folio, bajo la traza, por lo que el autor ocupó adicionalmente el espacio que había quedado libre en la parte inferior izquierda del f. 14r., bajo la traza dibujada por el primer autor, ajustándose tanto al margen del folio como al dibujo [Fig. 24].

La segunda traza incorporada por el cuarto autor está contenida en el siguiente folio, (f. 14v.) y corresponde a un arco abocinado en cuyas testas figuran dos arcos de medio punto de diferentes radios, carente de texto explicativo e inacabado, pues salvo el salmer, no se determinan las plantillas de las caras ni los ángulos entre sus aristas.

El trazo de ambos dibujos es coincidente, está realizado con tinta de color negro, con empleo de líneas continuas, de trazos y de puntos, es más fino y de mayor precisión. La letra del texto explicativo es más pausada, de menor tamaño, de mayor calidad y su caligrafía es marcadamente diferente de las pertenecientes a los dos primeros autores ya mencionados.

Fig. 24. Arco capialzado adintelado (f. 13v.), y tronera a regla (f. 14r.), manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, ff. 13v-14r.

Autorías

Del análisis de las características y contenidos del código se ha determinado la intervención de al menos cuatro autores diferentes. El primero de ellos es el responsable del bloque principal del cuaderno, constituido por las piezas de cantería, y las bóvedas de crucería. Como regla general, las trazas y sus títulos (incluidos hasta el f. 18r. y en el f. 22r.), se disponen en los folios rectos, y los textos descriptivos, incorporados hasta el f. 8v., quedan en los folios vueltos anteriores. La caligrafía de títulos y textos, el grafismo, los tipos de línea y las tintas, son uniformes en todos los dibujos.

Se considera que los tres dibujos correspondientes a las plantas de las bóvedas nervadas corresponden al mismo autor del conjunto de trazas de cantería⁵². El dibujo de la bóveda nervada de planta cuadrada (ff. 29v.-30r.), incorpora en su parte inferior un pitipié graduado que incluye sobre la línea los números "5", "10", "20" y la palabra "pies", cuya caligrafía es coincidente con la contenida en los textos explicativos del núcleo fundamental, y el grafismo de las líneas es compatible en ambos casos.

Respecto a la autoría de los dibujos inacabados de los últimos folios (ff. 31r.; 31v.), ambos están realizados con la misma tinta, su calidad de trazo es inferior a la del resto de los dibujos del código, y la caligrafía de los trazos que aparecen en el último folio tampoco es coincidente con las tres restantes, por lo que ambos dibujos hay que atribuirlos a un segundo autor, que los habría añadido en el último folio tras el bloque principal.

Un tercer autor incorporó en los ff. 4r. y 5r., que habrían quedado en blanco, los dibujos del orden toscano, copia de la traducción realizada por Caxesi en 1593 de las *Regola delli cinque ordini d'Architettura* de Vignola.

El cuarto autor habría añadido al código las dos trazas de cantería adicionales, el capitalizado adintelado (f. 13v.-f. 14r) y el arco abocinado (f. 14v.).

Además de las cuatro diferentes caligrafías mencionadas, existen otras tres, diferentes a las anteriores, que no se consideran incluidas en la autoría del código, pues obedecen a incorporaciones posteriores, probablemente más relacionadas con aspectos de su catalogación y conservación: La primera es la inscripción *suelto sinponer* que figura en la cubierta; la segunda es la incorporación de una antigua signatura de la BNE, Cc. 26, que figura dos veces en la guarda de la portada, tachada con grafito en ambas; y la tercera

⁵² La pertenencia de los tres dibujos correspondientes a las plantas de las bóvedas nervadas han sido objeto de discrepancia en relación a su integración en el núcleo principal del manuscrito. Gómez Martínez (1998,31), los considera pertenecientes a la parte fundamental del cuaderno; Suárez Quevedo (2002, 129-148), por el contrario, considera los dibujos como añadidos al núcleo del código.

se refiere a una numeración consecutiva realizada con grafito en la parte superior derecha de los folios rectos, cuya caligrafía tampoco se corresponde con ninguna de las otras contenidas en el códice, añadida aparentemente en época posterior a su compleción.

La hipótesis más lógica, en relación al orden de incorporación de los bloques al códice, sería establecer que en primer lugar se realizaron las trazas correspondientes al núcleo principal, por el primero de los autores; tras ellas los dibujos del recto y el vuelto del último folio, por parte del segundo autor; a continuación se incorporaron por parte del tercer autor los dibujos copiados del *Vignola*, que en una lectura ordenada del cuaderno, ocupan los dos primeros folios que el primer autor habría dejado en blanco; con posterioridad el cuarto autor añadió las dos nuevas trazas en los folios vueltos, que también habían quedado en blanco, pues dada la falta de espacio demostrada al incorporar el texto, si este autor hubiera dispuesto de un folio vuelto y el folio consecutivo recto en blanco probablemente los hubiera utilizado para dibujar sus trazas.

Estudio codicológico

Aspectos generales

El cuaderno manuscrito estudiado, se conserva en la Biblioteca Nacional de España con la signatura Mss. 12686⁵³, figura como anónimo de fecha comprendida entre 1501 y 1700 y denominado como Dibujos de trazados arquitectónicos. El cuaderno carece de título y en ninguno de los textos o dibujos contenidos se hace referencia alguna a su autoría ni a ningún nombre, ni figura ninguna fecha, que pueda aportar datos relacionados con alguno de sus contenidos. En la portada figura la inscripción *suelto sinponer*.

En el registro del catálogo de la BNE, en el apartado correspondiente al título se hace una referencia a su contenido: *Dibujos de trazados arquitectónicos*, y en la “nota general” que se incluye se indica Textualmente: *Principalmente son dibujos de arcos y bóvedas, algunos con explicaciones*.

Dimensiones, foliación, soporte y composición

El cuaderno manuscrito consta de 31 folios con unas dimensiones en el encuadernado de 44 cm. de altura en el lado exterior, que se reduce ligeramente hasta quedar en 42,1 cm. en el lomo, y 28,5 cm de altura, siendo los folios de dimensiones 43,1 cm. de altura y 28,5 cm, de anchura.

Presenta una numeración arábica realizada con grafito, que queda colocada de manera uniforme junto al ángulo superior derecho de los folios rectos, que comprende correlativamente sin interrupción ni discontinuidades, desde el nº 1 hasta el nº 31. Las características de la escritura con la que está realizada la numeración indican que se incorporó al cuaderno en fecha posterior a la elaboración de sus contenidos.

El soporte sobre el que aparecen los textos y dibujos es el papel verjurado, en bifolios plegados por la mitad y encuadernados.

El cuerpo del cuaderno está conformado por seis cuadernillos o fascículos, compuestos por un número de bifolios comprendido entre dos y tres, sin que se aprecie que hayan existido modificaciones respecto de encuadernación que hayan alterado la composición inicial, cuya composición es la enumerada a continuación [Fig. 25].

⁵³ En el registro del catálogo de la BNE, figura una referencia a la antigua signatura, que era Cc. 26.

- Cuadernillo 1: Duerno (folios 1-2-3-4).
- Cuadernillo 2: Terno (folios 6-7-8-9-10).
- Cuadernillo 3: Terno (folios 11-12-13-14-15-16).
- Cuadernillo 4: Terno (folios 17-18-19-20). Se aprecia la existencia de talones que indican que con posterioridad a la encuadernación, fueron arrancados del cuaderno los dos folios que completarían los bifolios con los folios 17 y 18.
- Cuadernillo 5: Terno (folios 21-22-23-24-25-26).
- Cuadernillo 6: Terno (folios 27-28-29-30-31). El folio 27 queda actualmente suelto de la encuadernación, pero no se aprecia talón ni la existencia de cartivana que indique que se intentara encuadernar el folio suelto, por lo que probablemente fue arrancada la otra mitad del bifolio, también con posterioridad a la encuadernación, pero de un modo más agresivo, por lo que se perdió incluso la pestaña.

Fig. 25. Esquema de la composición de cuadernillos del manuscrito Mss. 12686 de la BNE, c. 1544.

El hecho de que a pesar de la carencia de los tres folios mencionados, dos de los cuales aparecerían intercalados en el cuaderno, la numeración arábica sea correlativa, indica que se realizó con posterioridad a la encuadernación y a que fuesen arrancados del mismo los folios que faltan.

Para la encuadernación se ha empleado pergamino, del tamaño similar al del bifolio, con la colocación de guardas en la cubierta y contracubierta, y el cosido de los cuadernillos está realizado con cinco nervaduras de hilo blanco, siendo el grosor del lomo del documento de 2,2 cm. En la cubierta figura la inscripción *suelto sinponer*.

El criterio seguido para la encuadernación de los cuadernillos no es uniforme. Con carácter general, los bifolios quedan incorporados de tal modo que sus filigranas aparecen en posición invertida respecto a la orientación de los dibujos y los textos.

Sin embargo, hay cuatro casos en los que la orientación de la encuadernación si es coincidente con la de las filigranas. Se trata de los bifolios centrales de los cuadernos 3, 4 y 5, compuestos respectivamente por los ff. 13-14; 19-20; y 23-24; y del primero de los folios del cuaderno 6, el f. 27, cuyo complementario que completaría el bifolio es uno de los arrancados [Fig. 25].

Los bifolios que componen el cuaderno corresponden a dos papeles diferentes, que probablemente correspondan a dos diferentes partidas de un mismo fabricante. En todos ellos, se manifiestan características similares respecto al conjunto de alambres integrados en el marco, con una separación entre los corondeles de 30-31 mm., y respecto de los puntizones, el número contenido en 30 mm., es de 20 aproximadamente. Sin embargo, se observa la existencia de dos conjuntos diferentes de filigranas, aunque ambos son muy similares respecto a la situación y características de los dibujos que las componen.

Presentan doble filigrana y contramarca. En en la mitad izquierda del bifolio, en posición centrada, aparece la filigrana principal; en posición simétrica, centrada en la mitad derecha aparece una contrafiligrana; y también en la mitad derecha, pero en la esquina superior derecha aparece la contramarca en la que se incorporan las iniciales del fabricante del papel [Fig. 26]. Sus características se describen a continuación⁵⁴.

⁵⁴ Para la descripción se han empleado los términos recogidos por Ferrando (2012) en el marco del proyecto Bernstein.

Figura 26. Ubicación de filigranas y contramarcas en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.
Arriba: bifolios tipo 1. Abajo: bifolios tipo 2

Para los bifolios tipo 1:

Filigrana 1. Tres medias lunas colocadas en una fila, colocadas una al lado de la otra, con altura decreciente hacia la derecha, aisladas, sin motivo adicional; la primera y más alta es de menor anchura y presenta su punta superior ligeramente cerrada y caída. Sus alturas son de 56 mm; 53 mm; y 46 mm., la anchura total es de 110 mm. Las tres son atravesadas por sendos corondeles portadores situados respecto del punto más occidental de la media luna, a distancias de 23 mm.; 16 mm.; y 3 mm [Fig. 27].

Contrafiligrana 1. Hoja de trébol sin tallo, aislada, sin motivo adicional, atravesada por un corondel portador como eje central, con dimensiones de 19 mm. de altura y 16 mm. de anchura [Fig. 28].

Contramarca 1. Dos letras en una línea bajo una hoja de trébol con tallo. Las letras son mayúsculas de trazo fino, unidas por un trazo horizontal; la primera letra es una *A*, y la segunda letra es una *C*. Es atravesada por su eje por un corondel portador que coincide con el tallo. Su altura es de 47 mm. y su anchura de 53 mm [Fig. 29].

Aparecen en los bifolios 1-4; 2-3; 7-8; 11-16; 12-15; 17-; 18-; 19-20; 22-25; 23-24; 28-31 y 29-30.

Para los bifolios tipo 2, de características muy similares a las anteriores:

Filigrana 2: tres medias lunas colocadas en una fila, colocadas una al lado de la otra, con altura decreciente hacia la derecha, aisladas, sin motivo adicional; con inflexiones en su curva exterior. Sus alturas son de 56 mm; 53 mm; y 47 mm., la anchura total es de 108 mm. Las tres son atravesadas por sendos corondeles portadores situados respecto del punto más occidental de la media luna, a distancias de 21 mm.; 11 mm.; y 6 mm [Fig. 30].

Contrafiligrana 2. Hoja de trébol sin tallo, aislada, sin motivo adicional, atravesada por un corondel portador como eje central, con dimensiones de 15 mm. de altura y 15 mm. de anchura [Fig. 31].

Contramarca 2. Dos letras en una línea bajo una hoja de trébol con tallo. Las letras son mayúsculas de trazo fino, unidas por un trazo horizontal con extremo curvado en el encuentro con el eje; la primera letra es una *A*, con ensanchado en la base y con trazo central inclinado, y la segunda letra es una *C*. Es atravesada por su eje por un corondel portador que coincide con el tallo. Su altura es de 45 mm. y su anchura de 47 mm [Fig. 32].

Aparecen en los bifolios 5-10; 6-9; 13-14; 21-26; y 29-.

Fig. 27. Filigrana nº 1,
manuscrito Mss. 12686 de la BNE

Fig. 28. Contrafiligrana nº 1,
manuscrito Mss. 12686, BNE

Fig. 29. Contramarca nº 1,
manuscrito Mss. 12686, BNE

Fig. 30. Filigrana nº 2,
manuscrito Mss. 12686 de la BNE

Fig. 31. Contrafiligrana nº 2,
manuscrito Mss. 12686, BNE

Fig. 32. Contramarca nº 2,
manuscrito Mss. 12686, BNE

La gran similitud entre las filigranas, contrafiligranas y contramarcas indica que en ambos casos se trata de papel procedente de un mismo fabricante, probablemente perteneciente a distintas partidas.

Con el fin de identificar la procedencia del papel e intentar aproximar su datación, se han realizado búsquedas en las principales fuentes que recogen un muy elevado número de filigranas, entre ellas: Briquet (1907); Piccard (1961); Harfinger (1974); Sánchez Real (1980); Zerdoun (1989); Simmons y Van Ginneken (1994); Woodward (1996); Balmaceda (2001); Sosower (2004); Bofarull (2008), así como en la base de datos del

proyecto Bernstein (2014)⁵⁵, pero no se ha localizado ninguna que coincida con las contenidas en el código.

En cuanto a las filigranas principales, se han encontrado varias parecidas, con tres medias lunas en una línea, pero de dimensiones y formas sensiblemente diferentes a las que aparecen en el código. El uso de este tipo de filigrana está documentado desde principios del siglo XV hasta muy avanzado el siglo XIX. Su tipificación en la base de datos del proyecto Bernstein es 5/5/5 (cuerpos celestes, lunas, varias lunas).

Algunas de las que presentan cierto parecido son las recogidas por Woodward (1996, 138-144) y corresponden con papeles italianos de la segunda mitad del siglo XVI. De entre todas, la más cercana es la referencia NL 4 F 228 (3), datada en 1567 del fabricante Antonio Lafreri en Messina, pero en cualquier caso las tres lunas son de menor tamaño que las del código [Fig. 33; Fig. 34; Fig. 35; Fig. 36].

Fig. 33. WZIS. Filigrana DE4860-Vollers_747_70, 1644.

Fig. 34. WZIS. Filigrana DE4860-Vollers_747_79, 1644.

Fig. 35. WZIS. Filigrana DE4860-Vollers_237_11, 1665.

Fig. 36. WZIS. Filigrana DE4860-Vollers_627_9, s.d.

⁵⁵ Disponible on line en www.memoryofpaper.eu contiene más de 200.000 registros de filigranas digitalizadas de las principales bases de datos.

Briquet (1907, II: 314-315) no incluye ningún modelo similar, pero en su texto explica que ha encontrado la filigrana de tres medias lunas colocadas en una fila, en tamaño decreciente, acompañadas de contramarcas venecianas, en papel, conocido en Venecia como *trelune*, que se fabricaba especialmente para Levante durante los siglos XVII y XVIII.

En una de las bases de datos integrada en Bernstein, la alemana WZIS, también quedan recogidos algunos ejemplos con tres lunas en línea. Aunque ninguno de ellos presenta el mismo tamaño ni la misma relación de las medias lunas con los corondeles que las atraviesan, guardan cierta relación.

Se trata de papeles fabricados en 1644 y 1665. Hay que mencionar una de ellas especialmente, la que corresponde con la referencia DE4230-FolMsMus61k6_999a, datada en Viena en 1654, en la que no se aporta información de la situación de los corondeles, y la primera de las lunas queda más separada de las otras dos, pero presenta la particularidad de ir acompañada de una contramarca en la que aparece la hoja de trébol con vástago sobre dos iniciales mayúsculas, la primera de las cuales es la *A* pero la segunda es una *S* [Fig. 38].

Fig. 37. Charles Briquet, filigrana n° 6245, Neuburg, 1551.

Fig. 38. WZIS. Filigrana DE4230-FolMsMus61k6_999a, Viena, 1654.

Respecto a la contrafiligrana, que corresponde con la hoja de trébol aislada, está tipificada en la base de datos del proyecto Bernstein como 4/1/5 (flora, hoja, hoja de trébol), y presenta un gran parecido con una de la incluida por Briquet (1907, II, 358) aunque de menor tamaño [Fig. 37]. Briquet lo data en 1551 en Neuburg, explicando que es originario del norte de Francia.

No se ha localizado ninguna semejante a la contramarca con las iniciales *A, C* bajo la hoja trebolada. Tampoco se han localizado ejemplos en los que figure esa combinación de letras, aunque no vayan acompañadas de la hoja.

A la vista de los ejemplos localizados y dado que ninguno de ellos presenta un grado de similitud suficiente para considerar que obedece al mismo fabricante del papel del códice, no es posible aportar una fecha concreta para la datación del papel del códice, ni especificar su fabricante, aunque por similitud con los encontrados, se podría establecer una banda temporal estimada amplia desde mediados del siglo XVI hasta finales del tercer cuarto del siglo XVII.

Características de los dibujos

Los dibujos correspondientes a las trazas de cantería que constituyen el bloque principal del códice, están dispuestos normalmente en los folios rectos, quedando reservado el folio vuelto anterior para incorporar el texto descriptivo que los acompaña. De este modo, la intención del autor es que el lector, con el cuaderno abierto, pueda observar simultáneamente el dibujo, situado a la derecha, y su explicación, a la izquierda. Esta disposición se mantiene en las seis primeras trazas (las dos pechinas y cuatro arcos), siendo el *arco que llaman de talus* el último que posee texto.

A partir de la traza siguiente, el arco por esquina, se mantiene la disposición de los dibujos en el folio derecho, quedando libre el folio izquierdo, situación que se da en todas las trazas restantes de arcos, decenda, capialzados y bóvedas cilíndricas, con las únicas excepciones de los dos últimos capialzados, el capialzado en esquina y rincón (ff. 18v.-19r.), y el capialzado en torre cavada (ff. 19v.-20r.), en los que ante la falta de espacio en el folio derecho en el que se dibuja la traza, se incorporan en el folio izquierdo algunas de las construcciones gráficas correspondientes a la resolución.

En las tres bóvedas de crucería, la situación se inviere y los dibujos aparecen en los folios vueltos, es decir, los situados a la izquierda con el cuaderno abierto, aunque la de planta cuadrada (ff. 29v.-30r.) invade parcialmente el folio derecho.

En las trazas contenidas en el núcleo principal del cuaderno se observa la utilización de un grafismo con carácter uniforme. Los instrumentos de trazado empleados generan líneas de un cierto grosor que permiten una menor precisión en los dibujos. Los tipos de línea utilizados son tres: continuas, de trazos y punteadas.

El recurso habitual en los arcos y capialzados, es el empleo de las líneas continuas para dibujar las piezas y para la obtención de las soluciones, reservando las líneas de trazos para las construcciones ocultas o auxiliares, tales como trasladar los plomos de las juntas de los arcos de testa a la planta, dibujar el trasdós de los arcos en la embocadura posterior, y realizar construcciones auxiliares, como la determinación de los puntos medios de dovelas o el traslado de alturas entre arcos abatidos. El capialzado engauchado, en el que se dibujan a línea de trazos las líneas de juntas de intradós y trasdós en el alzado, es el único que se sale de este criterio.

En el caso de las dos pechinas y de las bóvedas de arista se emplean únicamente líneas continuas con excepción del rincón de claustro en esviaje en el que se utilizan las líneas de trazos para trasladar las alturas al arco diagonal.

Para los tres dibujos de bóvedas nervadas se utiliza la línea continua con carácter general, con la incorporación de la línea punteada en la de planta perlongada, para dibujar las correspondientes al ancho de los nervios, paralelas a las que reflejan los baquetones.

En cuanto a los dibujos inacabados de los dos últimos folios, realizados por el segundo autor, en el caso del alzado del fuste salomónico (f. 31r.), el dibujo aparece centrado en el folio, ocupando una altura aproximada a su mitad, mientras que los arcos que aparecen en el f. 31v., ocupan toda la altura del folio, quedando desplazados hacia la parte izquierda. Las pocas líneas que aparecen dibujadas en ambos son continuas y su trazo se muestra algo más irregular y de menor calidad.

Los dos dibujos que corresponden al tercer autor, copia de Vignola, responden a la misma disposición en el folio, que obra en la traducción castellana de Caxesi, ocupándolo por completo, con el conjunto enmarcado en un recuadro que a su vez queda subdividido por una línea horizontal que deja en la parte inferior un cajetín destinado a emplazar el texto. El dibujo del f. 4r., es una aguada de bastante calidad en la que se consigue mediante el tratamiento de la tinta, el efecto de las superficies curvas de los distintos elementos del alzado, así como de las sombras. Las líneas que delimitan las aristas están tealizadas con tinta de color gris, y línea continua. Se ha empleado también una línea punteada para trasladar hasta la línea de medida las alturas de cada uno de los cuerpos del alzado, y para indicar sobre ella la altura del fuste. El segundo de los dibujos, que figura en el f. 5r., está inacabado, con todas las líneas trazadas con grafito, continuas, a la espera de ser pasadas a tinta.

Las trazas añadidas por el cuarto autor aparecen ambas en los folios vueltos (13v.; 14v.), a la izquierda de las del bloque principal, en páginas que quedaron en blanco. En ambos el grafismo corresponde con líneas más finas y precisas que las del primer autor, y para su elaboración se han empleado tres tipos de línea: continua, de trazos y punteada. La línea continua es que se utiliza con carácter general. En ambos casos, las líneas discontinuas aparecen para trazar las líneas auxiliares empleadas en la obtención de la solución, y las punteadas se emplean para dibujar los arcos correspondientes a las triangulaciones, cuya intersección proporciona la situación de los vértices buscados.

Tintas

Para el bloque principal, se han empleado tintas de cinco diferentes colores: negro, gris oscuro, gris medio, sepia y rojo. Se aprecian cambios en el empleo de los colores a medida que se va avanzando en su compleción. En las primeras trazas, hasta la tronera a regla (f. 14r.), los títulos con sus signos de encabezamiento se han escrito con tinta de color gris medio; los dibujos están realizados con tinta de color sepia; y de ellas, en las que van acompañadas de textos, que aparecen hasta el *arco que llaman de talus* (f. 9r.), se empleó una segunda tinta de color gris oscuro para escribir la notación de los puntos singulares sobre el dibujo, la misma con la que se escribieron los textos de los folios de la izquierda. Como caso particular, en esta última traza mencionada (f. 9r.) aparece una cuarta tinta de color rojo empleada para diferenciar las plantillas obtenidas.

En las siguientes trazas, desde la tronera engaduchada (f. 15r.), hasta el capialzado en torre cavada (ff. 19v.; 20r.), la tinta base empleada es de color sepia, añadiendo una segunda tinta de color rojo en algunas de ellas (ff. 16r.; 17r.; 18r.; 18v.) para destacar las plantillas o algunas de las líneas singulares pertenecientes a la solución, recurso que en capialzado en torre cavada (f. 20r.), se realiza con tinta de color gris oscuro.

Para las trazas, correspondientes a todas las bóvedas, cilíndricas, se emplea tinta sepia, incorporando adicionalmente la roja en el *rincón de claustro enbiaje* (f. 22r.) para señalar las plantillas. Finalmente en las últimas trazas en las que figuran las bóvedas de crucería, el color empleado es el gris medio. Los dibujos del segundo autor, contenidos en el último folio están realizados con tinta de color sepia.

Respecto a los dibujos copiados del *Vignola*, la tinta empleada para el primero de ellos (f. 4r.), tanto para las líneas como para la realización de la aguada, es de color gris. En

el segundo todas las líneas existentes están realizadas con grafito, sin pasar a tinta. Las dos trazas añadidas por el cuarto autor están dibujadas con tinta de color sepia.

Características de los textos

En el núcleo principal, los textos descriptivos que acompañan a las seis primeras trazas, a partir de las que se interrumpen, poseen una caligrafía uniforme, con cajas de escritura limitadas lateralmente por dos líneas verticales realizadas con grafito, que dejan márgenes libres de escritura en ambos lados del folio, quedando una anchura disponible para disponer la escritura que oscila entre 215 y 233 milímetros.

El número de líneas contenidas en cada texto es variable entre 9 y 27, con la excepción del texto correspondiente al arco esviado en una jamba (f. 7v.) que contiene únicamente tres líneas al remitir la explicación a la traza anterior o capítulo precedente.

En general se observa una distribución relativamente uniforme de las líneas de escritura en la que las primeras se mantienen horizontales, mientras que en las últimas se observa una tendencia a la inclinación ascendente. La escritura tiende a inclinarse hacia la derecha; presenta un trazado fluido; con carácter general, las letras se mantienen aisladas, aunque son frecuentes los enlaces entre dos o más letras; y los alzados son de altura desigual. Respecto a la separación de palabras, es muy frecuente que aparezcan ligaduras entre dos o incluso tres, y también se dan casos, menos frecuentes, de división dentro de la misma palabra. No se emplean abreviaturas.

Los dibujos, se acompañan de un título, cuya caligrafía es coincidente con la del texto, que aparece colocado por lo general en la parte superior del folio, centrado sobre el dibujo, con excepciones en los folios 2r.; 9r.; y 17r.; en los que el título se incorpora en la parte inferior. A partir del f. 18r., correspondiente al *capialçado a regla*, las trazas quedan sin título con la excepción del *rincón de claustro en biaje* (f. 22r.), en el que también se incorpora título, pero esta vez colocado en la parte intermedia del folio. A diferencia del cuerpo del texto, la escritura de los títulos tiende a presentar una línea ascendente, apartándose de la horizontal.

Respecto de los signos, no se utilizan signos de puntuación, pero aparecen algunos signos funcionales. Las letras que en el cuerpo del texto se refieren a la notación de puntos determinados de los dibujos, van acompañadas de una virgulilla que las diferencia de las letras normales; los textos y los dibujos aparecen precedidos del mismo signo de encabezamiento de tipo cruciforme en el que ambos brazos quedan ligados en la parte

izquierda por un bucle. Se apartan del criterio general los textos de los ff. 7v. y 8v., en los que aparece un segundo trazo vertical sobre el signo que precede al texto, que no está presente en los signos de los dibujos (ff. 8r.; 9r.); El dibujo del f. 15r., que carece de signo; y el dibujo del f. 17r., en el que se omite el signo de encabezamiento en el título pero se incorpora un signo tras él a modo de rúbrica.

El segundo autor escribió apenas unos trazos encadenados, que se repiten parcialmente dos veces, en lo que pudiera ser un intento de plasmar una rúbrica, pero su caligrafía es claramente diferente. Los trazos aparecen enlazados, sin bucles ni formas redondeadas, con astiles rectilíneos que se inclinan hacia la derecha y un caído que se inclina en el sentido contrario.

En lo referente al texto del tercero de los autores, el que aparece en la copia del *Vignola* del f. 4r., con una caligrafía uniforme aparecen, por una parte, los textos incorporados en el dibujo que hacen referencia a la designación de sus partes o a sus medidas, y por otra, el cuerpo de la escritura propiamente dicho, cuya caja queda incluida dentro de un rectángulo dibujado, con ocho líneas de escritura, que se disponen horizontales y con una distribución uniforme.

La escritura se mantiene vertical, con una inclinación hacia la derecha de los astiles de algunas de las letras, especialmente la “l” así como de los caídos de las letras “g” e “y”. La letra es de menor tamaño, menos redondeada y de más clara lectura que la del cuerpo principal, con una buena separación de palabras, aunque se manifiestan algunas ligaduras y también algunos casos de división de la palabra. Tampoco se emplean abreviaturas ni signos de puntuación, y como signos funcionales se incorporan al final del texto dos líneas paralelas que completan la línea hasta el límite del recuadro.

El texto que aparece en el código está copiado de la traducción castellana de las *Regola delli cinque ordini d'Architettura* de Vignola realizada por Patricio Caxesi y publicada en 1593. No obstante, al copiar el texto se manifiestan algunas diferencias, referidas básicamente a cuestiones ortográficas, que quedan recogidas en el cuadro adjunto:

Texto que figura en la copia de las
regole traducida por Caxesi

Architra
Coluna
Modulos
Base
Nohabiendo
Toscano
dedonde
regla
q' son
Dorica
Ionica
Corintia
compuesta
Etomado
auctoridad
Vitrubio
4º
dize
Toscana
con lavasa
resto
del ornamento
ques
architrave
y friso
sercombenible
regla
e hallado
Es
quel architrave
yfriso
La quales
vasa
assi
La architrave
que viene a ser
Miembros
notaseam

Texto que figura en la copia del
manuscrito Mss 12686 de la BNE

architra be
Co luna
modulos
basa
No habiendo
Tos cano
De donde
Regla
queson
dorica
jonica
corintia
con (se omite "puesta")
etomado
autoridad
vitrubio
qº
dice
toscana
conbasa
Resto
del ornamento
quees
architrabe
friso (se omite la "y")
ser combenible
rregla
he hallado
es
quelarchitrabe
friso (se omite la "y")
Las quales
basa
ssi
Lar chitra (se omite "ve")
quebieneaser
mienbros
notasea

Las diferencias existentes muestran que no se intentó realizar una copia mimética del tipo de letra ni de la caligrafía, que el autor del códice acomoda a su propia escritura.

Respecto del texto del cuarto autor, el que incorporó las trazas de cantería adicionales, aparece únicamente en los ff. 13v., y 14r. Las características de las cajas de escritura son diferentes en ambos casos, aunque el cuerpo del texto es continuo entre ellos. En el caso del f. 13v., la caja de escritura queda limitada lateralmente por dos líneas

verticales realizadas con grafito, que dejan márgenes libres de escritura en ambos laterales del folio, quedando una anchura disponible para disponer la escritura de 21,4 cm. en la que se disponen 15 líneas de escritura sensiblemente horizontales que quedan ajustadas en ambos extremos a las líneas de grafito.

En el f. 14., sin embargo, ante la falta de espacio en el folio anterior para completar el texto, el autor se vió obligado a incorporar el texto restante en el espacio libre que había dejado en el folio la traza dibujada por el primer autor. Como consecuencia de ello, no hay líneas que delimiten la caja de escritura. Este segundo bloque de texto contiene 22 líneas que mantienen una longitud más o menos uniforme hasta la séptima, para ir aumentándola progresivamente a partir de la octava, ajustándose al máximo posible a la línea inclinada del dibujo, que en algunos casos llega a sobrepasar. En el lado izquierdo se ha dejado un margen respecto del borde del folio, que va disminuyendo progresivamente a medida que se va descendiendo.

Las líneas de texto presentan distribución uniforme con una letra de mucho menor tamaño que la del bloque principal, que aparece inclinada hacia la derecha, aspecto que se acentúa en las últimas líneas del f. 14r. Las leras se mantienen generalmente aisladas, con la aparición de algunos enlaces de dos o tres letras. La separación de palabras es relativamente buena, con la presencia de ligaduras y divisiones no generalizadas.

No se utilizan signos de puntuación, y como signos funcionales, al igual que sucede en los textos del cuerpo principal, se coloca una virgulilla bajo las letras que en el cuerpo del texto se refieren a la notación de puntos determinados de los dibujos. No se han añadido signos de encabezamiento, pero si aparece un signo de llamada, realizado mediante un dibujo a base de puntos, para indicar la continuidad del texto al final del bloque del f. 13v., respecto del principio del bloque del f. 14r. También aparece un signo de final de línea en la penúltima del f. 14r., con dos trazos a modo de “=” que se repite nuevamente, en la última línea del texto.

Proceso de realización

El análisis pormenorizado de los textos contenidos en el bloque principal aporta información interesante en relación al proceso de materialización del cuaderno y a la autoría de los dibujos. En todos los casos en los que el dibujo va acompañado por un título, la tinta empleada su escritura es diferente de la empleada para el dibujo y la numeración

colocada en las dovelas, en los dos casos en los que esta se incluye (la pechina esviada y el arco por esquina y rincón).

En los seis primeros dibujos, que van acompañados de texto explicativo en el folio vuelto anterior, tanto el texto del folio vuelto como la notación de vértices y puntos singulares realizada sobre el dibujo se han realizado utilizando una tinta claramente diferente que las empleadas en las líneas y títulos de los dibujos. Este dato indica que en una primera fase se dibujó la traza, posteriormente se incorporó el título, con una tinta diferente, y en una tercera fase se añadieron sobre los dibujos las notaciones y se escribió el texto explicativo en el folio vuelto anterior⁵⁶.

Este hecho, en unión de la disposición de los dibujos en los folios vueltos anteriores, podría indicar que la intención del autor fue realizar inicialmente todas las trazas, añadir después los títulos y con posterioridad ir incorporando desde el principio del cuaderno, en cada una de ellas el texto explicativo de la construcción realizada y las notaciones sobre el dibujo correspondientes a los puntos y líneas de dicha explicación, tarea que quedó interrumpida por algún motivo en el sexto dibujo correspondiente al arco esviado por testa, a partir del cual no vuelven a figurar en el bloque principal, textos que acompañen los dibujos.

⁵⁶ En el caso concreto del arco abocinado (f. 6r.), incluso llegaron a incorporarse al dibujo simultáneamente a las letras y el texto explicativo, líneas de trazos para trasladar a la proyección horizontal los plomos de las juntas de intradós de testa que no figuraban en el dibujo inicialmente.

TEXTO COMENTADO

Las pechinas

El código comienza con dos trazas correspondientes a lo que en la época se denominaba como *pechina*, que no se corresponde con la acepción actual de la palabra, referida al triángulo curvilíneo o esférico que forma el anillo de la cúpula con los arcos torales sobre los que estriba, sino a lo que en el presente conocemos como trompa.

En el ámbito francés, De L'Orme inicia el cuarto *Libro* de su *Architecture*⁵⁷ con varias trazas, para las que emplea la denominación *la trompe*, en relación a la comparación formal entre el instrumento musical y la superficie del intradós⁵⁸. Perouse (1989, 161), localiza en el Languedoc el origen remoto de la estereotomía renacentista, y establece la aparición de las trompas a mediados del siglo XV, manteniendo su vigencia durante dos siglos como elemento a la moda característico de la arquitectura francesa y española. Los textos franceses del XVII publicados por Jousse (1642), Bosse (1643) y el padre jesuita Derand (1643), incluyen un significativo número de piezas de la familia de las trompas, que aparecen denominadas como *trompe*, y responden al gusto francés por la construcción de este tipo de piezas, en sus diversas situaciones y grados de complejidad, que permite encontrar ejemplos incluso en épocas relativamente recientes⁵⁹.

Sin embargo, los autores de los manuscritos y tratados hispánicos consultados que incluyen trompas se refieren a ellas como *pechinas*. Vandelvira utiliza la denominación *pechinas* para trompas y pechinas, aunque en dos de los casos, relacionados con el ámbito francés, hace referencia al nombre de *trompa*: *la pechina torre redonda llamada trompa de Montpellier* y *Trompa de Montpellier en viaxe*⁶⁰, si bien ambas trazas presentan una particularidad, apuntada por Palacios ([1990] 2003, 23), que las diferencia y pudiera justificar el tratamiento de *trompa*, sus embocaduras se forman por proyección cónica del

⁵⁷ De L'Orme (1567, ff. 89r.-105r.) en el inicio del Libro cuarto, destinado a las trompas, emplea la mayor parte de los folios en la descripción y resolución de la monte de *le plan de la trompe saillie du susdit cabinet du Roy...*, pieza del gabinete de Enrique II en Anet, e incluye otras trazas de trompas a las que denomina *trompe quarrée sur un angle droit*, *trompe qui aura un angle obtus par le devant* y *trompe rempante*.

⁵⁸ Como ha puesto de manifiesto Fallacara (2003), en su estudio formal y geométrico de algunas de las trompas de De L'Orme.

⁵⁹ En relación a las investigaciones recientes relacionadas con las trompas, Fallacara (2012) incluye en el catálogo de dieciséis prototipos de estereotomía moderna, *la trompe biaise en talus rampante dans un encoignure surbiaise* realizada en la Fondation Cubertín en 2003.

⁶⁰ Vandelvira (c. 1585, ff. 6v.-17v.) recoge en el primer capítulo de su *Libro* diversos tipos de trompas a las que denomina *pechinas*, siendo las dos últimas las que hacen referencia a la *trompa de Montpellier*. En el capítulo dedicado a las bóvedas de panta oval incluye una pechina propiamente dicha, la *pechina para capilla oval* (f. 78v.). Ver Palacios ([1990] 2003, 244-247).

arco de medio punto sobre los paramentos verticales frente al resto de los casos formados por la proyección ortogonal del arco sobre la superficie de la pared⁶¹.

Alonso de Guardia (c. 1600, ff. 29v.; 91v.) se refiere indistintamente a trompas y pechinas como *pechinas*⁶²; otro tanto sucede con el manuscrito de Portor y Castro (1708), que contiene diversas trompas y pechinas, nombradas como *pechinas*⁶³.

En la copia que se conserva del manuscrito de Martínez de Aranda (c.1600), no figuran trazas de pechinas, pero como ha puesto de manifiesto Calvo (2000, 1: 4; 1: 98; 2009,11), en el prólogo se hace referencia a que una de las partes, no incluida en la copia, trataba sobre pechinas y bóvedas, y hay referencias en el propio texto a ella que dan a entender que tenía un plan detallado de esa parte del libro, si no había escrito al menos un primer borrador.

Gelabert (1653) incluye en su manuscrito un capítulo dedicado a las trompas, refiriéndose a ellas como *pitxines*⁶⁴; asimismo, el manuscrito 12744 de la BNE contiene trazados de ocho trompas, tituladas como pechinas⁶⁵.

Las trompas son elementos que permiten afrontar elementos volados en la confluencia de dos muros, bien sea en la esquina o en el rincón, cuando en el nivel superior se pretende que el cuerpo de edificación sobrepase en ocupación al inferior, resolviendo los problemas estructurales con soluciones que muchas veces desafían las leyes de la gravedad hasta límites casi extremos⁶⁶.

⁶¹ Para el tratamiento por parte de Vandelvira de las pechinas que se corresponden con triángulos esféricos, de los que no figura ninguna en el código, ver Palacios ([1990] 2003, 250-289). Ver también las recientes investigaciones de Natividad (2012) en relación a la obtención de sus plantillas por parte de Vandelvira.

⁶² Calvo (2015, 415; 436) ha estudiado detenidamente las trazas de Guardia, que incluyen una trompa, la *pechina en rincón por esquina*, y una pechina, la *pechina cuadrada por hiladas en ochavo en vuelta de horno*.

⁶³ El manuscrito las incluye de un modo disperso distribuidas a lo largo del cuaderno y en muchas ocasiones ocupando el reverso de los folios (Carvajal 2011, 214). Ver también Carvajal y Cortés (2013, 165-166) en relación a las trompas incluidas en el manuscrito de Portor y su relación con el posterior cuaderno de Fernández Sarela (1740).

⁶⁴ Ver la transcripción y traducción anotada de Rabasa (2011, 430).

⁶⁵ S.n., c. 1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744. Ver Salmerón (2015, 601).

⁶⁶ Rabasa, (2007 b, 318), las define como bovedillas semicónicas que permiten el apoyo de una cúpula octogonal o circular sobre una base cuadrada y como aparejos adovelados que permiten el vuelo sobre una esquina entrante o saliente o saliendo de un muro. Etlin (2012) habla de las trompas suspendidas en el espacio, y en particular del deleite personal que atribuye a De L'Orme, al ampliar sus trompas voladas, alejando la clave cuatro o seis pies más, para resolverlas mediante un sistema de incremento de compresiones, que intuitivamente resulta contrario al sentido de la estabilidad.

Fig. 39. Trompas rectas, Collégiale Saint-Ours, Loches, 1135-1145⁶⁷.

Fig. 40. Trompa en esquina, Ancien hôtel d'Angoulême, París, 1624⁶⁸.

Fig. 41. Trompa en esquina, Orleans, rue des Pastoureaux.

Fig. 42. Doble trompa en torre redonda, Tours, rue Baleschoux.

En particular han resultado de gran utilidad para resolver la transición en los elementos de planta cuadrada sobre los que se deseaba construir un elemento octogonal o cúpula ochavada. Palacios ([1990] 2003, 23) ha señalado el origen de las trompas en la Persia sasánida, su uso en el mundo romano, la especial significación que tuvieron en la arquitectura bizantina o su empleo como elemento sustentante de los ochavos en los cimborrios medievales para decaer a lo largo del Renacimiento, bien sea por motivos estilísticos, al no ser considerado como un elemento suficientemente “romano”, bien por motivos estructurales, dada la dificultad geométrica para realizar la transición de las

⁶⁷ En relación a la Collégiale de Saint-Ours, ver Ménard (2010).

⁶⁸ El edificio, conocido posteriormente como hotel de Lamoignon, es actualmente la sede de la Bibliothèque Historique de la Ville de Paris. Véase Pérouse (1994, 269-273) y Gady (2008, 180-181).

plantas cuadradas a las cúpulas esféricas, por lo que paulatinamente fueron siendo desplazadas por las pechinas, que respondían más adecuadamente a las cuestiones de estilo, a la par que permitían resolver geométricamente la sintaxis entre los elementos constructivos⁶⁹. Zaragoza (2008, 335) se ha referido a los asombrosos ejemplos de trompas desarrollados por la arquitectura armenia, dotados de una extraña modernidad; con posterioridad López Mozo et al. (2013) publicaron un estudio en relación a diversas pechinas armenias construidas entre los siglos VII y XII, que se apartan de la solución entendida como canónica; y recientemente, Calvo et al. (2015, 316-319) han realizado un estudio en relación a las trompas armenias construidas durante el siglo XI en el monasterio de Sanahin.

Las trompas contenidas en el código corresponden a piezas en las que el intradós es un cono, ya sea de revolución u oblicuo, y están directamente relacionadas con los arcos abocinados, que serán estudiados en un apartado posterior, pues la única diferencia entre ambos tipos de trazas es que mientras que en las trompas, las juntas del intradós se prolongan hasta encontrarse en el vértice del cono, con lo que existe una sola embocadura, en el caso de los arcos abocinados, la superficie cónica del intradós queda interrumpida por el paramento posterior del muro en el que están abiertos, generando la segunda embocadura y convirtiendo el intradós en un cono truncado.

⁶⁹ Fernández Salas, Gómez Martínez y Palacios (2000, 1134), se refieren a la presencia numerosa de trompas en la arquitectura española, como elementos capaces de desviar, a través de su superficie conoidal, los pesos provenientes de muros superiores sobre dos paredes ortogonales y su denominación como bóvedas cónicas en el siglo XVIII.

Pechina cuadrada

Para hacer la pechina cuadrada harás primero la planta señalada con $\ell v o$ y sobre ella la monte C y para hacer la planta de la primera pieza, que todas son iguales, pondrás la una punta del compás en el punto v y alargarás la otra hasta o , y con ella harás una porción de círculo que llegue hasta y . Ahora toma lo que tiene de boca la pieza en la monte y ponerlo has desde o hasta y . Tira las líneas y esa será la planta que sirve a todas las piezas. Ahora la saltarregla de las cabezas será $v o m$.

Fig. 43. *Pechina quadrada*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 2r.

La primera traza contenida en el código [Fig. 43], aparece dibujada en el f. 2r. y está acompañada de un texto explicativo incluido en el f. 1v., por lo que estando abierto el cuaderno, el lector puede observar simultáneamente los textos en el folio izquierdo y los dibujos en el folio derecho. El texto contiene nueve líneas y un signo de encabezado en una

extensión de 15,1 cm. y su caja de escritura queda limitada lateralmente en toda la altura del folio por dos líneas verticales realizadas con grafito que dejan márgenes de 2,9 cm en la parte izquierda y 3,0 cm. en la parte derecha, quedando una columna de escritura en torno a 22,7 cm.

Fig. 44. Pechina cuadrada.

El dibujo aparece titulado en su parte inferior como *Pechina quadrada* y centrado en la parte superior de ambos folios, tanto el correspondiente al dibujo como el que contiene el texto, aparece el mismo signo de encabezamiento. En todas las líneas se ha empleado el tipo de línea continua relativamente gruesa. Sobre la traza se incluye una notación mediante letras que se corresponden con las referidas en las indicaciones del texto explicativo.

En lo referente a las tintas, se han empleado tres diferentes: una de color sepia para todas las líneas del dibujo y para el signo del encabezado, una de color gris claro para escribir el título de la traza bajo el dibujo y una de color gris oscuro para las letras de la notación sobre el dibujo y para el texto explicativo. Se ha utilizado doble proyección ortográfica. Alzado y planta están dibujados de tal modo que la denominada *línea plana*⁷⁰ es común a ambos, se corresponde con la superficie del muro en planta y con la horizontal de las impostas en el alzado.

⁷⁰ Se corresponde con lo que en la Geometría Descriptiva se denomina línea de tierra, que es la recta intersección de los planos horizontal y vertical de proyección.

En el alzado se muestran las dos semicircunferencias concéntricas correspondientes al intradós y el trasdós de la embocadura, cuya separación define el espesor de las dovelas. Ambas están divididas en siete partes iguales y entre ellas se han dibujado los segmentos de radio que se corresponden con las juntas de testa de las dovelas en la embocadura. Mediante líneas auxiliares, los vértices inferiores de las juntas de testa se trasladan hasta la *línea plana*, lo que permite determinar su ubicación sobre la proyección horizontal.

En la planta se dibujan únicamente líneas correspondientes al intradós de la pieza. Determinada la posición del vértice de la trompa, están grafiadas las líneas que lo unen con las impostas del arco de embocadura, que definen las jambas, ortogonales entre sí y las que lo unen con las intersecciones de las líneas auxiliares con la *línea plana*, que definen la proyección de las juntas del intradós de las dovelas. A partir de la imposta derecha, se trazan las líneas que definen la plantilla de intradós obtenida para la labra de las dovelas.

Esta pieza, titulada *Pechina cuadrada* es la trompa cuya geometría es más sencilla. La embocadura se forma con un arco de medio punto en la superficie del muro y el intradós se corresponde con una superficie cónica cuyo vértice se encuentra situado en la horizontal perpendicular a la cara del paramento que pasa por el centro del arco de embocadura y a una distancia de ésta tal que las jambas son ortogonales entre sí y la embocadura forma un ángulo de 45° con ellas. El intradós de la pieza es medio cono de revolución. Esta trompa es la empleada habitualmente para realizar la transición entre un ochavo situado sobre un espacio de planta cuadrada.

La embocadura queda dividida en siete partes iguales, las juntas de testa y los lechos están definidos por un haz de planos radiales respecto al arco de medio punto directriz, que contienen al centro de éste, al vértice del cono y a cada una de las divisiones.

En estas condiciones, la trompa posee simetría radial, por lo que todas las dovelas que la componen son iguales, lo que simplifica notablemente su labra, pues bastará con la obtención de las plantillas y saltarreglas⁷¹ de una de ellas [Fig. 45].

⁷¹ La palabra saltarregla es empleada por los canteros con dos sentidos: uno de ellos se refiere al instrumento formado por dos reglas articuladas cuyo ángulo puede ser ajustado a voluntad; el otro se refiere al trazo que sirve para medir respecto a otro trazo (que normalmente está presente en el dibujo con anterioridad), el ángulo que debe adoptar la saltarregla (el instrumento).

Figura 45. Perspectiva caballera de la trompa recta obtenida a partir del modelo tridimensional de la *pechina cuadrada* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

El texto descriptivo comienza con el trazado de la planta "ABC", sobre la que se debe dibujar la *montea* o alzado con una semicircunferencia cuyo diámetro es "AC" y otro concéntrico a él que pase por "F". A continuación explica el procedimiento para obtener la planta de la primera dovela, indicando que todas son iguales. Para ello se traza un arco de circunferencia con centro en el vértice del cono "B" y radio "BC" siendo "C" el vértice inferior de la embocadura, se toma la cuerda del arco correspondiente a la dovela en la embocadura "CD" y con ella como radio se traza otro arco con centro en "C" que se prolonga hasta que se intersecta con el primer arco en el punto "E". La plantilla obtenida para el intradós de la primera dovela es el triángulo "BCE".

Al ser horizontal el arranque de la pieza, el lecho en la imposta estará en verdadera magnitud en la proyección de la planta, por lo que el ángulo formado por las aristas correspondientes a las juntas de intradós y testa de la dovela o *saltarregla* será el formado por "BC" y "CF", ángulo que será igual para todas las dovelas [Fig. 46].

La plantilla obtenida corresponde a la cara plana triangular cuyos vértices son los extremos de las juntas de intradós en la embocadura y el vértice del cono, o lo que es equivalente, la cara de la pirámide inscrita en el cono cuyos lados de la base coinciden con las cuerdas de la embocadura de las dovelas. La cara del intradós de la dovela es en realidad una porción de superficie cónica, por lo que una plantilla que coincidiera plenamente con su superficie en realidad debería ser obtenida mediante el desarrollo del cono de la trompa, pero en la práctica esto no suponía un problema sustancial de cara al proceso de labra.

El procedimiento empleado se corresponde con un giro que permite la obtención de la verdadera magnitud de la cara plana sobre el plano horizontal empleando como charnela la arista del lecho de la imposta. Se trata de una sencilla construcción, muy correcta, que se corresponde con la obtención rigurosa de una plantilla rígida.

Con ello, se está en condiciones de acometer la labra de la pieza, pues se dispone de la plantilla del intradós, de la *saltarregla* que permite controlar el ángulo de las aristas de intradós con el paramento de la embocadura y de las plantillas de las caras de testa, que se pueden obtener directamente del alzado al estar en verdadera magnitud.

Figura 46. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en la *pechina quadrada* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

La superposición de la traza contenida en el códice con la plantilla obtenida mediante proyección a partir del modelo 3d realizado indican que la precisión obtenida por el autor del códice es más que notable [Fig. 47].

Fig. 47. Superposición de la plantilla obtenida a partir del modelo tridimensional, dibujada en color azul, sobre el dibujo de la *pechina cuadrada* contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Los tratadistas hispánicos que incluyen trompas análogas coinciden en el planteamiento de las juntas a partir del haz de planos radiales, la obtención de la plantilla del intradós de la primera dovela, en el procedimiento empleado para ello mediante el giro tomando como charnela la arista horizontal de la imposta, a partir de la que se dibuja la plantilla obtenida y en la determinación de la *saltrarregla* sobre la verdadera magnitud del lecho de la imposta en la planta, si bien cada uno presenta determinadas particularidades.

Vandelvira (c. 1585, f. 7r.) en la *pechina cuadrada* [Fig. 48], incorpora un dibujo más sencillo que contiene el perímetro de la planta y las líneas de embocadura con las juntas

de testa en el alzado⁷². Incorpora una moldura para las testas planteada sobre la planta en la parte izquierda, divide la pieza en siete dovelas iguales y obtiene la plantilla de la primera dovela de la izquierda, pero presenta una diferencia significativa: en la arista de la plantilla correspondiente a la testa, en lugar de la línea recta que une sus extremos, dibuja el arco con el mismo radio que la embocadura, lo que equivale a aproximarse al desarrollo del cono correspondiente a la superficie del intradós y aporta una mayor precisión respecto a la cara plana que une los vértices de la dovela⁷³. Esta cuestión presenta gran interés, pues indica un punto en el que se produce una evolución desde los métodos del manuscrito a los de Vandelvira, de cuyas plantillas se podría entender que está usando plantillas flexibles, lo que implicaría tener que rectificar el tramo de arco correspondiente a la dovela, cosa muy complicada para la época.

Este hecho, como ya se ha comentado, puede no resultar significativo de cara a la labra de la pieza, pues en la práctica las diferencias entre ambas plantillas es relativamente pequeña y en cualquier caso habrá que considerar el uso de plantillas rígidas o flexibles, sin embargo el desarrollo de conos aporta datos acerca del nivel de conocimiento de cada autor y resultará fundamental en el modo de abordar trazas de mayor complejidad.

El manuscrito 12744 de la BNE contiene la *pechina a medio punto y depeçada* que plantea un ángulo agudo entre las jambas y añade el despiezo de las siete hiladas de dovelas de modo que las juntas verticales entre ellas queden contrapeadas en las hiladas contiguas [Fig. 49]. Incorpora en el alzado las líneas auxiliares que proyectan los vértices de intradós y trasdós hasta la planta y los alzados de las testas de las dovelas interiores incluidas en el despiezo. Sobre la planta dibuja únicamente el perímetro, pero debido al despiezo y al haber dos hiladas diferentes, obtiene las plantillas despiezadas de las dos primeras hiladas de la derecha, que se corresponden con las figuras planas que unen los vértices de sus aristas, es decir, tampoco incorpora el desarrollo de conos.

La traza del manuscrito 12744 de la BNE presenta una significativa similitud en el dibujo, el proceso de resolución, el modo de incorporar la notación, las dimensiones y su posición en el folio, con la *pechina quadrada* del códice.

⁷² En la copia del manuscrito realizada por Felipe Lázaro de Goiti, obrante en la BNE., (Vandelvira [c.1585] 1646, f 12v.), se añade una línea vertical, correspondiente al eje de simetría, desde el vértice de la planta que sobrepasa ligeramente el trasdós del alzado de la embocadura.

⁷³ Ver Palacios ([1990] 2003, 25). Ver también Calvo y Salcedo (2016, 6).

Fig. 48. Alonso de Vandelvira, *pechina quadrada*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 7r.

Fig. 49. *Pechina a medio punto y depeçada*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 8r.

Fig. 50. Joseph Gelabert, *pixina radona*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 104 v.

Fig. 51. Juan de Portor y Castro, *pechina rincón en ángulos rectos por plantas*, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 51v.

Este hecho se extiende también a aspectos de la redacción del texto. Si en el manuscrito 12744 de la BNE aparecen las expresiones [...] *poner la una punta del compás en el punto A y la otra en el punto B* [...] o [...] *hacer con la punta B una porción de círculo como parece la C* [...], en el código se puede leer [...] *pondrás la una punta del compás en el punto u y alargarás la otra hasta o* [...] y [...] *con ella harás una porción de círculo que llegue hasta y* [...]. Vandelvira, cuya traza guarda también cierta similitud gráfica con las otras dos, utiliza una expresión ligeramente diferente [...] *y después poner la punta del compás en la letra A* [...].

Otras trazas análogas son la *pixina radona* de Gelabert (1653, f. 104v.) [Fig. 50], que plantea la trompa dividida en once dovelas y obtiene como plantilla el triángulo de los vértices de la pieza⁷⁴ y la *pechina rincón en ángulos rectos por plantas* de Portor y Castro (c.1708, f. 51v.) [Fig. 51], que divide la pieza en cinco dovelas, emplea el procedimiento del desarrollo de conos e incorpora desarrolladas sobre la planta las plantillas de las dos primeras dovelas de la parte izquierda, con sus correspondientes saltarreglas, que se obtienen por triangulación, aunque dado que todas las dovelas son iguales, con la plantilla de una de ellas bastaría para acometer la labra. Portor plantea en la planta el trompillón, pieza de remate que soluciona en una única dovela la trompa en la zona del vértice del cono y sirve para evitar las zonas con ángulos excesivamente agudos que habría que labrar si todas las dovelas confluyeran en el vértice.

En el ámbito francés, De L'Orme (1567, f. 100v.) incorpora la *trompe quarrée sur un angle doit* con la división de la pieza en siete dovelas de tal modo que la clave resulta de menor tamaño que las seis restantes [Fig. 52]. Para la obtención de las plantillas o *paneaux* plantea un procedimiento de mayor complejidad que el empleado por los tratadistas hispánicos, que pretende ser extensivo a trompas cuyas jambas formen ángulos agudos u obtusos.

Los tratadistas del XVII también incorporan la traza que responde a características similares. La *trompe droite par devant dans un angle droit*, de Jousse (1642, 78) [Fig. 53], recuerda en su dibujo, despiece y modo de obtener las plantillas, a las soluciones de Vandelvira y del códice, con la particularidad de incluir en la plantilla del intradós, la cara plana formada por los vértices, y el arco correspondiente al desarrollo del cono.

Bosse (1643, pl. 78) incluye una magnífica perspectiva de la *trompe a simple face plate* [Fig. 54], para solucionar constructivamente mediante una trompa de once dovelas, la disposición de una habitación sobre el espacio correspondiente al encuentro en ángulo de dos muros.

La traza que propone Derand (1643, 209), *trompe droite par devant et fondamentale*, que reduce a cinco el número de dovelas [Fig. 55], difiere en el procedimiento, pues parte del desarrollo completo de la superficie cónica de intradós y trasdós, a partir de la que se van situando las plantillas del intradós y las saltarreglas de todas las dovelas, a pesar de que todas ellas son iguales, en un planteamiento similar al que incluiría posteriormente Portor, ya mencionado.

⁷⁴ Véase el estudio y análisis de Rabasa (2011, 282-283).

Fig. 52. Philibert de L'Orme, *trompe carrée sur un angle droit*, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 100v.

Fig. 53. Mathurin Jousse, *trompe droite par devant dans un angle droit*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 78.

Fig. 54. Abraham Bosse, *trompe a simple face plate*, *La pratique du trait a preuves de M. Desargues ...*, 1643, pl. 78.

Fig. 55. François Derand, *trompe droite par devant et fondamentale*, *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 209.

Dos de los ejemplos contruidos significativos que responden al modelo han sido citados por Palacios ([1990] 2003, 28): la trompa avenerada situada sobre la fachada del piecero en el Convento de San Esteban de Salamanca, y la perteneciente a la fachada norte de la catedral de Segovia, ambas despiezadas en siete y cuatro planos verticales respectivamente.

En la Capilla del Condestable de la Catedral de Burgos, construida entre 1482 y 1492, Simón de Colonia incluyó unas trompas [Fig. 56], a las que Gómez Martínez (2001, 358-359), considera un punto de inflexión entre la versión gótica o *trompa nervada*, y la trompa renacentista, que recupera las formas clásicas, desarrollada sobre la actualización de la tradición medieval.

Fig. 56. Simón de Colonia, trompa recta, capilla del Condestable, catedral de Burgos, 1492.

La iglesia parroquial de Santiago el Real en Logroño, posee dos magníficos ejemplos de trompas [Fig. 57], situadas en los pies, que posibilitan la transición de la planta rectangular de la nave, hacia la bóveda semi-ochavada de crucería que remata el último tramo⁷⁵.

De época posterior son las trompas del Puente Viejo de Murcia, cuya construcción propuso Jaime Bort, modificando el proyecto inicial de Toribio Martínez de la Vega, para mejorar la circulación de los carruajes en los accesos. La propuesta figuraba en un informe elevado a la Junta del Puente en el que hacía referencia al *famoso arquitecto Anet*, como inventor de *esa clase de obra*, en una alusión directa, pero imprecisa, a las trompas levantadas por De L'Orme en el Castillo de Anet, pues Bort confunde a De L'Orme con su obra y a Enrique II de Francia con su hijo (De la Peña 2001, 244-250; 262-263).

La situada en el costado oriental es la que se encuentra en mejor estado [Fig. 58], y a pesar de la referencia del autor a trompa de Anet, su geometría, según el levantamiento fotogramétrico realizado por Calvo (2006), se corresponde con una embocadura cuya directriz es un arco elíptico rebajado, por lo que está más relacionada con una trompa recta, que con la trompa volada de De L'Orme⁷⁶.

⁷⁵ Para la Iglesia de Santiago en Logroño, véase Moya et al. (1976, 317-322). Ver también Castro (1915-16, 1: 129-132; 2: 37-42).

⁷⁶ Calvo y Salcedo (2016, 5), relacionan su forma con la pechina sarpanel de Valdelvira (c. 1585, f. 7v.). En relación a la estereotomía de las trompas del Puente Viejo, ver además el estudio específico de Calvo (2006). En relación a la datación, autorías e historia del Puente, ver también Hernández Albaladejo (1978).

De la Peña (2001), aporta los datos y documentos los documentos relativos a su construcción, y realiza su transcripción. En relación a los conocimientos en estereotomía de Toribio Martínez de la Vega, que lo proyectó en 1703, se refiere su conocimiento de los tratados de Fray Laurencio de San Nicolás; Juan de Torrija; Cristóbal de Rojas; Caramuel; Tosca, al que conoció durante la construcción; así como los de De L'Orme; Derand, Bullet y Jousse. (p. 87). Asimismo, pone de manifiesto el informe que realiza Jaime Bort en 1740 en el que expone la necesidad de realizar las trompas, a las que denomina *porciones de bóvedas cortadas*, con el fin de extender el derrame de la salida del puente, haciendo referencia a De L'Orme como el *arquitecto Anet* (pp. 245-246). También resulta de interés la denominación que se le da a las trompas, cuando se la pagan a Bort sus trabajos, denominándolas como *chapinas* (p. 250).

Fig. 57. Trompa recta, Iglesia parroquial de Santiago el Real en Logroño, 1513-1550.

Fig. 58. Jaime Bort, trompa, Puente Viejo de Murcia, 1742.

Pechina esviada

*La pechina en viaje se traza de la forma siguiente: que hecha la planta **γ y o** y sobre la línea plana **o y** hacer la montea del arco **o y n** y repartirse han las dovelas que aquí son siete, y bajar los plomos y trasplomos a la línea plana y tirar los avances de las piezas en la planta. Ahora para trazar las plantas y saltarreglas tomarás lo que hay desde **o** hasta **γ** ~~y sin~~ quitar la punta del compás del punto **o**, lo llevarás a la línea plana y llega hasta **v m**. Capialza lo que avanza la primera pieza desde **m** hasta **ℓ** ponlo desde **m** hasta **v**. Toma lo que tiene la pieza de boca y ponlo desde **v** hasta **u** y para la saltarregla tomarás lo que hay desde **γ** hasta **q** y lo pondrás en la línea plana y llega hasta **s**. Capialza lo que levanta por el trasdós, que es en **t** y esta cantidad ponla desde **m** hasta **p**. Haciendo una porción de círculo toma lo que tiene la pieza por su tirantez, que es **t ℓ** y ponlo desde **v** hasta **p** y esa será la saltarregla de la cabeza para el sobrelecho de la pieza 7 y para lecho de la pieza 6 y con eso habrás trazado la primera pieza y de la misma manera trazarás las demás como lo experimentarás con el compás en la mano.*

Fig. 59. Pechina esviada.

Fig. 60. *Pechina en biaje*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 3r.

Esta segunda traza, correspondiente a una trompa con esviaje [Fig. 60], está dibujada en el f. 3r., y el texto que la describe figura en el f. 2v., lo que permite observar simultáneamente ambos con el códice abierto.

La caja de escritura, al igual que en la traza anterior aparece limitada en ambos lados por dos líneas verticales a lo largo de todo el folio, que dejan márgenes de 4,0 cm en la parte izquierda y 2,7 cm. en la parte derecha, quedando una columna de escritura para el texto de 21,8 cm., pero la parte superior de la línea izquierda aparece con doble trazo, motivado por haberla redibujado o repasado. Contiene veintidós líneas de escritura y el signo de encabezado, en una altura de 31,2 cm., más una anotación de cinco líneas, situada en el margen izquierdo, entre las líneas decimoprimera y decimotercera, fuera de la línea que delimita la caja.

El dibujo incorpora centrado en la parte superior el mismo signo de encabezado que el texto, igual al empleado en el dibujo y el texto de la trompa recta, y bajo él queda escrito el título, *Pechina en viaje*. Como en la traza precedente, todas las líneas empleadas en el dibujo son continuas y relativamente gruesas, y sobre la traza se han incorporado dos sistemas de notaciones: una numérica, en la que las dovelas y sus plantillas quedan ordenadas del uno al siete y una segunda mediante letras situadas sobre los vértices y puntos que están referenciados en las explicaciones del texto adjunto.

Se observa la existencia de tres tintas diferentes: una de color gris medio, empleada para escribir el título y su signo de encabezamiento; otra de color sepia empleada para la notación numérica de las dovelas y para dibujar todas las líneas de la traza, y una tercera tinta de color gris más oscuro que se ha empleado en las letras de la notación de los dibujos y en el signo de encabezado y el texto explicativo.

La traza se ha dibujado mediante una doble proyección ortográfica en la que alzado y planta concurren en la *línea plana*⁷⁷, que se corresponde con el paramento del muro en la planta y con la horizontal del arranque de la trompa en la monte. Para el dibujo del alzado se emplea el mismo procedimiento señalado en la traza precedente, trazando los arcos de embocadura mediante dos semicircunferencias concéntricas, que indican la rosca o espesor de las dovelas, divididas cada una en siete partes iguales, con los segmentos de los radios que unen cada par de puntos de la división, que completan la definición de las

⁷⁷ Línea de tierra.

testas. Mediante líneas auxiliares se trasladan perpendicularmente a la *línea plana* los extremos de las juntas de testa⁷⁸.

La planta está definida por la posición del vértice en el que se intersectan las jambas, perpendiculares entre sí y por la proyección horizontal de las juntas del intradós. Sobre ella las dovelas quedan numeradas del uno al siete, comenzando por la situada más a la izquierda.

El conjunto de alzado y planta ocupan las partes superior y central del folio. Hay otros dos dibujos independientes que se corresponden con las plantillas de las caras del intradós de las dovelas, sobre las que se incluyen las saltarreglas de cada una de ellas. En la parte inferior del folio está dibujado el desarrollo de las plantillas de las dovelas 1 a 5 y a su izquierda aparece el desarrollo de las plantillas de las dovelas 6 y 7.

La pieza, titulada *pechina en viaje*, que completa las dedicadas a las trompas, aumenta la complejidad de la pieza incorporando la oblicuidad del eje del cono respecto del muro. La embocadura, al igual que en el caso anterior, se forma mediante la proyección ortogonal de un arco de medio punto sobre la superficie del paramento. Las jambas forman entre sí un ángulo recto, pero en este caso la bisectriz de dicho ángulo no es perpendicular al plano de la embocadura, sino que presenta esviaje. La superficie del intradós es un cono cuyo vértice está situado en el encuentro de las jambas y a la misma altura que el centro del arco directriz. Por tanto, el eje del cono, que pasa por ambos puntos, vértice y centro, es oblicuo respecto al plano vertical de la embocadura, que contiene una sección circular de la superficie cónica, lo que implica que no se trata de un cono de revolución, como en la traza precedente, sino que se plantea un cono elíptico.

El reparto del dovelaje está realizado de tal modo que la embocadura queda dividida en siete partes iguales, las juntas de testa se corresponden con radios de la semicircunferencia directriz y los lechos quedan definidos por el haz de planos que contienen a cada uno de sus radios y a la horizontal que pasa por su centro y por el vértice del cono [Fig. 61]. El esviaje de la trompa hace que no exista simetría y que las siete dovelas sean diferentes, por lo que para acometer su labra se deben obtener las plantillas de las caras de intradós y las saltarreglas de cada una de las dovelas.

⁷⁸ En el caso de la trompa recta se determinan exclusivamente los *plomos* del intradós, necesarios para dibujar la planta, pero en este caso, al presentar la pieza un esviaje, todas las dovelas son diferentes, por lo que es necesaria la obtención de los *plomos* del trasdós para determinar las saltarreglas, como se verá más adelante.

Figura 61. Perspectiva caballera de la trompa oblicua obtenida a partir del modelo tridimensional de la *pechina en biaje* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

La explicación del texto comienza con las instrucciones para dibujar el perímetro de la planta "ABC", con las jambas, la embocadura, coincidente con la *línea plana*, la *montea* o alzado con la semicircunferencia de diámetro "BC" y otra concéntrica a ella equidistante el espesor de las testas, que han de ser repartidas en las siete dovelas, tras lo que se deben *bajar los plomos y trasplomos*, es decir, trazar las perpendiculares desde los extremos inferior y superior de los radios que determinan las juntas de las testas hasta la *línea plana*. A continuación sobre la planta se deben unir los puntos correspondientes al intradós obtenidos con el vértice del cono "A", lo que el autor del código denomina *tirar los avances*.

El texto prosigue con el procedimiento para la obtención de la plantilla del intradós de la dovela número 7, que es la inferior situada en la parte izquierda. La plantilla a obtener es la correspondiente al triángulo cuyos vértices se son los del intradós de la dovela.

Para la obtención de la referida plantilla se emplea el procedimiento de la triangulación a partir de la determinación de las longitudes de los tres lados del triángulo [Fig. 62]. El primero de los lados es el correspondiente a la arista de la imposta "AC", que en la planta está en verdadera magnitud, por lo que su longitud puede ser trasladada directamente a la plantilla en "NM".

El segundo lado corresponde a la arista inferior del lecho entre las dovelas 6 y 7 que en planta se proyecta como "AE". El recurso empleado en el código consiste en realizar un giro de la recta "AE" tomando como charnela una vertical que pasa por uno de sus extremos, el punto "E", hasta convertirla en una recta frontal, es decir, con su proyección en planta paralela al plano vertical de proyección, lo que en el dibujo equivale a hacerla concurrente con la *línea plana*. Con el giro, el punto "E" mantiene su posición en la planta, mientras que el punto "A" pasará a ocupar la posición "F" sobre la línea plana.

En el alzado, el punto "F" estará a la cota de la imposta, mientras que el otro extremo de la recta, que en planta es el punto "E" está situado a la altura del intradós de la testa de la primera dovela, que corresponde con el punto "K". La proyección vertical de la arista es ahora "FK" y está en verdadera magnitud en la *montea* o alzado, por lo que su longitud "r" es conocida y puede ser trasladada a la plantilla haciendo un arco de radio "r" con centro en "N".

Figura 62. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en la *pechina en biaje* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

El tercer lado es la cuerda entre los vértices de la testa de la dovela "CK" cuya longitud se puede tomar directamente del alzado y con ella como radio, hacer en la plantilla un arco con centro en "M" que se intersectará con el arco anteriormente dibujado en el punto "G", con lo que queda definida la planta del intradós "NMG".

Determinada la planta, la testa de la dovela se puede obtener directamente de la monte, pero para poder proceder a la labra de la dovela es necesario conocer además la saltarregla, el ángulo que forman las aristas de intradós y testa correspondientes al lecho entre las dovelas 6 y 7. Para ello se plantea de nuevo el procedimiento de triangulación mediante la obtención de la longitud de la diagonal del lecho. El primero de los lados del triángulo tiene una longitud ya conocida, pues se trata de la arista del intradós de longitud "r" dibujada en la plantilla como "NG".

El segundo de los lados es la diagonal desde el vértice del cono hasta el vértice exterior de la testa, que en alzado corresponde con el punto "J" y en planta con el punto "H", por lo que la proyección en planta de dicha diagonal será la recta "AH". Para determinar su longitud se plantea el mismo procedimiento que en el caso anterior, se gira la recta en planta alrededor de una vertical que pasa por "H", de tal modo que el punto "A" pasa a la posición "I" sobre la *línea plana*. La recta "IJ" será la proyección de alzado de la diagonal, que está en verdadera magnitud, que permite medir su longitud "s" y trazar sobre la plantilla un arco con centro en "N" y radio "s".

El tercer lado del triángulo es la junta de testa "JK" de longitud "t". Dibujando sobre la plantilla un arco de radio "t" con centro en "G" que se interseca con el arco dibujado anteriormente de radio "s" en el punto "L", lo que permite determinar la saltarregla, que corresponderá con el ángulo formado por las rectas "NG" y "GL". Se indica que debe seguirse un procedimiento análogo para el resto de las piezas.

El desarrollo dibujado corresponde con el de la pirámide inscrita en el cono elíptico del intradós de la trompa cuyos vértices son el vértice del cono y los extremos inferiores de las testas.

Se aprecia una falta de concordancia y una aparente contradicción entre el texto que acompaña la traza y el modo en el que está resuelta la obtención de la plantilla en los dibujos. Al describir el giro de la arista de la imposta, el texto indica que se debe tomar en la planta la distancia entre los puntos "A" y "C" y sin quitar la punta del compás de "C" trasladar esa distancia a la *línea plana*, que llegará desde "N" hasta "M", pero "NM" en el dibujo se corresponde con la arista de la plantilla, no con la planta. El giro que debería

realizarse es el de recta "EA", que llegaría en la planta desde "E" hasta "I", pero el punto "E" carece de notación en el dibujo y para el punto "I" se ha empleado la misma notación que para el punto "N", lo que puede incidir en la confusión.

Como ya se ha apuntado, el hecho de que se hayan empleado tres tintas diferentes, una para el título; otra para el dibujo y la notación numérica; y otra para el texto explicativo y para las letras de la notación sobre la planta indica, en base a la hipótesis ya formulada, que en un primer momento se realizaron los dibujos del bloque principal del cuaderno y posteriormente se incorporaron los títulos, las notaciones y los textos explicativos. En el texto falta la referencia concreta al giro en planta de la primera arista, cuando en el dibujo está correctamente realizado y además el resto del procedimiento también queda claramente explicado.

Se plantean dos posibles hipótesis que explicarían esta situación, la primera y más probable implicaría que el autor del código estuviera copiando el texto de otro previo y omitiera por error una o varias líneas de la escritura, las que indicarían en primer lugar el transporte de la longitud de la imposta a la plantilla y a continuación el comienzo de la operación del giro de la arista, pues el texto incluye el comienzo de la primera y el final de la segunda.

Esta hipótesis queda reforzada por dos hechos, que en la frase [...] ~~y sin~~ *quitar la punta del compás del punto o* [...] las palabras [...] *y sin* [...] estén tachadas y las palabras [...] *del punto o* [...] estén sobrescritas rectificando las palabras [...] *de la linia* [...]. Es decir se ha rectificado la frase inicialmente escrita [...] *y sin quitar la punta del compás de la linia* [...] para dejarla con la redacción [...] *quitar la punta del compás del punto o* [...]. El otro hecho que la refuerza es la anotación marginal que figura fuera de la caja de escritura a la izquierda, en la zona central del folio, con la frase *toma lo que tiene la pieza de boca y ponlo desde v hasta u quitar la punta del compás del punto o*, que pudiera corresponder a otra línea de escritura obviada al copiar el texto.

Una segunda hipótesis, más improbable, implicaría que el autor escribió directamente el texto a partir de los dibujos de la traza y cometió los errores y omisiones indicados al redactarlo, que intentó subsanar posteriormente con las adiciones y rectificaciones.

Se ha realizado un modelo tridimensional de la trompa representada en el código, a partir del cual se han obtenido las plantillas de las caras de intradós de las dovelas y las saltarreglas, trasladando los resultados a una proyección bidimensional. Se ha realizado una superposición de los resultados obtenidos sobre el dibujo contenido en el código, lo

que permite apreciar la notable precisión con la que el autor obtuvo las plantillas, a pesar de las limitaciones de los instrumentos de traza empleados en la época [Fig. 63].

Fig. 63. Superposición de la plantilla obtenida a partir del modelo tridimensional, dibujada en color azul, sobre el dibujo de la *pechina en baje* contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Los autores estudiados que incluyen en sus tratados piezas análogas a la trompa oblicua presentan una coincidencia casi plena en el modo de determinación de las plantillas y las saltarreglas, mediante triangulación, obteniendo las longitudes de los lados de la planta triangular de la dovela o las diagonales de los lechos, mediante el giro en planta de la arista correspondiente hasta ponerla en posición frontal, que las muestra en alzado en verdadera magnitud, es decir, optan por desarrollar la pirámide inscrita en los vértices del intradós.

En el caso de Vandelvira (c. 1585, ff. 9v.; 10r.) se plantean dos versiones de la misma trompa esviada: la *Pechina en biaxe* [Fig. 64]; y la *Pechina en biaxe despezada* [Fig. 65]. La diferencia entre ambas radica exclusivamente en que en el segundo caso, las dovelas impares quedan despiezadas por un plano vertical que pasa por su punto medio⁷⁹. En los alzados se muestran las testas, las líneas auxiliares que proyectan sus vértices sobre la línea plana y la numeración de las siete dovelas en que se descompone la pieza. En el caso de la despiezada se incorpora además el alzado intermedio por el plano seccionador. En planta se dibuja el perímetro de la trompa y la línea que une el centro de la embocadura con el vértice del cono. La pieza queda dividida en siete dovelas. Las plantillas obtenidas, que corresponden con las caras de la pirámide inscrita en la trompa, se dibujan desarrolladas directamente sobre la planta, a partir de la imposta derecha, quedan igualmente numeradas y sobre ellas se incorporan las saltarreglas.

Hay que significar una coincidencia en la expresión [...] *y por la misma orden se an de traçar las demás como berás con el compás en la mano* [...], que Vandelvira (c. 1585, f. 7v.) incluye en la *pechina sarpanel* a la que se remite la resolución de la *pechina en biaxe*, respecto del modo en el que finaliza el texto de la *pechina en biaje* del código [...] *y de la misma manera trazarás las demás como lo experimentarás con el compás en la mano* [...].

En el manuscrito 12744 de la BNE⁸⁰ está incluida la *pechina en viaxe despeçada* [Fig. 66], coincidente con las anteriores en la división en siete dovelas, en la numeración que en este caso incluye también las juntas de testa y las saltarreglas, y en el modo de dibujar planta y

⁷⁹ Palacios ([1990] 2003, 34-37) explica el procedimiento empleado por Vandelvira para la obtención de las plantillas. Respecto a la *pechina esviada*, la copia del manuscrito realizada por Felipe Lázaro de Goiti, obrante en la BNE., (Vandelvira [c. 1585] 1646, f. 15r), al margen de corregir la ortografía del título, escribiéndolo como *Pechina en viaje*, omite la numeración de las dovelas, tanto en la planta como en el alzado, y añade la notación "A" en la planta, en la zona derecha; en la *pechina esviada despiezada* (Vandelvira [c. 1585] 1646, f. 15v), igualmente modifica la ortografía del título, con la denominación *Peçhina en viaje despeçada* e incorpora sobre la planta las líneas correspondientes a las aristas del intradós.

Ver también el análisis del procedimiento de Vandelvira realizado por Calvo y Salcedo (2016, 6-7).

⁸⁰ S.n., c. 1600. Manuscrito de arquitectura y cantería, Madrid, B.N.E., Mss. 12744, f. 7r.

alzado, con el matiz de que las jambas no forman ángulo de 90 grados, sino un ángulo agudo. En la planta se dibujan las juntas del intradós y las plantillas con sus correspondientes saltarreglas se dibujan desarrolladas sobre la ella en dos partes, en la parte derecha las dovelas uno a cuatro y en la parte izquierda las dovelas cinco a siete. Se plantea un despiece mediante dos planos verticales situados a un tercio y dos tercios de la panta, de tal modo que cada dovela queda dividida en dos partes pero las juntas de dovelas contiguas quedan contrapeadas⁸¹.

Fig. 64. Alonso de Vandelvira, *Pechina en biaxe*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 9v.

Fig. 65. Alonso de Vandelvira, *Pechina en biaxe despezada*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 10r.

Fig. 66. *Pechina en viaxe despezada*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 7r.

Fig. 67. Joseph Gelabert, *pixina radona biaxe*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 107r.

⁸¹ En relación a esta traza, ver Salmerón (2012, 47-472)

Gelabert (1653, f. 107r.) incluye la *pitxina radona biaxa* [Fig. 67], trompa oblicua dividida en siete dovelas, que incluye un trompillón, y presenta la particularidad, mencionada por el autor como fineza añadida, de añadir la obtención de las saltarreglas en los puntos medios de cada dovela, para incrementar la precisión debido a la curvatura de las piezas. Para Gelabert *si un maestro construyese una pechina como esta, y sacase bien la traza, y trabajase con precisión, podría presumir de haber hecho una obra perfecta*⁸².

El manuscrito de Portor y Castro (c. 1708, f. 62v.) incluye la *Pechina rincón en viaje por plantas*, que presenta un arco de embocadura escarzano. La trompa se divide en cinco dovelas, el ángulo entre las jambas es agudo y posee un trompillón para cuya labra se incluye la sección por el plano vertical que lo separa de las dovelas. Las plantillas se obtienen por el mismo procedimiento de giros y triangulaciones ya referido, pero se incrementa la precisión en la determinación de las plantas al hallar para cada dovela la posición de su punto medio de embocadura sobre el desarrollo y trazar un arco que pasa por él y por los dos vértices, lo que aproxima la solución al desarrollo del cono.

De los autores franceses, es Jousse (1642, 98) el que incluye una trompa esviada de similares características, la *trompe biayse a son plain Cintre, par devant l'Angle aigu* [Fig. 69], dividida en cinco dovelas, muy similar a la mencionada de Vandelvira, con la que coincide tanto en el procedimiento de obtención de las plantillas como en el modo de dibujarlas en desarrollo, con sus saltarreglas.

Fig. 68. Juan de Portor y Castro, *pechina rincón en viaje por plantas*, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 62v.

Fig. 69. Mathurin Jousse, *trompe biayse a son plain Cintre, par devant l'Angle aigu*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 98.

⁸² Rabasa (2011, 290-291), incluye la imagen de la traza, el texto que la acompaña y una perspectiva de la pieza que se corresponde con la trompa planteada.

Algunos ejemplos de trompas esviadas se pueden observar en la catedral de Sevilla, en la Sacristía Mayor, talladas en venera, y en la Sacristía de los Cálices, de superficie lisa, que permite ochavar sus extremos, así como en el Monasterio de la Espina, en Valladolid, cuya trompa también está avenerada y tallada⁸³.

La capilla de la Inmaculada, en la catedral del Salvador y Santa María de Orihuela contiene dos trompas ligeramente esviadas [Fig. 70], colocadas simétricamente respecto del eje de la capilla, formadas por once hiladas despiezadas, que posibilitan la transición de la planta rectangular en la base, mediante los chaflanes en las esquinas, hacia la bóveda nervada semi-ochavada que la cubre. Otro ejemplo cuya escala se aproxima a la traza contenida en el código, es la trompa existente en la fachada de la catedral de Santa María la Maior o da Sé de Lisboa [Fig. 71], realizada con en siete dovelas sin despiezo para resolver el encuentro en ángulo de dos muros, en uno de los cuales era necesaria la apertura de una puerta coincidente con el plano del otro⁸⁴.

Un ejemplo de este tipo de traza lo constituye la trompa situada en la parte occidental del puente viejo de Murcia [Fig. 72], aguas abajo. Según se desprende del memorial que su proyectista, Jaime Bort, elevó a la Junta del Puente, cuya transcripción íntegra está contenida en De la Peña (2001, 245-246)⁸⁵, el autor se refiere a una trompa recta de directriz circular, [...] *y a este fin tengo dispuesto cortar los ángulos rectos, que forman los ramales de los barandados, y hacer por uno y otro costado unas porciones de bóvedas cónicas cortadas verticalmente en figura circular* [...]. Sin embargo, a pesar de su elevado grado de deterioro, la trompa manifiesta claramente un cierto esviaje, y aún es posible apreciar el arco rebajado que constituía su directriz⁸⁶.

⁸³ Ver Palacios ([1990] 2003, 36-37). Para la sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla, véase Chueca (1953b, 244-245) que plantea la cuestión de la posible concepción estructural por parte de Diego de Siloé y su ejecución a cargo de Martín de Gaínza; Nieto, Morales y Checa (1989, 138) le atribuyen su autoría a Diego de Riaño y mencionan las trompas aveneradas; Sarthou y Navascues (1998, 273-283) que datan la construcción entre los años 1532-1543; Ver también Sierra (2000); (2012, 348) que sitúa el comienzo de las obras en 1535. Ver también Morales (1984). Para la sacristía de los Cálices, Nieto, Morales y Checa (1989 137-138), hacen referencia a que Diego de Riaño, designado Maestro Mayor de la Catedral en 1528, debería hacerse cargo de ella, que estaba inconclusa, e incorporó las bóvedas, que finalmente fueron terminadas por Martín de Gaínza; ver además Valdivieso (1991). Para el Monasterio de la Espina, ver Antón (1916, 185-224).

⁸⁴ En relación a la Catedral de Orihuela, véase Chueca (1953b, 272-276); Sarthou y Navascues (1998, 199-201); Cañestro (2014). Para la Sé de Lisboa, Sequeira (1930). Ver también Sucena (2004).

⁸⁵ El Memorial figura en el Archivo Municipal de Murcia, legajo 2839, Juntas 1731-1742, ff. 200-201.

⁸⁶ La misma opinión respecto del esviaje manifiestan Calvo y Salcedo (2016, 5-7) que analizan la trompa oblicua y la relacionan con los procedimientos de Vandelvira (c. 1585, f. 7r.) y sobre todo con De la Rue (1728, 38; lam. 36), al que consideran como una fuente probable de Bort, con su solución de considerar previamente una trompa recta que envuelva a la oblicua, obtener unas plantillas provisionales y posteriormente recortarlas por planos perpendiculares al eje de la pieza, que pasan por los vértices de la dovela oblicua. Ver además, Calvo (2006, 139); Hernández Albaladejo (1978, 117-118) y De la Peña (2001, 245-246).

Fig. 70. Trompa esviada, Capilla de la Inmaculada, catedral de Orihuela, s. XVI.

Fig. 71. Trompa esviada, catedral da Sé, Lisboa.

Fig. 72. Jaime Bort, trompa esviada, Puente Viejo de Murcia, 1742.

Los arcos

A continuación de las trompas, con la salvedad de los dos dibujos de alzados del orden toscano copiados de la *Regola delli Cinque ordini d'Architettura* de Vignola ([1562] 1593) que aparecen intercalados en los ff. 4r. y 5r., aparece el segundo conjunto de trazas contenidas en el código, dedicado a los arcos, de modo análogo a la ordenación de los capítulos en el *Libro de trazas* de Alonso de Vandelvira (c. 1585).

La traza de un arco pretende, por lo general, proporcionar una solución constructiva y a la vez estructural, cuando se precisa realizar la apertura de un hueco en un muro. El modo que presenta menos problemas de planteamiento y por tanto de labra consiste en proyectar un arco de medio punto ortogonalmente a un muro recto y vertical de espesor uniforme. En estas condiciones, se obtendrían como testas dos semicircunferencias iguales en ambas embocaduras, las jambas del arco serían paralelas entre sí y perpendiculares a las testas y la superficie del intradós se correspondería con un semicilindro de revolución. El haz de planos que definen los lechos, o superficies de las dovelas que sirven de apoyo a la dovela contigua, puede ser radial. Si el dovelaje se plantea dividiendo el arco de embocadura en partes iguales, todas las dovelas serán asimismo iguales y la labra de las piezas no presentará dificultad.

A partir de este modelo más sencillo, conforme se vayan modificando las condiciones geométricas de los muros, jambas o superficie de intradós, el arco adquirirá mayor complejidad y requerirá el empleo de mayores recursos previos a partir de la traza, para la obtención de los elementos que posibiliten la labra de las dovelas, conforme a su precisa geometría, con carácter previo a su colocación en la construcción.

El primer grado de complejidad lo constituyen los arcos oblicuos o esviados⁸⁷. En el caso de que ambas jambas sean paralelas pero oblicuas a las testas, el mantenimiento de un intradós cilíndrico de revolución implicaría que los arcos de embocadura sean semielipses. Si se quieren mantener arcos de medio punto en las embocaduras, entonces el intradós sería un cilindro de sección recta elíptica, solución planteada por Vandelvira, que dispone los lechos en la dirección del eje del cilindro.

⁸⁷ En relación a las características y diferentes disposiciones de los arcos esviados, pueden consultarse los interesantes estudios realizados por Calvo (2004, 124-128), Palacios ([1990] 2003, 63) y Rabasa (1994, 145-153; 1996b, 18-29; 2000, 302-324) que contiene una completa visión del modo en que la tratadística de cantería ha abordado el problema del arco oblicuo, con especial incidencia en el paso oblicuo o *biais passé* y en el arco oblicuo en el que únicamente una de las jambas presenta derrame, conocido como *cuerno de vaca*. Ver también García Baño, Natividad y Calvo (2013).

Una solución alternativa, denominada en la tratadística francesa *biais passé*, ya parece estar sugerida en un dibujo de los recogidos en el cuaderno de Villard de Honnecourt (c. 1225, pl. XXXVIII) [Fig. 73], aunque su interpretación no resulta del todo clara⁸⁸, que más adelante aparece expuesta por De L'Orme (1567, 67v.-69r.) de manera confusa [Fig. 74], y de un modo más clarificado en tratadistas posteriores (Martínez de Aranda c. 1600, 15-16)[Fig. 75]; (Guardia c. 1600, 70v.; Jousse 1642, 14-15; Derand 1643, 122-124; De la Rue 1728, 26-27). Rabasa (2000, 302-324) ha estudiado y explicado esta solución, en la que se plantea el despiece mediante un haz de juntas convergente en una perpendicular a las testas y el intradós se resuelve con una superficie reglada cuyas generatrices apoyan en ambos arcos de embocadura.

Fig. 73. Villard de Honnecourt, *ar chu tail om vosure destor de machonerie roonde* y *ar chu tail om vosure besloge*, Album. C. 1225, pl. XXXVIII.

Fig. 74. Philibert de L'Orme, *biais passé*, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 69.

Fig. 75. Ginés Martínez de Aranda, *arco viaje contra viaje por plantas y robos*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f. 15.

⁸⁸ El dibujo se acompaña de la inscripción en picardo *par chu tail om vosure beslogue*, debido a un dibujante denominado por Barnes (Villard 2009, 130; 132) mano 4. En relación con la interpretación del dibujo, ver Branner (1957, 61-62); Sanabria 1984 (36-38); Lalbat et al. (1987, 387-397); Villard (1979, 120); Bechman (1991, 169-175).

La propuesta de Vandelvira provoca que las resultantes de los empujes sean oblicuas a la dirección del muro, lo que implica que se produzca el efecto denominado empuje al vacío, cuyos efectos pueden llegar a ser críticos en función de las dimensiones arco y muro. El *biais passé* resuelve este problema, pues al estar los lechos dispuestos ortogonalmente a las testas, los empujes se producen en la dirección del muro.

Si además las jambas o las testas no son paralelas entre sí, los arcos de embocadura no serán iguales. En este caso los diferentes autores plantean resolver la pieza bien mediante superficies cónicas de sección recta elíptica, o bien mediante superficies regladas con directrices dispuestas entre los dos arcos de embocadura.

Otro grupo lo constituyen los arcos abocinados, en los que las jambas presentan el mismo *derrame* u oblicuidad respecto de las testas, con embocaduras de medio punto de diferente diámetro cuyos centros están en la misma horizontal perpendicular a la dirección del muro. La superficie del intradós es un cono de revolución. Los arcos abocinados son en realidad, trompas seccionadas verticalmente por el plano de la embocadura posterior, en las que, por tanto, sus juntas de intradós no llegan a converger en el vértice. Si el derrame de ambas jambas es diferente, entonces el arco abocinado será esviado y el cono del intradós será elíptico.

La apertura de un hueco en el punto de encuentro de los paramentos de dos muros, dará lugar a los denominados *arcos en esquina*, *arcos en rincón* o *arcos en esquina y rincón* si atraviesan simultáneamente ambos. Estos arcos presentan un importante efecto de empuje al vacío que debe ser contrarrestado. Como veremos, el código propone una solución singular respecto de la planteada habitualmente por el resto de la tratadística estudiada, que tiende a resolver la pieza mediante la proyección ortogonal de un arco de medio punto que es perpendicular al plano bisector de ambos muros.

El siguiente grupo lo constituyen los arcos abiertos en muros con paramentos curvos. Si el paramento del muro es cóncavo, el arco se denomina *en torre cavada*, si el paramento es convexo se denomina el *arco en torre redonda*, y si el arco atraviesa un muro cilíndrico, *arco en torre cavada y torre redonda*. Estos arcos también presentan el efecto de empuje al vacío y el modo habitual de plantearlos es disponer en el intradós una superficie cilíndrica de revolución proyectando ortogonalmente un arco de medio punto sobre el muro.

Hay otros grupos de arcos presentes en la tratadística, aunque el código estudiado no contiene ninguno de ellos. Se trata de arcos abiertos en muros, en los que alguno de sus

paramentos son planos inclinados, habitualmente conocidos como *arcos avanzados*, los arcos abiertos en las superficies de bóvedas o lunetos y los arcos abiertos en superficies esféricas.

La práctica totalidad de los autores de la tratadística de cantería estudiados abordan en mayor o menor medida, trazas correspondientes a los distintos tipos de arcos. Ya en el *Cuaderno de Villard de Honnecourt* se recogían algunos de estos tipos, entre ellos, el abocinado, en torre cavada y redonda y oblicuo⁸⁹. *Philibert de L'Orme* (1567) en *Le premier tome de l'Architecture*, incorpora un número significativo de arcos que contemplan los principales modelos.

Respecto a los hispánicos, los más significativos son el *Libro de trazas* de Alonso de Vandelvira (c.1585) por su influencia en los posteriores autores y por la significación de sus trazas, que incluye en su segundo capítulo algo más de una decena de arcos de las diferentes tipologías, y Ginés Martínez de Aranda, que en sus *Cerramientos y trazas de montea* (c.1600) es el que incorpora un mayor *catálogo* con arcos de todos los tipos citados con anterioridad, con diversas variantes.

El manuscrito del mallorquín Joseph Gelabert (1653) contiene un importante número de arcos que, al igual que en Vandelvira y Martínez de Aranda, figuran debidamente ordenados y acompañados de sus textos explicativos. El *cuaderno* de Juan de Portor y Castro (1708) contiene en torno a una treintena de ejemplos planteados con un cierto orden, aunque en algunos casos, las trazas corresponden a piezas repetidas⁹⁰. El hecho de incluir trazas repetidas también se da entre la docena de arcos que figuran en el manuscrito 12744 de la BNE⁹¹. En menor número, también contienen algunas trazas de diversos tipos de arcos, el manuscrito de Hernán Ruiz (c. 1550); los *rasguños* de Alonso de Guardia (c. 1600); y los tratados de Cristóbal de Rojas (1598); Fray Laurencio de San Nicolás (1639); así como los franceses Jousse (1642); Bosse (1643); y Derand (1643).

El códice objeto de estudio contiene seis trazas que contemplan los modelos de arcos abocinados rectos y esviados, oblicuos por jambas y por testas, en esquina y rincón y en torre cavada y redonda, cuyo estudio en detalle se aborda en los siguientes apartados.

⁸⁹ Villard ([c.1225] 1858, pl. XXXVIII) Se trata del *ar chu fait om on cavece a XII vesrires*, el *ar chu tail om vosure destor de machonerie roonde* y del *ar chu tail om vosure besloge*, con los comentarios a la lámina incorporados al facsímil por Lassus.

⁹⁰ Ver Carvajal (2011, 214)

⁹¹ S.n., c.1600. Manuscrito de arquitectura y cantería, Madrid, B.N.E., Mss. 12744

Ventana abocinada

La ventana embocinada se traza de la forma siguiente, hecha su planta y trazar la monte *m n o p* como está demostrado, baja los plomos a la línea plana y tira sus avanzamientos; toma ahora con el compás lo que hay desde *o* a *r*, ponlo en la línea plana desde *q* a *p*, deja la una punta del compás en *p* y mira lo que abre el ángulo puesto hasta *m*, y con esta misma cantidad vete al punto *o* y haz una porción de círculo en *p*; toma ahora lo que tiene la pieza de boca por aquella parte que será desde *l* a *t* y haz otra porción de círculo y donde se cruzaren allí es el extremo que se busca, y como todo procede de cosas iguales y aquí lo son todas las piezas, así la misma cantidad sin abrir ni cerrar el compás pondrás desde *n* hasta *x* tomando luego lo que tiene de boca la pieza en la monte grande. Las saltarreglas de las cabezas son *h o p*, la otra *o h G*.

Fig. 76. *Bentana enbozinada*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f 6r.

El primero de los arcos contenido en el códice es un arco abocinado [Fig. 76]. Está dibujado en el f. 6r., y se acompaña de un texto que lo describe, incluido en el f. 5 v., por lo que al igual que en las anteriores trazas, con el códice abierto el lector puede ver simultáneamente texto y dibujo.

Fig. 77. Arco abocinado.

La caja de escritura está limitada lateralmente por dos líneas verticales que recorren toda la altura del folio, realizadas con grafito, que dejan márgenes de 3,1 cm. en ambos lados, quedando una columna de escritura de 22.6 cm. que contiene quince líneas de escritura más el signo de encabezamiento en una extensión de 21,8 cm. El título dado por el autor es *bentana enbocinada* y aparece centrado en la parte superior del folio bajo el mismo signo de encabezamiento de las piezas anteriores. La traza carece de notación numérica pero si tiene incorporada una notación mediante letras en los vértices y puntos a los que el texto hace referencia.

El dibujo posee tres tipos de línea: una línea continua, relativamente gruesa, empleada para todas las líneas dibujadas, con excepción de la línea del trasdós en la embocadura del arco menor, realizada con una línea de trazos pequeños de separación uniforme y grosor ligeramente inferior, y las líneas auxiliares empleadas para proyectar hasta la base del arco los vértices del intradós del arco mayor, realizadas con una línea de trazo con mayor separación de trazo y mayor espesor que la anterior.

Las tintas empleadas son tres. Una tinta de color gris medio para el título y su signo de encabezamiento; una segunda de color sepia para las líneas continuas y la línea discontinua de trazo pequeño de separación uniforme; y la tercera, de color gris más oscuro, utilizada para las líneas de trazo más separado, las letras de la notación del dibujo y el texto explicativo. Este hecho parece indicar que el autor, en un primer momento realizó el los dibujos y obvió el repasar con tinta estas líneas auxiliares, que deberían estar señaladas con marcas de traza previamente, pues son necesarias para determinar, en la planta, los puntos de paso, sobre la línea plana, de las líneas del intradós verticales. Posteriormente, al incorporar la notación y el texto explicativo, añadió las líneas auxiliares al dibujo, probablemente por considerarlas necesarias para su comprensión.

Se mantiene el criterio empleado en las trompas, de la doble proyección ortográfica, en la que alzado y planta concurren en la línea plana. En el alzado, visto desde el paramento con el arco de mayor diámetro, quedan dibujadas las líneas de los arcos de ambas embocaduras, tanto en el intradós como en el trasdós (el trasdós de la posterior con línea de trazos) divididos en siete partes y las tiranteces radiales de las juntas de testa, que corresponden con el espesor de las dovelas, las líneas de las juntas de la superficie del intradós del arco y las líneas auxiliares que permiten proyectar los vértices interiores y exteriores de los lechos en las testas, (los últimos dibujados con línea de trazos), sobre la línea plana o línea de base del arco, lo que el autor relata como [...] *baja los plomos a la linia plana y tira sus abazamentos* [...].

En la planta, se dibujan exclusivamente los muros, las jambas y las proyecciones de las juntas del intradós. Directamente sobre la planta, a partir de la jamba derecha, aparece dibujada la plantilla del intradós de la primera dovela de la derecha. El conjunto de planta y alzado ocupa la mitad superior del folio.

La pieza corresponde a un arco de los denominados abocinados. Las embocaduras se forman por la proyección de sendos arcos de medio punto concéntricos sobre ambos paramentos del muro de espesor constante. Los centros de ambos arcos están en la horizontal perpendicular al eje del muro y ambas jambas tienen el mismo *derrame* u oblicuidad respecto de las embocaduras. La superficie del intradós es un semicono de revolución cuyo vértice queda situado sobre la horizontal que une los centros de los arcos de las testas y a una distancia del paramento igual al doble del espesor del muro.

El arco es equivalente a una trompa recta seccionada por un plano vertical perpendicular al eje del cono, a la que se le ha eliminado la porción de superficie comprendida entre el plano seccionador y el vértice del cono.

Ambas embocaduras están divididas en siete partes iguales y al igual que en el caso de la *pechina cuadrada*, los lechos quedan determinados por un haz de planos radiales que contienen la horizontal que une los centros de los dos arcos de testa y a cada uno de los puntos correspondientes a sus siete divisiones. La pieza posee simetría radial y las siete dovelas que lo componen serán iguales [Fig. 78], por lo que de cara a la labra es suficiente con determinar las plantillas y saltarreglas de una de ellas.

Figura 78. Perspectiva caballera del arco abocinado obtenida a partir del modelo tridimensional de la *bentana enbozinada* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

El texto, da por entendido el procedimiento para dibujar la planta y la monte, [...] *como está demostrado* [...] tras lo que indica que se deben obtener los *plomos* y *avanzamientos*, según ha quedado indicado anteriormente. La explicación se refiere a la obtención de la plantilla del intradós y de las saltarreglas de la primera dovela de la derecha. Sin embargo, aunque no se indica en el texto, existe una relación geométrica en su disposición, dado que el diámetro del trasdós de la embocadura mayor es el doble del diámetro del intradós de la menor y el derrame con que se dibujan las jambas es tal que el diámetro de la embocadura mayor "BD" es igual a la diagonal entre vértices opuestos de las embocaduras en la planta "BK"

A pesar de tratarse de una pieza completamente análoga, en este caso el autor no utiliza el método que previamente había empleado para la obtención de la plantilla de la trompa recta. En lugar de realizar un giro de una arista en planta alrededor de la vertical que pasa por uno de sus extremos, emplea un recurso diferente, que equivale a girar en el alzado la diagonal "DF", cuya longitud en el alzado es "r", que une dos vértices de la cara del intradós de la dovela tomando como charnela la horizontal perpendicular a la embocadura que pasa por el vértice inferior "D", situado a la altura de la imposta, hasta colocarla en posición horizontal.

Una notable diferencia con relación a las anteriores trazas es el modo de obtener la longitud de la arista una vez realizado el giro. Si se hubiera utilizado un procedimiento análogo, se habría mantenido el compás en el punto "D" para trasladar la longitud "r" a la línea plana, obteniendo el punto "F' " y a continuación, habría que trazar sobre la planta la perpendicular desde "F' " hasta la otra embocadura, para obtener la nueva posición de sobre la planta de "F" tras el giro, que sería "F" ". La arista estaría ahora sobre la planta en verdadera magnitud, con lo que la obtención de su longitud "DF" " equivalente a "s" es inmediata.

Este procedimiento implicaría, en piezas más complejas en las que se deban determinar un mayor número de plantillas, trazar cada vez que se realice un giro, una nueva perpendicular entre la línea plana y la embocadura opuesta, en puntos no determinados a priori sobre el dibujo. El valor gráfico de dicha perpendicular corresponde a la diferencia de alejamientos "p" entre los extremos de la arista, que en el caso de un muro paralelo a la *línea plana* y de espesor uniforme, será siempre del mismo valor entre aristas cuyos extremos estén situados respectivamente en ambas embocaduras.

El autor plantea en esta traza por primera vez, un ingenioso método que le permite disminuir significativamente el número de líneas a dibujar sobre la traza. En primer lugar, marca sobre la planta, en la embocadura opuesta a la concurrente con la *línea plana*, el punto "H", situado en la perpendicular trazada desde el centro del arco "C". La longitud "CH" coincide con el espesor del muro "p" y por tanto con la diferencia de alejamientos entre puntos situados en ambas embocaduras. A continuación, tras tomar del alzado la diagonal "DF", de longitud "r", la traslada a la planta, sobre la *línea plana*, sin modificar la apertura del compás, colocando una punta en el centro del arco "C", con lo que la otra punta quedará situada en el punto "G". Ahora, sin necesidad de trazar ninguna línea auxiliar, se traslada la punta del compás que estaba situada en el centro del arco "C" hasta su perpendicular sobre la embocadura opuesta, el punto "H", que había sido marcado previamente.

Tras realizar esta operación, las puntas del compás quedan sobre los puntos "H" y "G" separados en planta una longitud "s" que es la verdadera magnitud de la diagonal buscada.

Y de nuevo sin mover la apertura del compás, se traza un arco de circunferencia con centro en el vértice de la imposta "D". A continuación, se toma directamente del alzado la longitud "t" entre los vértices de intradós de la testa de la dovela "IJ", que corresponde a la longitud del lado menor de la plantilla, y se traza el arco con radio "t" y centro en el otro vértice de la imposta "K" que se intersectará con el arco previamente trazado en el punto "L" que será el vértice buscado que cierra la triangulación.

Para determinar el cuarto vértice, que cierra el polígono de la plantilla, puesto que ambas diagonales son de la misma longitud, basta con trazar un nuevo arco de radio "s", ya conocido, con centro en el punto "K" y finalmente trasladar a la plantilla la longitud entre los vértices del trasdós de la testa, "DN" con un nuevo arco con centro en "D" cuya intersección con el arco trazado con anterioridad, proporcionará el punto buscado "M".

La plantilla corresponde al cuadrilátero que une los vértices de la superficie del intradós de la dovela, esto es, a la cara de la pirámide inscrita en el cono [Fig. 79].

Figura 79. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en la *bentana enbozinada* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

En el texto explicativo hay una contradicción respecto al orden en el que se deben trazar las diferentes líneas, pues después de haber realizado el arco de circunferencia correspondiente a la longitud del lado corto de la plantilla, se indica que se debe poner esa misma longitud en la otra diagonal de la plantilla [...] *y como todo prozede de cosas yguales y aquí lo son todas las piezas así la misma cantidad sin abrir ni zerrar el compás pondrás desde n hasta x* [...]. Este párrafo debería haber figurado antes de trazar el lado corto, es decir, en primer lugar se deberían haber trazado los arcos correspondientes a las dos diagonales, puesto que ambas son iguales y por tanto no sería necesario modificar la apertura del compás, aunque tampoco se indica el punto que hay que tomar como centro para trazar la segunda, y posteriormente los correspondientes a las longitudes de las testas.

Dado que la plantilla está correctamente obtenida en el dibujo, la omisión de algunas instrucciones y el aparente cambio del orden en la descripción escrita de la traza podría responder a la hipótesis ya formulada, de que el autor hubiese omitido párrafos o alterado su orden al copiar un texto escrito previamente en otro lugar. Si como se ha indicado, el título, el texto y la notación fueron incorporados con posterioridad a la realización de los dibujos y no se copió un texto previo, otra posible causa pudiera obedecer a un error o descuido al escribir la descripción, que no fue enmendado por el autor.

Las saltarreglas correspondientes a la dovela pueden extraerse directamente de la planta, dado que los ángulos que forma la arista de la imposta con ambas testas están en su verdadera magnitud y corresponden con los triángulos “KDE” para la embocadura mayor y “DKP” para la menor.

De la comparación de la plantilla obtenida en la traza con la que se ha obtenido a partir del modelo tridimensional realizado, superponiendo ambos dibujos, se desprende que el arco abocinado está resuelto con una precisión razonable, pero menor que en las trazas precedentes. Las líneas paralelas que corresponden a los paramentos del muro en la planta resultan ligeramente oblicuas, lo que produce una ligera distorsión en la plantilla al trazar la diagonal con vértice en la embocadura menor [Fig. 80].

Dadas las características de la pieza, las plantillas de los lechos se obtienen directamente de la imposta en la planta, al igual que las saltarreglas para ambas embocaduras, hecho que ponen de manifiesto la práctica totalidad de los autores que incluyen arcos abocinados en sus tratados. Sin embargo respecto al modo de obtener la plantilla del intradós se plantean dos soluciones diferentes.

Fig. 80. Superposición de la plantilla obtenida a partir del modelo tridimensional, dibujada en color azul, sobre el dibujo de la *bentana enbozinada* contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

El primer antecedente de arco abocinado en la tratadística aparece en el cuaderno de Villard de Honnecourt⁹². La solución contenida en el códice, de obtener la plantilla directamente sobre la horizontal del cuadrilátero formado por los vértices del intradós de la primera dovela, tomando como base la arista del intradós de la imposta, es la utilizada por Cristóbal de Rojas [Fig. 82], y con anterioridad había sido empleada por Hernán Ruiz⁹³, si

⁹² Villard ([c.1225] 1858, pl. XXXVIII). Se trata del *ar chu fait om on cavece a XII vesrires*, con los comentarios a la lámina incorporados al facsímil por Lassus. Respecto a este arco, Calvo (2000, 2: 112), que lo refiere a la numeración de Omont, en el que la traza se encuentra en la lámina 39, menciona igualmente los estudios de Bechmann ([1991] 1993, 205-207) con tentativas de reconstrucción de la pieza.

⁹³ Arcos abocinados contenidos en Ruiz el Joven (c. 1550, f. 43r.), al que el autor se refiere como los *capialçados deste genero* y el *arco embocinado* de Rojas (1598, f. 99r.). Navascues ([1974] 1998, 16) plantea que Hernán Ruiz aplica el transferente al cambio de escala de los artesones de una bóveda.

bien en el caso de éste, la plantilla obtenida es el desarrollo de la porción de cono correspondiente a la primera dovela izquierda, completada en la zona derecha con el desarrollo de un cuarto del cono, sobre el que se dibuja un artesonado, utilizando una homología para producir un aparente efecto de forzar la visual de escala desde la posición del observador [Fig. 81].

En esta misma línea habría que incluir a Vandelvira que, aunque no incorpora en su *Libro* una traza de arco abocinado propiamente dicha, dada la analogía de las piezas, se puede aplicar lo dicho respecto a la trompa recta o *pechina quadrada*⁹⁴ en la que la plantilla obtenida se aproxima al desarrollo de la porción de cono [Fig. 48]. Calvo (1998, 73) plantea similitudes entre la construcción de la planta en la traza de Rojas con la *Capilla redonda en vuelta redonda de Vandelvira*⁹⁵.

Martínez de Aranda [Fig. 83] y Alonso de Guardia [Fig. 84] aportan una solución diferente en el modo de obtener la plantilla del intradós. Coinciden con los anteriormente citados en la obtención de una única plantilla, correspondiente al polígono formado por los vértices de la dovela, pero en lugar de hallar la correspondiente a la primera dovela, obtienen la plantilla de la dovela central. Se da la circunstancia de que los dos vértices de cada una de las embocaduras están a la misma altura, por lo que la recta que los une es horizontal y en la planta aparece en verdadera magnitud. No ocurre igual con las aristas del intradós, pues en la dovela central son rectas inclinadas, sin embargo, en la imposta poseen igual longitud y si se encuentran en posición horizontal, lo que permite medir su longitud directamente sobre la planta⁹⁶.

El método empleado por ambos autores consiste en realizar un abatimiento del polígono de los vértices del intradós, tomando como eje de giro una de sus dos aristas horizontales, la situada en la embocadura menor. Para determinar la posición de la arista opuesta abatida, basta con tomar la longitud de la junta del intradós en la imposta, y empleándola como radio, trazar un arco con centro en el vértice situado en el eje de giro hasta su intersección con la línea auxiliar empleada para *bajar el plomo* del vértice opuesto desde la embocadura mayor. Martínez de Aranda presenta la particularidad, de plantear roscas diferentes en ambos arcos de tal modo que el trasdós del arco sea también una

⁹⁴ Vandelvira (c. 1585, f. 7r.).

⁹⁵ Vandelvira (c. 1585, f. 60v.).

⁹⁶ Arco abocinado contenido en Martínez de Aranda (c. 1600, f.33) y *Arco abocinado* de Guardia (c. 1600, f. 11r.). En relación a los arcos abocinados de Aranda y Guardia, véase Calvo (2001, 41-48).

superficie cónica con el mismo vértice que el cono del intradós, siendo el único que plantea esta situación.

Fig. 81. Hernán Ruiz, arco abocinado, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 43r.

Fig. 82. Cristóbal de Rojas, arco abocinado, *Teórica y práctica de la fortificación*, 1598, f. 99r.

Fig. 83. Ginés Martínez de Aranda, *Arco abocinado*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f. 33.

Fig. 84. Alonso de Guardia, *arco abocinado*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 11r.

Posteriormente, la misma solución fue incluida en los manuscritos de Gelabert [Fig. 85] y Portor y Castro [Fig. 86], quizá como consecuencia de la mayor simplicidad en el trazado respecto de la primera⁹⁷.

El hecho de que la solución de Aranda y Guardia sea más simple y evolucionada, ha sido considerado por Calvo (1998, 73) como elemento de apoyo para la datación de sus manuscritos con posterioridad al tratado de Rojas, hecho que con mayor motivo sería aplicable al código, dado que la triangulación empleada correspondería a un procedimiento más elemental que el de Hernán Ruiz, que ya contempla el desarrollo del cono.

Al margen del procedimiento utilizado para obtener la plantilla, respecto al despiece del arco, Hernán Ruiz lo hace en nueve dovelas, Guardia coincide con el código en las siete dovelas mientras que Rojas, Martínez de Aranda y Portor y Castro reducen el número hasta cinco dovelas, siendo Gelabert, con once el que plantea un mayor número. Todos ellos, salvo Hernán Ruiz y Portor y Castro, que mantiene la doble proyección, plantean proyección múltiple, dibujando los dos alzados de las embocaduras, abatidos respectivamente sobre cada una de sus proyecciones sobre la planta.

La traza que incorpora Jousse (1642, 82) en el capítulo de las trompas, denominada *trompe en canonniere* [Fig. 87], se corresponde con un arco abocinado, que se ha dividido en siete dovelas, en el que se determina la plantilla de intradós de la dovela del arranque, dibujándola a partir de la imposta, de modo similar a como aparece en el código, aunque el procedimiento para su obtención se aproxima al desarrollo del cono, para determinar la porción correspondiente a la dovela, como hacen Hernán Ruiz y Vandelvira.

⁹⁷ Se trata del arco abocinado al que Gelabert (1653, f. 62r) denomina *Bombardera* y del Arco enbozinado por plantas de Portor y Castro (1708, f. 11r.).

Fig. 85. Joseph Gelabert, *bombardera, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 62r.

Fig. 86. Juan de Portor y Castro, *arco enbozado por plantas, Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 11r.

Fig. 87. Mathurin Jousse, *trompe en Canonniere, Le secret d'architecture...*, 1642, 82.

Sus características geométricas los han convertido en piezas cuyo empleo ha sido frecuente a lo largo de la historia, ya desde la época medieval, en elementos de fachada, cuando se desea proporcionar un hueco amplio de iluminación interior que presente al exterior una pequeña abertura. Algunos ejemplos son los existentes en el castillo de Alarcón, en Cuenca [Fig. 88], con hiladas relativamente irregulares despiezadas, que resuelve la diferencia de anchuras entre las embocaduras fusionando las hiladas a medida que las dovelas se aproximan a la línea exterior, o en el ámbito luso, los magníficos ejemplos de arcos abocinados de la Sé de Évora [Fig. 89], con una impecable talla de sus once dovelas; o el doble arco abocinado la catedral da Sé en Lisboa [Fig. 90], en el que superponen un arco de siete dovelas unitarias que confluyen en una pieza a modo de trompillon que evita los encuentros agudos, con uno despiezado, de mayor luz y profundidad, de notable factura. En el interior de la catedral de León también se encuentran ejemplos de este tipo [Fig. 91], en los que la ejecución no resulta tan brillante, con hiladas desiguales que se van acoplando y fusionando en aparente desorden⁹⁸.

El abocinamiento permite también la situación inversa, cuando lo que se pretende es buscar una mayor apertura al exterior y controlar la superficie del hueco en el interior, como es el caso de los existentes en la iglesia de Santiago de Villafranca del Bierzo [Fig. 92], con origen a finales del siglo XII, aunque los arcos que se conservan son objeto de actuaciones posteriores, divididos en diez dovelas de tal modo que la clave es coincidente con una junta de lecho. La iglesia de *Nossa Senhora da Oliveira* en Guimarães [Fig. 93], es otro ejemplo portugués, que obedece a esta misma disposición y limpieza en la ejecución. En Nuestra Señora de los Milagros, en Ágreda (Soria) [Fig. 94], el arco abocinado está realizado con dovelas labradas de un modo más tosco, y despiezadas a pesar de su reducido tamaño⁹⁹.

⁹⁸ Para el castillo de Alarcón, ver Sarthou (1952, 178);. Para la Sé de Évora, Guerreiro (1975). En relación a la Catedral da Sé de Lisboa, Sequeira (1930) y Sucena (2004). Para la Catedral de León, Gómez-Moreno (1925-1926, 1: 218-289); Sarthou y Navascues (1998, 153-161); Gómez Moreno (1994, 2: 217-280).

⁹⁹ La iglesia de Santiago de Villafranca del Bierzo está datada en torno a 1186, pero ha sido objeto de diversas actuaciones, claramente reflejadas en las fachadas por las diferentes piedras empleadas, por lo que las ventanas abocinadas probablemente pertenezcan a un momento posterior. A ellas se refiere en su descripción Gómez-Moreno (1925-1926, 1: 380). Para N^a S^a de los Milagros, de Ágreda, ver Cabré (1916-1917, VIII: 53-55); Martínez Frías (1980, 336-342), que documenta las fases de construcción con la intervención inicial de Rodrigo Pérez y García de Guelmes, responsables de la Capilla Mayor y el Coro, a los que siguió la intervención de Lázaro del Moral, relevado por Bartolomé Sopeña y Domingo de la Cruz, que finalizaron la nave, en cuya zona superior están los arcos, y el coro entre 1601 y 1622; ver también Huerta Huerta (2002-2007, 13: 71).

Fig. 88. Arco abocinado, Castillo de Alarcón, Cuenca.

Fig. 89. Arco abocinado, Sé de Évora.

Fig. 90. Doble arco abocinado, *catedral da Sé*, Lisboa.

Fig. 91. Arco abocinado, catedral de León.

Fig. 92. Arco abocinado, Iglesia de Santiago, Villafranca del Bierzo.

Fig. 93. Arco abocinado, Iglesia de *Nossa Senhora da Oliveira*, Guimarães.

Fig. 94. Bartolomé Sopena y Domingo de la Cruz, arco abocinado, iglesia de Nª Sª de los Milagros, Ágreda, principios del s. XVII.

En el entorno de la prioral de Uclés, la iglesia de la Asunción en la Alberca de Záncara, presenta en su fachada un arco abocinado que responde al modelo, presente en muchas de las iglesias de la zona durante la primera mitad del s. XVI, con una molduración concéntrica que refuerza visualmente el abocinamiento, en este caso dividida en cuatro dovelas, y haciendo coincidir la clave con uno de los lechos [Fig. 95]. Dentro del mismo ámbito, la iglesia de la Asunción en Pareja, cuya autoría corresponda probablemente a Pedro de Alviz, contiene varios ejemplos de huecos en los que se emplea la solución doble,

con un abocinamiento al interior y otro al exterior [Fig. 96], disponiendo entre ambos una zona de transición, sin abocinamiento, en la que se dispone el elemento de carpintería¹⁰⁰. En la misma iglesia, también con el abocinamiento hacia las dos caras del muro, se realizó el hueco del rosetón, una interesante pieza, cuyas embocaduras disponen el círculo completo, que dada su dimensión, presenta un despiezado de las hiladas [Fig. 97].

Fig. 95. Arco abocinado, Iglesia de la Asunción, La Alberca de Záncara, primera mitad del s. XVI.

Fig. 96. Arco abocinado, Iglesia de la Asunción, Pareja, segundo tercio del s. XVI.

Fig. 97. Rosetón abocinado, Iglesia de la Asunción, Pareja, segundo tercio del s. XVI.

¹⁰⁰ Para la Alberca de Záncara, ver Rokiski (1985, 269-272); Para Pareja, Rokiski (1985, 100).

Otra de las características de los abocinados es la de forzar visualmente las perspectivas, proporcionando una aparente mayor profundidad, cualidad por la que se emplearon frecuentemente en portadas, ya sea en el exterior o en el interior, y en los accesos a capillas o transiciones entre diferentes espacios. La abadía de Saint Benoit sur Loire en Fleury [Fig. 98], es un interesante ejemplo de una actuación posterior sobre el interior de la portada medieval previa, en la que se interrumpe el abocinado de un modo poco ortodoxo. En la catedral de León se encuentran algunos ejemplos significativos, como el arco de acceso a la capilla de San Andrés, obra de Juan de Badajoz el Mozo, realizada en 1530, empleando como directriz el arco carpanel, y en la girola, el arco sepulcro de San Pelayo, obra de Juan López de Rozas [Fig. 99], datada en 1557, que incorpora la decoración escultórica en la superficie del intradós¹⁰¹. Otro magnífico ejemplo del empleo del abocinamiento como elemento de refuerzo de la perspectiva visual es el triple arco abocinado del primer nivel en la fachada este del monasterio de Uclés, con una solución simétrica en la que la abundante decoración se incorpora a las superficies del intradós, mediante acanaladuras radiales en los huecos laterales, reforzando el eje central con una molduración casetonada [Fig. 100]¹⁰².

Fig. 98. Arco abocinado, Abadía de *Saint Benoit Sur Loire*, Fleury.

Fig. 99. Juan López de Rozas, Arco abocinado, sepulcro de San Pelayo, catedral de León, 1557.

También fueron recurso habitual, en este mismo sentido, como elementos fundamentales en las portadas, como es el caso de la puerta de las Cadenas o de San

¹⁰¹ En relación a Saint Benoit sur Loire, ver Rocher (1865, 469-524). Para la capilla de San Andrés, Valdés et al. (1994, 137-141); para el arco sepulcro de San Pelayo, (Gómez Rascón, 2009, 60); Para la Catedral de León (véase Gómez-Moreno (1925, 1: 218-289); Sarthou y Navascues (1998, 153-161).

¹⁰² Para el monasterio de Uclés, ver Azcárate (1956, 173-188); Rokiski (1985, 119-120); Herrera y Zapata (2009, 141-185).

Fulgencio de la catedral de Murcia [Fig. 101], resuelta mediante una sucesión de arcos abocinados, construida entre 1512 y 1519, aunque posteriormente fue objeto de fuertes intervenciones en el siglo XVIII¹⁰³.

Fig. 100. Enrique Egas y Francisco de Luna, triple arco abocinado, monasterio de Uclés, c.1538.

Fig. 101. Arcos abocinados, puerta de las Cadenas, catedral de Murcia, 1512-1521.

¹⁰³ La puerta ha sido estudiada en profundidad en todos sus aspectos, incluidos los referentes a su estereotomía, por Calvo et al. (2005, 67-78), que manifiestan la falta de continuidad de las juntas de intradós, por lo que en realidad la pieza funciona como una sucesión de arcos abocinados. Respecto de la autoría, estiman probable, entre las distintas atribuciones realizadas, la del Maestro Mateo, apuntada previamente por otros autores. González Simancas (1905-1907, 2: 82); Chueca (1953b, 41); Baquero (1913, 37), Gutiérrez Cortines (1987, 102-112), que data su construcción entre 1512 y 1520-21; Vera et al. (1994, 216).

Arco abocinado

Fig. 102. Arco abocinado, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f 14v.

El código contiene un segundo arco abocinado, que es una de las dos trazas que fueron añadidas al cuaderno, con posterioridad, en folios que habrían quedado en blanco [Fig. 102]. Está dibujada en el f. 14v., a la izquierda del f. 15r., que contiene un capialzado, la *tronera engaduchida*. Ambas trazas no guardan relación directa, al contrario de lo que sucede con la otra traza añadida, el *arco adintelado y capialcado*, como se verá más adelante, pero el autor que añadió la traza no pudo dibujarla junto a la *bentana enbozinada*, al estar ocupado el folio izquierdo con su texto descriptivo según se ha puesto de manifiesto en el apartado anterior.

Fig. 103. Arco abocinado.

El dibujo muestra características gráficas claramente diferentes a las del núcleo principal del cuaderno. Ocupa la parte superior izquierda del folio y está realizado con tres tipos de línea. Una línea continua bastante fina es la empleada para dibujar en la planta las impostas y las proyecciones de las juntas del intradós, también en los alzados para dibujar los arcos de ambas embocaduras, las juntas de testa, las líneas auxiliares para trasladar hasta la planta sus vértices inferiores y la plantilla. Una segunda línea, igualmente fina, de trazos alargados bastante uniformes y relativamente juntos, se utiliza para trasladar a la planta los vértices del trasdós de las juntas de testa y para dibujar una línea auxiliar en la obtención de la plantilla. Un tercer tipo de línea, de puntos bastante iguales y uniformemente separados se utiliza para trazar los arcos de círculo de las triangulaciones, cuyas intersecciones proporcionan los vértices de la plantilla.

Se aprecia la existencia de dos tintas diferentes: una de color negro, empleada para todas las líneas excepto para trazar con el compás los arcos de las embocaduras, para los que se ha utilizado una tinta de color gris. Se observa que para trazar las líneas que determinan la anchura del muro en planta, se han dibujado previamente de una mayor longitud con grafito y posteriormente han sido repasadas con tinta hasta alcanzar la longitud deseada.

El arco posee las mismas características geométricas que la *bentana enbozinada*: dos embocaduras con la misma rosca, con arcos de medio punto de diámetros diferentes, resultado del derrame de las jambas, cuyos centros quedan situados en la misma horizontal, ortogonal a ambas embocaduras. La superficie del intradós, por tanto, es también en este caso un semicono de revolución con vértice sobre la recta horizontal que contiene a los centros de los arcos de embocadura [Fig. 104].

Se mantiene, respecto de la traza dibujada por el anterior autor, la división de las embocaduras en siete partes iguales y el haz de planos radiales que definen los lechos, que pasan por ambos centros y por cada una de las divisiones de los arcos. Existe simetría radial y las siete dovelas serán iguales. En este caso, el autor no tituló la traza, tampoco la acompañó de texto explicativo ni incorporó notación alguna.

La apariencia del dibujo, previamente al análisis de la pericia y conocimientos del autor en la obtención de las plantillas, es la de una mayor precisión en el trazo, proporcionada probablemente por la calidad y tipo de los instrumentos empleados para su realización.

El espesor con el que se dibuja el muro es igual que la medida del radio del intradós de la embocadura mayor. Hay una diferencia significativa en el modo de proyección respecto del arco abocinado que había dibujado el autor del núcleo principal, que utilizó la doble proyección ortográfica, dibujando la planta y sobre ella en la parte superior los dos alzados de las embocaduras superpuestos. En este caso se emplea la proyección múltiple en la que los dos alzados de las embocaduras aparecen dibujados abatidos sobre cada uno de los paramentos de la planta, del mismo modo que aparece en las trazas análogas de Rojas, Martínez de Aranda, Guardia y Gelabert, anteriormente citadas¹⁰⁴.

El autor trata de obtener la plantilla del intradós de la primera dovela de la derecha y dibujarla a partir de la línea de la imposta, tal y como aparece en la traza precedente del cuaderno. Se ha realizado el correspondiente modelo tridimensional de la pieza y a partir de él se ha determinado la plantilla del intradós, igual para todas las dovelas debido a las condiciones de simetría radial de la pieza. La comparación de la plantilla resultante con la que Figura dibujada en el código muestra diferencias significativas, que indican que el autor cometió errores importantes en el procedimiento empleado [Fig. 105].

¹⁰⁴ Arco abocinado contenido en Martínez de Aranda (c. 1600, f.33); *arco abocinado* de Guardia (c. 1600, f. 11r.); arco abocinado al que Gelabert (1653, f. 62r.) denomina *Bombardera* y *arco enbozinado* por plantas de Portor y Castro (1708, f. 11r.).

Fig. 105. Superposición de la plantilla obtenida a partir del modelo tridimensional, dibujada en color azul, sobre el dibujo del arco abocinado contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Dado que la traza carece de texto, se ha estudiado en profundidad, comparándola con la traza precedente, correctamente resuelta, como se ha visto. Del análisis se deduce que el autor posterior intentó obtener la plantilla siguiendo el procedimiento descrito en el f. 5v. para la análoga *bentana enbozinada*, pero cometió errores de interpretación producidos por el cambio en el sistema de proyección empleado.

El intento de emplear el mismo método lo prueba la línea auxiliar dibujada en la planta "BE", desde el centro de la embocadura menor "B" hasta el punto "E" que corresponde a la intersección de la línea plana con el arco de círculo trazado con centro en el punto "A", centro de la embocadura mayor, y radio "r" equivalente a la diagonal "CD" de la testa de la primera dovela en el arco menor.

El método es exactamente el descrito en la traza precedente, consistente en realizar un giro en el alzado de la diagonal entre los vértices del intradós alrededor de la horizontal perpendicular a la embocadura que pasa por el vértice inferior, colocarla paralela a la *línea plana* y trasladar su longitud desde el centro "A" del arco hacia uno de los laterales, para unir el extremo "E" de dicha longitud con el centro de la embocadura opuesta "B" obteniendo de este modo la verdadera magnitud de la longitud de la diagonal "CD" equivalente a "s".

El error se comete al interpretar como debe obtenerse la longitud de la diagonal en el alzado. En la *bentana enbozinada* las líneas del intradós y trasdós de las embocaduras están todas ellas dibujadas sobre el mismo alzado, de tal modo que la línea continua que corresponde con el intradós de la embocadura mayor está muy próxima a la línea discontinua que representa el trasdós de la embocadura menor.

La diagonal entre los vértices opuestos de la plantilla es la línea que en el alzado uniría el primer vértice del intradós de la embocadura menor con el extremo inferior del intradós de la embocadura mayor, que en dibujo está muy próximo al trasdós de la embocadura menor.

El autor posterior, confunde estos dos puntos y la longitud "r" que toma como proyección de la diagonal del intradós en el alzado es en realidad, la línea que une los puntos opuestos de la primera testa, "CD", en lugar de tomar la longitud correcta "FJ", para lo que hubiera precisado una construcción gráfica auxiliar, pues al estar los alzados abatidos sobre los paramentos opuestos, dicha longitud no se puede obtener directamente del dibujo.

El error en la medición de la longitud "r" hace que la dimensión de la verdadera magnitud de la diagonal "s" resulte errónea y alejada de la realidad, por lo que al trasladarla a los extremos de la imposta para dibujar la diagonal de la plantilla, a pesar de trazar correctamente los arcos correspondientes a las longitudes de las cuerdas de las testas desde los extremos de la arista, obtiene los puntos erróneos "H" y "G" que conforman un cuadrilátero sensiblemente alejado de la forma de la plantilla.

En las figuras adjuntas se han representado, tomando como base las proyecciones del modelo tridimensional realizado, por una parte, la construcción gráfica correspondiente a las operaciones geométricas realizadas por el autor de la traza añadida [Fig. 106], y por otra, la solución que habría resultado en el caso de que para la obtención de las plantillas, se hubiera utilizado de modo correcto el procedimiento que aparece descrito en la traza precedente [Fig. 107], en la que la plantilla buscada corresponde al cuadrilátero formado por los puntos “CFKL”.

Figura 106. Procedimiento erróneo para la obtención de la plantilla del arco abocinado, empleado por el autor del manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Figura 107. Obtención de la plantilla del arco abocinado, a partir de las proyecciones del modelo tridimensional, siguiendo el procedimiento escrito en la *bentana enbozinada* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Arco viaje contra viaje

*El arco viaje contra viaje se traza de la forma siguiente, que hecha su planta **nyro** y levantada la monte en la forma que está demostrado en el diseño por sus escorzos. Para trazar las plantas de las piezas tomarás la cantidad que hay desde y hasta **m** y lo pondrás en la línea plana y desde **ℓ** mismo hasta **q** y sin quitar la punta del compás del punto **q** bajar al punto **s** y sin abrir ni cerrar el compás te irás al punto **α** y haz una porción de círculo en **R**, toma lo que tiene la pieza de boca y ponlo desde **e** a donde se cruza en **k**. Toma ahora lo que hay desde **v** hasta **t** y ponlo desde **ℓ** hasta **p** y vuelve con la otra punta del compás al punto **s** y esta cantidad ponla desde **e** hasta **α**. Toma lo que tiene la pieza de boca por la monte más pequeña y ponlo desde **x** hasta **α** y esta será la primera planta y de la misma manera que se traza esta se trazan todas. Ahora para las saltarreglas toma lo que hay desde **m** hasta **d** y ponlo de **ℓ** hasta **b** y desde el punto **b** al punto **ℓ** y esta cantidad ponela desde **α** **f** y toma lo que tiene la pieza de tirantez y donde se cruza es para la saltarregla baja. Toma lo que hay desde **t** hasta **g** y ponlo desde **ℓ** hasta **c** y sin quitar la una punta del punto **c** con la otra vete al punto **s** y desde allí al punto **k** ven donde llega en **z**. Toma ahora lo que tiene la pieza por su tirantez y ponselo desde **a** hasta **z**.*

Fig. 108. Arco abocinado esviado.

Fig. 109. Arco abocinado esviado, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 7r.

Siguiendo el orden habitual en los tratados, se plantea una pieza del mismo tipo que la anterior, a la que se le introduce una modificación geométrica en las condiciones de apertura que la complica: el esviaje [Fig. 109].

Se mantiene el esquema referido en las trazas precedentes, de disponer los dibujos en el folio derecho a cuaderno abierto, en este caso el f. 7r., y escribir el texto explicativo en la parte izquierda, el f. 6v.

Las líneas verticales de grafito dibujadas a ambos lados, que dejan márgenes de 2,7 cm en la parte izquierda y 2,5 cm. en la parte derecha, delimitan la caja de escritura para la que resta una columna de 23,1 cm. que contiene veinticuatro líneas más el signo del encabezado en una extensión de 34,6 cm. Entre las líneas quinta y sexta aparece intercalada la palabra *mismo*, con letra de menor tamaño. Probablemente el autor la incluyó al percatarse de su omisión en un principio, aunque no resulta necesaria para la comprensión de la frase [...] *y lo pondrás en la línea plana y desde ℓ mismo hasta q y sin quitar la punta del compás del punto q bajar al punto s [...]*, por lo que sería prescindible. Nuevamente nos encontramos, aparentemente, ante un texto copiado de otro previo, en el que el autor se percibe de la omisión inicial de la palabra y a pesar de resultar innecesaria no duda en intercalarla entra ambas líneas con posterioridad.

El arco aparece titulado como *Arco biaje contrabiaje*, bajo el habitual signo de encabezamiento y sobre los dibujos, tanto el conjunto de planta y alzado como el de las plantillas, está incorporada la notación mediante letras en los puntos significativos. Hay que hacer notar que el dibujo del f. 7r. excede sus límites e invade parcialmente el folio situado a su izquierda, el f. 6v. Como se ha visto anteriormente, en relación al encuadernado del códice, forman parte de diferentes bifolios¹⁰⁵. Además, las marcas de la punta del compás existentes traspasan los folios siguientes, lo que indica que en el momento en que se realizó el dibujo, los folios se encontraban ya encuadernados.

El empleo de los tipos de línea responde al mismo patrón de la traza precedente, con todas las líneas continuas excepto una de cortos trazos discontinuos con separación uniforme, que se emplea para indicar el semicírculo correspondiente al trasdós de la embocadura de menor diámetro.

¹⁰⁵ El folio siete forma parte de un bifolio conjuntamente con el folio ocho mientras que los folios seis y nueve pertenecen a otro bifolio. Ambos, conjuntamente con el bifolio cinco-diez constituyen el segundo cuadernillo de los seis que componen el manuscrito.

Las tintas empleadas son tres: la que se utiliza para todos los dibujos, de color sepia; la empleada para el título y su signo de encabezamiento, de color gris medio y una tercera, de color sepia más oscuro, con la que se ha escrito el texto explicativo que acompaña la traza, su signo de encabezamiento y las letras de la notación sobre los dibujos. Se aprecian además cuatro manchas de tinta de ese color en la zona inferior derecha del dibujo de las plantillas, en dos de las cuales la tinta se ha corrido en torno a dos centímetros. Se aprecia otra incidencia, en la notación de los extremos de la testa de la primera dovela, las letras escritas **t** y **d** aparecen superpuestas rectificando otras letras previamente escritas con la misma tinta. La **d** parece estar sobre una letra α y la **t** aparentemente cubre una **c**.

Para dibujar el muro y el arco se emplea doble proyección ortográfica. En el alzado aparecen superpuestos los arcos de ambas embocaduras con sus respectivas roscas, lo que permite, una vez realizada la división en siete partes iguales, dibujar las cuatro aristas de cada uno de los lechos, lo que facilitará en gran medida la obtención de plantas y saltarreglas, como veremos más adelante. No se dibujan líneas auxiliares para trasladar los vértices hasta la planta, en la que se han dibujado las líneas que definen los paramentos del muro de espesor uniforme, uno de los cuales coincide con la base de los arcos, las impostas y las proyecciones de las juntas del intradós.

En la parte inferior y en una construcción independiente, aparecen dibujadas desarrolladas las siete plantillas del intradós con sus correspondientes saltarreglas en ambas embocaduras. El desarrollo ha comenzado a dibujarse de derecha a izquierda, de tal modo que el ancho del folio ha resultado insuficiente para alojar toda la construcción por lo que parte de la séptima plantilla y de su saltarregla invaden el folio izquierdo.

Nos encontramos aquí ante un arco abocinado en el que los derrames de ambas jambas, aunque se mantienen concurrentes, son diferentes, es decir, poseen distintos ángulos de oblicuidad respecto de los paramentos del muro, que se mantiene de espesor uniforme.

Las embocaduras, ambas con la misma rosca, se forman por la proyección de arcos de medio punto de diámetros diferentes que no son concéntricos. Sus centros están situados en la misma horizontal, que resulta oblicua respecto del eje del muro.

Figura 110. Perspectiva caballera del arco abocinado esviado obtenido a partir del modelo tridimensional del *arco biaje contrabiaje* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Para repartir el dovelaje, se divide cada una de las embocaduras en siete partes iguales. Las juntas de testa se corresponden con los radios que pasan por cada una de las divisiones. Los planos de los lechos quedan definidos por las juntas del intradós y por cada pareja de juntas de testa, que son paralelas, dado que se trata de radios de dos arcos de medio punto divididos en el mismo número de partes.

Las aristas del intradós son concurrentes en un punto situado en la horizontal que contiene a los centros de los arcos de embocadura, que se corresponde con el vértice de la superficie cónica que conforma el arco. En este caso el cono no es de revolución, pues las embocaduras semicirculares no son ortogonales al su eje.

No hay simetría y las siete dovelas son diferentes, por lo que para acometer la labra por plantas será necesario determinar las plantillas de intradós y las saltarreglas de todas ellas, pues las plantillas de las testas se obtienen directamente de las monteas de las embocaduras. Cada par de juntas contiguas, al ser concurrentes en el vértice, definen un cuadrilátero plano, que se corresponde con la plantilla de intradós de cada una de las siete dovelas, cuyo conjunto es perfectamente desarrollable [Fig. 110].

De nuevo, el autor da por sabido el procedimiento para dibujar la planta y los alzados superpuestos, el modo de dividir los arcos en siete partes iguales y el trazado de las juntas de lechos e intradós, [...] *en la forma que está demostrado en el dibujo por sus escorzos* [...], y pasar a describir el procedimiento para hallar la planta y la saltarregla de la primera dovela de la derecha. Para ello utiliza el mismo recurso empleado en la traza precedente, la *bentana enbozinada*, consistente en realizar giros de cada una de las diagonales de la cara de la pirámide inscrita en el intradós de las dovelas, alrededor de ejes horizontales perpendiculares al muro, que pasan por los vértices inferiores de la cara, hasta colocarla en posición frontal, trasladando su medida desde un punto fijo, en este caso el centro del arco mayor, que tiene señalada en el dibujo su perpendicular en la otra embocadura.

De este modo se agiliza la construcción al utilizar para todos los giros la misma pareja de puntos que fija la diferencia de alejamientos, al no ser necesario trazar una perpendicular a la línea plana desde puntos diferentes cada vez que se realiza un giro. Basta con trasladar la medida de la diagonal de la cara con el compás desde el centro del arco hacia un lateral de la *línea plana* y a continuación tomar la verdadera magnitud de la diagonal desde el punto obtenido hasta la perpendicular al centro del arco en la embocadura opuesta. Una vez obtenidas las diagonales, se trasladan al dibujo del desarrollo de la plantilla, partiendo de la imposta, ya conocida, y se completa el

cuadrilátero de la cara por triangulación, tomando directamente del alzado las dimensiones de las cuerdas de las embocaduras de cada dovela.

Para la obtención de las saltarreglas se utiliza el mismo recurso, reproduciendo sobre la construcción desarrollada de las plantillas de intradós los triángulos determinados por la junta de lecho de intradós y cada una de las juntas de testa de las embocaduras.

Trasladando la construcción descrita en el código al dibujo de la traza realizado, el proceso equivale a tomar la diagonal de la primera planta "EB" y trasladar su longitud "m" en la línea plana desde el centro del arco "F", llegando hasta el punto "G"; posteriormente desplazar la punta del compás desde "F" hasta su perpendicular en la embocadura opuesta "H", de tal modo que la apertura del compás equivale ahora a la longitud "n" entre los puntos "GH", que es la de la diagonal buscada, que puede ser trasladada al dibujo de la plantilla. La segunda de las diagonales será en el alzado "Lk" de longitud "q" trasladada a la línea plana en "FM" y cuya verdadera magnitud será "HM" de longitud "r".

Conocidas las diagonales, para obtener la plantilla, se dibuja en la construcción aparte la recta "IJ" de la misma longitud de la imposta, obtenida directamente de la planta en "DB"¹⁰⁶ y desde cada uno de sus extremos habría que trazar un arco con la longitud de la diagonal correspondiente, es decir, haciendo centro en "J" un arco de radio "n", y haciendo centro en "I" un arco de radio "r". La triangulación se completa tomando del alzado las cuerdas de las embocaduras delantera, "KB" de longitud "p", y posterior, "EL" de longitud "s", y trazando sendos arcos con centros en los vértices "J" e "I" de radios "p" y "s" respectivamente, que se intersecarán con los anteriormente trazados en los puntos "Q" y "P" para completar el cuadrilátero de la plantilla "PQJI" [Fig. 111].

El autor comete un error significativo, pues en su descripción, al realizar la triangulación coloca las medidas de las diagonales al revés, es decir, la longitud correspondiente a la diagonal que acomete al vértice inferior del arco mayor la traza desde el vértice inferior del arco menor y viceversa. En la traza precedente, la *bentana enbozinada*, este hecho no tenía importancia, pues todas las dovelas eran iguales y al tratarse de un cono de revolución, las dos diagonales de la plantilla tenían la misma longitud. Sin embargo, la oblicuidad del *arco biaje contrabiaje* provoca que todas las plantillas sean diferentes y además las longitudes de las dos diagonales de cada una son también diferentes, por lo que se comete un error al invertir las.

¹⁰⁶ En el texto del manuscrito se da por sabida la longitud de la arista del salmer, pues se mencionan los vértices de la línea de igual longitud dibujada en la plantilla como centros de los arcos que se dibujan, pero no se indica que la longitud de la recta que los une sea coincidente con la longitud del salmer tomada sobre la planta.

Construcción realizada
por el autor del manuscrito

Construcción correcta

Figura 111. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en el *arco biaje contrabiaje* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Para comprobar si esta situación se da también en el resto de las plantillas, Se ha realizado la construcción de todas ellas y como consecuencia de la comparación de los resultados obtenidos respecto a los que figuran en el código se observa que el error de invertir las diagonales se ha producido en las plantillas de las dovelas primera y sexta, comenzando por la derecha, mientras que en el resto de las plantillas las diagonales están colocadas de forma correcta.

Puesto que la descripción de la traza proporciona el modo erróneo de incluir las diagonales y sin embargo en cinco de las siete dovelas se han trazado de forma correcta, cabe pensar que el autor no fuera consciente de la imposibilidad de invertir las diagonales, entendiendo que podían ser trazadas desde ambos extremos y por azar en unas dovelas están correctamente trazadas y en otras no. Otra posibilidad es que al incorporar la notación sobre el dibujo, el autor colocara de forma errónea las letras correspondientes a alguno de los vértices.

Para obtener las saltarreglas, se dibujan directamente sobre las plantillas desarrolladas, tres de los cuatro lados del lecho. El lado correspondiente al intradós "PQ" es el mismo de la plantilla, ya conocido. Para la saltarregla exterior se toma en el alzado la diagonal "EN" de longitud "t", se traslada a la línea plana en "FR" y se obtiene su verdadera magnitud "HR", con cuya longitud "u" se traza un arco sobre la plantilla con centro en "P".

A continuación se toma la longitud de la rosca "v" entre los puntos "KN" y con ella se traza un arco con centro en "Q" cuya intersección con el anterior proporciona el punto "S". El ángulo de la saltarregla será el que forman las rectas "PQ" y "QS". La saltarregla interior se obtiene por el mismo procedimiento, la diagonal "KT" se traslada a la horizontal en "FU", su verdadera magnitud será "HU" de longitud "y" con la que se traza un arco con centro en "Q" que se intersecará con el arco trazado con centro en "P" y radio "ET" equivalente a la rosca "r", en el punto "I". El ángulo buscado es el formado por las rectas "QP" y "PI".

La superposición del desarrollo de las plantillas obtenido a partir del modelo realizado para el arco, sobre el dibujo contenido en el código, indica, como en los casos anteriores, que la precisión obtenida por el autor es bastante razonable, si bien el hecho de alterar las diagonales, aunque no plantea una diferencia significativa en la primera dovela, si se aleja más de la dimensión correcta en el caso de la dovela sexta y por acumulación en la séptima [Fig. 112].

Fig. 112. Superposición de la plantilla obtenida a partir del modelo tridimensional, dibujada en color azul, sobre el dibujo del arco abocinado esviado contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

El procedimiento de obtención de las longitudes de las aristas, que ya se había esbozado en la traza precedente y se aplica de modo generalizado en ésta. Además de sencillo y económico en operaciones gráficas, resulta novedoso y diferente respecto de los recursos empleados por el resto de los tratadistas estudiados.

Su aplicación no se limita exclusivamente a la realización de operaciones gráficas sobre plantas y monteas, sino que parte de la necesidad de realizar un tipo de proyección específico. Frente a lo habitual en el resto de autores, que por lo general dibujan únicamente uno de los alzados de las embocaduras, o en el caso de dibujar ambos, lo hacen abatiéndolos sobre la línea de su paramento en planta, como hace Vandelvira (c. 1585), el método del código requiere que los alzados de ambas embocaduras queden dibujados superpuestos y que en ellos aparezcan representadas las líneas que definen los planos de los lechos, pues siempre se partirá de tomar las proyecciones verticales de las diagonales en los alzados.

Al respecto, es significativo que el autor emplee, para los casos en los que la labra se realizará por plantas, el mismo tipo de proyección que otros autores, como Martínez de Aranda (c. 1600), Guardia (c. 1600) o Portor (1708) emplean únicamente cuando plantean labra por robos.

Esta circunstancia podría considerarse como un argumento para considerar la labra por robos más antigua que la labra por plantas. Ambas parten de proyecciones ortográficas, pero en la labra por plantas esto es una fase previa para obtener plantillas por abatimiento o desarrollo, mientras que en el procedimiento por robos el cantero cuenta únicamente con las proyecciones ortográficas, lo que le lleva en muchas ocasiones a multiplicar las líneas ocultas. En el código no se aprecia la existencia de líneas ocultas innecesarias, lo que sería síntoma de un recurso gráfico mantenido por inercia, ni parece que se pretendan combinar los dos métodos por robos y por plantas.

Se trata de un recurso puesto en práctica por el autor, que le permite reducir al mínimo las operaciones gráficas sobre el folio, gracias a la incorporación de la doble proyección ortográfica.

El procedimiento le permite, sin necesidad de trazar ninguna línea, obtener las dimensiones de las diagonales, con tres movimientos del compás, cuya apertura tras el tercero permite dibujar directamente sobre la plantilla el arco para la triangulación, evitando marcas ciegas innecesarias o las engorrosas mediciones y marcas adicionales que otros, como es el caso de Vandelvira, precisan realizar para determinar en cada paso, la diferencia de alturas entre puntos de ambas embocaduras.

La inclusión de múltiples arcos esviados con sus diferentes variantes es habitual en la tratadística de cantería analizada; sin embargo, son muy escasos los ejemplos de una naturaleza análoga a la traza del código, esto es, un arco abocinado esviado que posee en

ambas jambas derrames de diferente oblicuidad convergentes hacia un vértice que se proyecta dentro del ámbito de las dos embocaduras.

Uno de ellos es la *bombardera biaxa per testa a cade cap* de Joseph Gelabert¹⁰⁷. El arco de Gelabert [Fig. 113], coincide en el despiece en siete dovelas, pero muestra una clara diferencia en el planteamiento, pues las embocaduras son el resultado de proyectar arcos de medio punto oblicuamente sobre los paramentos, por lo que resultan testas elípticas, así como en el procedimiento para obtener las plantillas¹⁰⁸.

Gelabert, que utiliza la proyección múltiple, dibujando abatidos a ambos lados del muro los arcos de medio punto que se proyectan para generar las testas, obtiene las plantillas directamente sobre la planta por abatimiento sobre la arista inferior del intradós de cada dovela, lo que implica suponer que dicha arista es horizontal, hecho que no se da en el arco dibujado. Dibuja las plantas de las tres dovelas de cada lado, suponiendo que la central coincide con su proyección en planta. El hecho de que la dimensión de las testas sea relativamente pequeña en relación al espesor del muro, provoca que la diferencia relativa de longitudes entre la verdadera magnitud de las aristas y su proyección en planta sea pequeña, lo que minimiza en la práctica a efectos de la labra la variación en las dimensiones de la plantilla.

Posteriormente, Portor y Castro incluiría en su manuscrito un arco abocinado esviado similar¹⁰⁹. Dibujado con las dos embocaduras de medio punto, divididas en cinco dovelas, abatidas a ambos lados de la planta [Fig. 114]. Para la obtención de las plantillas, Portor emplea, al igual que Gelabert, el recurso de dibujar abatida sobre la planta cada plantilla, pero a diferencia de aquel, considera las longitudes reales de las aristas. Obtiene las cuatro plantillas de intradós de las dovelas laterales y cuatro plantillas de lecho, dado que los lechos de las impostas se obtienen directamente de la planta. La explicación que acompaña a la traza será citada por Portor como modelo para la resolución de otra traza de arco esviado¹¹⁰.

¹⁰⁷ Gelabert (1653, f. 117r) mantiene la denominación de bombardera que ya había empleado en el arco abocinado

¹⁰⁸ Las características del arco y las condiciones en las que se han planteado las embocaduras y la superficie del intradós han sido estudiadas por Rabasa (2011, 322-323). Gelabert indica que las plantillas de lecho son voluntarias y obvia la explicación del procedimiento empleado [...] *El procedimiento de labra es fácil de entender para el que esté a cabo de los esviajes, y por eso dejo la explicación a discreción del curioso lector.*

¹⁰⁹ Portor y Castro (1708, f. 11 v.) lo denomina *arco abozinado en biaje por plantas*.

¹¹⁰ A este respecto ver los estudios que ha realizado Carvajal (2011, 215) en relación a la falta de coherencia entre las referencias de los textos y la situación de las trazas como resultado del encuadernado del manuscrito de Portor y Castro.

Fig. 113. Joseph Gelabert, *bombardera biaxa per testa a cade cap, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 117r.

Fig. 114. Juan de Portor y Castro, *arco abozinado en baje por plantas, Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 11v.

Fig. 115. Mathurin Jousse, *trompe biayse en Canonniere, Le secret d'architecture...*, 1642, 82.

De los tratadistas franceses estudiados, es Jousse (1642, 84) el que incluye un arco abocinado esviado de características similares [Fig. 115], considerado como una trompa, que titula *trompe biayse en canonniere*, dividida en cinco dovelas, con la particularidad de hacer coincidir los conos de intradós y trasdós en el mismo vértice. Para la obtención de las plantillas de intradós, determina el desarrollo de la pirámide inscrita, tomando como base el vértice del cono sobre la planta, lo que le facilita el la construcción de las plantillas directamente sobre el desarrollo, en un dibujo que nuevamente recuerda a los de Vandelvira.

Dos ejemplos de arcos abocinados, ligeramente esviados, con directriz semicircular, se pueden encontrar en las fachadas de las catedrales de León y Oviedo. Ambos son de reducido tamaño pero de muy cuidada ejecución. En el caso de León [Fig. 116], se compone de seis dovelas, haciendo coincidir la clave con uno de los lechos, y el trasdós de la embocadura queda adintelado para acoplarse al despiece de las hiladas de la fachada. El de Oviedo, situado en la escalera junto a la puerta de la nave del Evangelio^{Fig. 117}, que puede atribuirse a Juan de Badajoz y datarse en torno a 1511, posee similares características, a diferencia de su despiece en siete dovelas para formalizar la central como clave¹¹¹.

En el Monasterio de Uclés hay un interesante ejemplo resuelto de manera diferente a lo habitual, pues en lugar de situar los centros de ambos arcos en la misma horizontal, se ha colocado el del arco mayor en una cota inferior, de tal modo que ambas claves quedan a la misma altura, resultando la embocadura un arco rebajado, con lo que el abocinamiento se manifiesta únicamente hacia las jambas [Fig. 118]. En otras ocasiones, se disponen ambas embocaduras como arcos rebajados en una solución con una flecha pequeña, simplificada respecto a la labra, pero que no aporta los valores formales de las anteriores [Fig. 119], como es el caso del acceso a la sacristía en la iglesia de San Martín en Camprovín¹¹².

¹¹¹ En relación a la Catedral de León, ver Gómez-Moreno (1925, 1: 218-289); Sarthou y Navascues (1998, 153-161); Gómez Moreno (1994); véase también Valdés (1994). Los arcos de la Catedral de Oviedo, situados en dos niveles de la escalera, quedan integrados en el pórtico, estando uno de ellos en la zona baja, por lo que se pueden atribuir a Juan de Badajoz el viejo, con lo que estarían datados en torno a 1511 (Sarthou y Navascues 1998, 202-208); Ver también Caso (1981, 343-352); Caso et al. (1999, 115-128).

¹¹² La autoría de la traza del monasterio de Uclés había sido atribuida a Francisco de Luna (Azcárate 1956, 183); (Rokiski 1985, 119-120), pero Herrera y Zapata (2009, 165) plantean la autoría de la traza por parte de Enrique Egas y la responsabilidad en la ejecución de Francisco de Luna. En relación a la iglesia de San Martín en Camprovín, Moya et al. (1975, 261-262); Moya (1980, 1: 103-104) la data durante el segundo tercio del siglo XVI y establece la posible participación en la autoría de los hermanos Juan y Martín Pérez de Solarte.

Fig. 116. Arco abocinado esviado, catedral de León.

Fig. 117. Juan de Badajoz, arco abocinado esviado, catedral de Oviedo, c. 1511.

Fig. 118. Arco abocinado esviado, Monasterio de Uclés, segundo cuarto s. XVI.

Fig. 119. Arco esviado rebajado, iglesia de Ssn Martín, Camprovín, segundo tercio s. XVI.

Arco viaje contra cuadrado

El arco viaje contra cuadrado se traza de la misma forma y por la misma regla que el arco viaje contra viaje que está en el capítulo precedente.

Fig. 120. Arco esviado en una jamba, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f 8r.

El conjunto de los arcos continúa con uno de los problemas más habituales planteados en la tratadística, el caso en el que el esviaje se manifiesta únicamente en una de las jambas [Fig. 120].

Fig. 121. Arco esviado en una jamba.

De nuevo se dispone el conjunto de dibujos y textos según el esquema habitual, la traza está en el f. 8r., con la planta y alzado en la parte superior y los dibujos de las plantillas en la parte inferior, con los textos incorporados en el folio vuelto precedente, en esta caso el siete.

La caja de escritura queda delimitada una vez más por dos líneas verticales dibujadas con grafito en ambos lados, que dejan márgenes de 3,60 cm. en la parte izquierda y de 3,50 cm. en la parte derecha, quedando una columna disponible para el texto de 21,2 cm. El texto está dispuesto en tres líneas más el signo de encabezado que en este caso es ligeramente diferente a de las trazas anteriores, al incorporar un segundo trazo vertical. El autor cometió un error al escribir en la segunda línea la palabra *quadrado*, que detectó y subsanó antes de seguir escribiendo, al tachar la palabra *quadrado* y escribir inmediatamente en el mismo renglón la palabra *biaje*.

El arco aparece titulado, bajo el habitual signo de encabezamiento, como *Arco biaje contra quadrado* y sobre los dibujos no se incorpora notación alguna. Se da la misma circunstancia, apuntada en la traza precedente, en el sentido de que el dibujo de las

plantillas desarrolladas excede el ámbito del f. 8r., e invade parcialmente el f. 7v., aunque en este caso la superficie de folio invadida es mayor. A diferencia del anterior, los ff. 7 y 8 forman parte del mismo bifolio, por lo que el dibujo pudiera haberse realizado antes de la encuadernación, pero la discontinuidad que se aprecia en el trazado de las líneas al traspasar el cosido del cuadernillo indica que se trazó tras la encuadernación.

Esta circunstancia merece una reflexión, pues si los dibujos de las trazas y las plantillas se realizaron de manera consecutiva, el autor, consciente de que en la traza anterior había precisado invadir el folio contiguo para completar el dibujo del desarrollo de las plantillas, podría haber dibujado en este caso las embocaduras de menor tamaño para intentar acoplar el desarrollo íntegramente en el folio y contrariamente, en este caso la dimensión de las embocaduras es mayor que en el anterior.

Sin embargo, el autor comienza a dibujar el desarrollo de las plantillas en un punto mucho más próximo al margen derecho de lo que lo había hecho anteriormente, en un intento de encajar el dibujo, pero la mayor dimensión de las dovelas lo impide. Una posible explicación a este hecho sería que el autor dibujara previamente las plantas y monteas de los arcos y posteriormente dibujara las plantillas, intentando apurar el folio en el segundo caso tras percibir la falta de espacio en el primero.

Para el dibujo se han empleado dos tipos de línea: la línea continua, con la que se trazan todos los elementos, con excepción del trasdós de la embocadura menor y de las líneas auxiliares empleadas para proyectar los vértices del intradós sobre la planta, para los que se emplea la línea de trazos.

Se repite el patrón habitual respecto del empleo de tres tintas diferentes: la que se utiliza para todos los dibujos, de color sepia; la correspondiente al título y su signo de encabezamiento, de color gris medio; y la de color sepia más oscuro, con la que se ha escrito el texto explicativo con su signo de encabezamiento.

Los dibujos se plantean de forma análoga a la traza precedente, con doble proyección ortográfica en la que se dibuja la planta, con las líneas de impostas y las juntas del intradós. Sobre una de sus líneas de paramento, aparecen dibujados los arcos de las dos embocaduras, con sus correspondientes roscas de igual dimensión, divididas en siete partes iguales, con lo que quedan definidos todos los vértices de los lechos, dibujados con sus cuatro lados para facilitar las operaciones necesarias en la obtención de las plantillas. Se añaden las líneas auxiliares que proyectan sobre la planta, en ambas embocaduras, los vértices de los lechos en el intradós.

En la parte baja del folio y en una construcción independiente se dibuja el desarrollo de las siete plantillas del intradós de las dovelas, que se corresponden con las caras de la pirámide truncada inscrita en el arco cuyas aristas son las juntas del intradós. Sobre las plantillas desarrolladas están dibujadas las saltarreglas de las seis juntas intermedias, para las dos embocaduras, dado que en el caso de las impostas, el ángulo formado por las aristas de intradós y testa se puede obtener directamente de la planta.

Se trata del arco abierto en un muro de espesor uniforme en el que únicamente una de las jambas es oblicua a las testas y a la otra jamba, que es perpendicular a ellas. Las soluciones dadas al problema por los distintos autores pasan, salvo excepciones puntuales, por plantear en las embocaduras arcos de medio punto, con dos modos diferenciados de resolver la superficie del intradós.

El primero de ellos consiste en dividir los arcos de embocadura en partes iguales y plantear las juntas del intradós uniendo los puntos correspondientes de ambas divisiones, con lo que convergen en un punto. En estas condiciones, el intradós resulta ser un cono oblicuo, que presenta la ventaja de su facilidad para la labra por plantas, pero tiene el inconveniente de que las resultantes de los empujes son oblicuas respecto al eje del muro, por lo que se presenta el problema del empuje al vacío.

El segundo modo, que pretende resolver el problema de los empujes, consiste en disponer los lechos mediante un haz de planos perpendiculares a los paramentos, al igual que se hace en los arcos rectos. En este caso el intradós se resuelve como una superficie reglada alabeada que tiene como directrices los arcos de ambas embocaduras. Esta solución se conoce también como cuerno de vaca o cuerno de buey y habitualmente requiere la labra de las dovelas por robos.

Otra de las piezas habituales en los tratados, que plantea problemas similares, es el caso en el que ambas jambas son paralelas entre sí pero oblicuas a las testas del muro de espesor uniforme, cuyas soluciones pasan en la práctica totalidad de los casos por plantear uno de los dos modos indicados anteriormente: la división de las embocaduras en partes iguales uniendo sus vértices para formar en el intradós un cilindro elíptico, al ser en este caso ambas embocaduras iguales o bien la disposición de los lechos en planos perpendiculares al muro con un intradós reglado alabeado. Esta última disposición se conoce como paso oblicuo o *biais passé*, nombre dado por De L'Orme (1567, 68). El código no contiene la traza del paso oblicuo, motivo por el que no se ha realizado un análisis detallado de las soluciones aportadas por los distintos autores, no obstante puede

aplicarse en gran medida todo lo dicho en el presente apartado para el arco viaje contra cuadrado, pues los planteamientos para resolver la estereotomía en ambos casos son análogos¹¹³.

El arco esviado en una jamba incluido en el código plantea dos embocaduras de medio punto con la misma rosca, con centros situados en la misma horizontal y una disposición tal que la jamba derecha es ortogonal al eje del muro y la izquierda presenta derrame. Ambos arcos se dividen en siete partes iguales, las juntas de testa son los radios de cada uno de los arcos y las juntas del intradós se forman uniendo entre sí los vértices correspondientes de la división de ambas embocaduras.

Por tanto, nos encontramos en el primero de los casos referidos anteriormente, es decir, el que su superficie del intradós resulta ser un cono elíptico en el que las siete dovelas planteadas son diferentes. Para posibilitar la labra de las piedras por plantas deben determinarse las plantillas de todas ellas y además presenta la dificultad, a efectos de su obtención, de que las juntas del intradós no son horizontales, como ocurría en las trazas esviadas precedentes [Fig. 122].

También será necesario obtener los ángulos que forman las aristas del intradós con ambos paramentos del muro, o saltarreglas, mientras que las plantillas de las testas de las dovelas quedan definidas directamente en el despiece de los alzados.

El texto adjunto a la traza remite su resolución al procedimiento para la obtención de las plantillas y saltarreglas descrito para el arco viaje contra viaje, que es el mismo empleado en la ventana abocinada [...] *se traza de la misma forma y por la misma regla que el arco viaje contra viaje que está en el capítulo precedente.*

¹¹³ Rabasa (2000, 302-323) ha realizado un interesante análisis de los problemas planteados por los arcos oblicuos y las soluciones dadas desde la estereotomía y particularmente para los casos del paso oblicuo o *biais passé*, traza no presente en el manuscrito estudiado, y del *cuerno de vaca*. Adicionalmente describe detalladamente el proceso de labra de las dovelas para este tipo de arcos (Rabasa 2007b, 155-176) Ver también el estudio relativo a los arcos oblicuos realizado por Calvo (2004, 125) y el antecedente a estos estudios, realizado por Sanabria (1984, 212-219; il. 92).

Figura 122. Perspectiva caballera del arco esviado en una jamba obtenida a partir del modelo tridimensional del *arco biaje contra quadrado* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

El método, ya descrito con detalle en los apartados precedentes, diferente al empleado por el resto de los tratadistas estudiados, consiste en realizar giros de las diagonales en los alzados alrededor de rectas de punta que pasan por su vértice inferior, trasladar dicha medida desde el centro del arco a un punto situado sobre la línea plana hacia la derecha, medir la longitud desde dicho punto a la perpendicular desde el centro del arco en la embocadura opuesta, que es la verdadera magnitud de la diagonal, trasladar dicha medida mediante un arco sobre el desarrollo de la plantilla, trazado desde el extremo correspondiente de la imposta o de la arista de la plantilla anterior, y obtener el vértice de la plantilla mediante la intersección del arco con otro arco trazado desde el extremo opuesto de la imposta o arista de la plantilla, cuyo radio es la cuerda de la dovela en la embocadura, para el caso de las plantas, o la longitud de las juntas de testa para la saltarregla.

En la figura adjunta se ha realizado para el dibujo de la traza [Fig. 123], obtenido a partir de las proyecciones del modelo tridimensional, elaborado en base al arco contenido en el código, el proceso de obtención de las plantillas de intradós y de las saltarreglas descrito en la traza precedente, el arco viaje contra viaje, cuya explicación detallada se omite por ser equivalente a la realizada para ese arco.

Asimismo, se ha realizado una comparación de los resultados obtenidos para las plantillas a partir del modelo tridimensional, superponiéndolos con el desarrollo de plantillas y saltarreglas dibujado en el código [Fig. 124]. Como consecuencia, se aprecia que las plantillas de intradós y saltarreglas poseen una precisión bastante apreciable, observándose una ligera desviación en la quinta planta perfectamente explicable debido a la acumulación de errores de dibujo y a las limitaciones de los instrumentos empleados.

Esta precisión merece una reflexión en lo referente a su comparación con los resultados de la traza precedente. En el *arco biaje contrabiaje*, como se dijo anteriormente, el texto descriptivo resulta erróneo al invertir la posición de las diagonales de la plantilla y a pesar de ello, en el desarrollo dibujado, únicamente las plantillas primera y quinta aparecen dibujadas de forma equivocada, estando el resto correctamente obtenidas y por tanto en contradicción a las instrucciones del texto. En la presente traza, el *arco biaje contra quadrado*, todas las plantillas tienen sus diagonales correctamente obtenidas, a pesar de que el texto remite al procedimiento erróneo descrito en la traza precedente.

Figura 123. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en el *arco biaje contra quadrado* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Fig. 124. Superposición de la plantilla obtenida a partir del modelo tridimensional, dibujada en color azul, sobre el dibujo del arco esviado en una jamba, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Este hecho refuerza la hipótesis, ya avanzada en la traza precedente, de que el autor, que incorporó la notación y el texto con posterioridad a los dibujos, cometió un error, ya sea al colocar la notación sobre los vértices de la imposta en la planta, o al intercambiar en el texto los puntos correspondientes a los centros de los arcos que deben ser trazados con las longitudes de las diagonales, pues en esta traza demuestra que conoce y aplica el procedimiento correcto.

Son numerosas las trazas de arcos esviados en una jamba presentes en los manuscritos y tratados de cantería analizados, que pueden agruparse según los dos posibles planteamientos geométricos en relación a la disposición de los lechos ya apuntados. Las que plantean la solución de dividir los arcos de embocadura en partes iguales y generar los lechos mediante la unión de los pares correspondientes de vértices de las divisiones tienen una característica común a todas ellas, frente al sistema empleado por el autor del código de dibujar ambos alzados superpuestos, recurso empleado en su método que simplifica considerablemente las operaciones necesarias para la obtención de las plantillas, el resto de autores dibujan cada uno de los alzados abatidos sobre su propia embocadura.

El *Arco en cuadrado y viaxe* de Vandelvira¹¹⁴ coincide con el código en la división del arco en siete dovelas y en la obtención mediante procedimientos de triangulación de las plantillas de intradós, que en este caso no se dibujan en construcción independiente sino desarrolladas a partir de la imposta de la primera dovela de la derecha, y sobre ellas se incorporan los ángulos de las saltarreglas [Fig. 125].

Vandelvira emplea el procedimiento inverso al del código: realiza giros en planta de las diagonales de la plantilla buscada, alrededor de ejes verticales, hasta colocarlas en posición frontal y posteriormente levanta uno de los extremos en el alzado buscando la diferencia de alturas para obtener la verdadera magnitud. Al no dibujar los arcos de embocadura superpuestos, este procedimiento le obliga a trazar, para el caso de vértices situados en la embocadura menor, líneas auxiliares que le permitan determinar sobre la proyección del arco mayor, la diferencia de alturas respecto al vértice correspondiente del arco menor, lo que supone aumentar considerablemente el número de trazos necesarios y

¹¹⁴ El arco está contenido en el *Libro de trazas* de Vandelvira (c.1585, f. 26v.). El estudio detallado sobre el procedimiento empleado por el autor para obtener las plantillas ha sido realizado por Palacios ([1990] 2003, 96-99). En la copia de la BNE realizada por Goiti (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 33v.) no se manifiestan diferencias, salvo la ortografía de viaje en el título y la incorporación de una letra de notación en la línea de saltarreglas de la primera dovela.

por tanto la posibilidad de acumular errores de dibujo, aunque ambos métodos llevan a la misma solución.

El autor del códice había utilizado en la *pechina esviada*, el mismo procedimiento que Vandelvira, presente también en las trazas análogas de Gelabert, Portor y Castro o en el manuscrito 12744 de la BNE, pero a partir de la traza del *arco biaje contra biaje*, cambia de procedimiento al de dibujo de alzados superpuestos, giros sobre rectas de punta en proyección vertical y toma de diferencia de alejamientos sobre la planta, que como hemos visto, resulta de mayor sencillez y economía de trazos, con la misma precisión en la obtención de resultados.

En el manuscrito 12744 de la BNE aparecen tres trazas de arcos esviados en una jamba con siete dovelas¹¹⁵. Dos de ellas son iguales, con el mismo planteamiento, división de las embocaduras en partes iguales e intradós con superficie de cono elíptico. Aparecen dibujadas en ambas las plantillas de las seis dovelas laterales de forma individual, en la parte superior, sobre el alzado menor, siendo la única diferencia entre ambas que la segunda incorpora adicionalmente los dibujos de las plantillas de tres de los lechos [Fig. 126].

La tercera de ellas resulta la más interesante, pues plantea una solución que no está presente en ningún otro autor, la embocadura mayor es un arco de medio punto y la embocadura menor es una elipse peraltada tal que cada una de las divisiones se sitúa a la misma altura que la división correspondiente en el arco mayor [Fig. 127]. Se obtiene una superficie pseudocilíndrica con la única ventaja, a cambio de tener una testa elíptica, de disponer las juntas de intradós horizontales, lo que facilita la obtención de plantillas, pues las aristas del intradós están en verdadera magnitud en la planta.

Martínez de Aranda presenta tres arcos esviados en una jamba. El que denomina *arco abocinado viaje por cara*¹¹⁶, corresponde al grupo de los que contemplan la división de ambas testas en partes iguales, cinco en este caso, y una superficie cónica elíptica en el intradós [Fig. 128].

¹¹⁵ S.n., c.1600. Manuscrito de arquitectura y cantería, Madrid, B.N.E., Mss. 12744. Las dos trazas con intradós cónico elíptico son el *arco en biaxe contra quadrado* (f. 18v.), y el *viaje contra quadrado* (f. 27v.); la traza con intradós pseudocilíndrico es el *viaxe contra quadrado* (f. 15v.) en el que el autor se refiere a generación de la testa menor como elipse peraltada [...] y así es el un arco mayor que el otro acepto que el arco menor por algunos respetos que se ofrecen sube tanto como el mayor [...]. Para los aspectos generales sobre la disposición de las trazas y los contenidos del manuscrito ver Salmerón (2015).

¹¹⁶ Martínez de Aranda (c. 1600, f. 37).

Fig. 125. Alonso de Vandelvira, *arco en cuadrado y viaje*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 26v.

Fig. 126. *Viaje contra cuadrado*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 27v.

Fig. 127. *Viaje contra cuadrado*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 15v.

Fig. 128. Ginés Martínez de Aranda, *arco abocinado viaje por cara*, *Cerramientos y trazas de montea*, c. 1600, f. 37.

Emplea un procedimiento deferente a los referidos para los autores anteriores. Para la obtención de las plantas de lechos realiza abatimientos tomando como charnela rectas horizontales paralelas a la que une los centros de ambas embocaduras y que pasan por el vértice inferior del lecho. Para las plantas de las caras prolonga en planta las juntas del intradós, traslada sobre ellas su longitud real, obtenida en los lechos, y posteriormente

realiza el abatimiento¹¹⁷. Todas las plantillas están dibujadas directamente sobre la planta a partir de las correspondientes proyecciones de las aristas de intradós. En cualquier caso, el procedimiento resulta de mayor laboriosidad que el empleado por el autor del códice.

Los otros dos arcos de este tipo planteados por Martínez de Aranda forman parte, junto con los de un numeroso grupo de autores, de los que disponen los planos de los lechos perpendiculares a la directriz del muro, solventando los problemas de los empujes al vacío, en los que la superficie del intradós es reglada alabeada, conocidos habitualmente como *cuerno de vaca*.

El hecho de que los cuatro vértices de las caras del intradós de cada dovela no formen parte de un plano, hace que la superficie que definen no sea desarrollable y por tanto no sea posible obtener una plantilla plana que responda a su verdadera forma. Por ello, el procedimiento empleado habitualmente para labrar estas dovelas es el de robos, partiendo de los prismas envolventes de cada una, obtenidos fácilmente a partir de sus proyecciones en planta y alzado.

A pesar de ello, Martínez de Aranda no duda en plantear un cuerno de vaca para su labra por plantas en el *Arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo*¹¹⁸. Con su habitual despiece en cinco dovelas utiliza el mismo sistema de proyección que en el arco anteriormente mencionado, dibujando cada uno de los alzados abatidos sobre su embocadura, aunque traza adicionalmente el arco menor superpuesto con la proyección del arco mayor [Fig. 129].

Para los lechos, emplea el recurso del abatimiento alrededor de rectas de punta que pasan por el vértice inferior, lo que no presenta dificultades. En el caso de las plantas, al tratarse de una superficie alabeada, el procedimiento pasa por determinar la posición de tres de los cuatro vértices de la cara del intradós, empleando la longitud de los dos lados y de la diagonal entre ambos, mientras que para definir el cuarto vértice caben las alternativas de proyectarlo ortogonalmente sobre el plano definido por los otros tres, o bien determinar la verdadera magnitud de los otros dos lados y cerrar la plantilla por triangulación¹¹⁹.

¹¹⁷ La traza, sus características y los recursos empleados para la obtención de las plantillas han sido estudiados en profundidad por Calvo (2000, 2: 118-120).

¹¹⁸ Martínez de Aranda (c. 1600, f 13), arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo.

¹¹⁹ Calvo (2000, 2: 62) apunta que el intento de obtener plantillas de superficies regladas alabeadas que aparentemente pudiera parecer un error de concepto, posteriormente se emplearía en el siglo XVII por autores como Portor y Castro (1708) o Frézier (1737-39).

El procedimiento propuesto por Martínez de Aranda consiste, según el minucioso análisis de la traza realizado por Calvo (2000, 2: 60-65) en utilizar un doble abatimiento de bastante complejidad que determina las longitudes reales de los cuatro lados, pero no así de sus ángulos, que permitirían a un cantero consciente de ello labrar la dovela. Las plantillas obtenidas se dibujan, como en el caso anterior, abatidas directamente sobre la planta del arco. La ventaja que presenta el procedimiento, a pesar de su mayor complejidad, frente a la opción de los robos, radica en el ahorro de material y tiempo a la hora de labrar la dovela.

Fig. 129. Ginés Martínez de Aranda, *arco viaje contra cuadrado por lado y por plantas al justo*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f. 13.

Fig. 130. Ginés Martínez de Aranda, *arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f. 11.

Martínez de Aranda completa las posibilidades de los arcos esviados en una jamba con un cuerno de vaca resuelto por robos¹²⁰. En este caso y al igual que hacen el resto de autores que plantean esta traza, se dibujan los alzados de los arcos de ambas testas superpuestos, sobre la embocadura de mayor dimensión, lo que permite definir con facilidad sobre el alzado la envolvente necesaria para labrar la dovela, que deberá tener además un espesor igual a la anchura del muro sobre la planta [Fig. 130]. Martínez de Aranda complementa el dibujo con la determinación de los ángulos o saltarreglas que facilitan la realización de los robos, obtenidos por abatimientos sobre rectas de punta¹²¹.

¹²⁰ Martínez de Aranda (c. 1600, f. 11), *arco viaje contra cuadrado por lado y por robos*.

¹²¹ Ver la explicación detallada de la traza en Calvo (2000, 2: 55-59).

El *cuerno de vaca* planteado para su labra por robos fue incluido también por otros autores. Cristóbal de Rojas, que muestra una economía total de trazos en su arcon [Fig. 133], dividido en cinco dovelas, en el que aparecen únicamente dibujados los arcos del intradós de las embocaduras, la dirección de los lechos y las líneas que definen los ángulos en planta¹²². Alonso de Guardia divide el arco en siete dovelas y coincide en el planteamiento con Martínez de Aranda respecto a la determinación de las saltarreglas para facilitar los robos¹²³, si bien para obtenerlas traslada los ejes de giro hasta hacerlos todos concurrentes en el arranque del arco menor por donde hace pasar la recta de punta que será la charnela de los abatimientos [Fig. 131].

Análogo al de Guardia es el planteamiento que posteriormente realiza Jousse (1642, 16) en la *Voûte Biaize d'un costé & droite de l'autre, appelée corne de Vache*, en el que divide el arco menor en cinco partes iguales por las que hace pasar los planos de canto de los lechos, y obtiene las saltarreglas directamente sobre la planta, en el ámbito del esviaje de la jamba oblicua [Fig. 132].

Portor y Castro plantea el cuerno de vaca dividido en cinco dovelas¹²⁴, al igual que Martínez de Aranda y Rojas, pero en lo referente a la obtención de las saltarreglas sigue el modelo francés que había planteado De L'Orme, y posteriormente también Guardia, de agruparlas en el vértice inferior de la testa [Fig. 134].

Existe una variante, intermedia entre el *cuerno de vaca* y el *paso oblicuo* consistente en plantear, en el muro de espesor uniforme, un *cuerno de vaca* a la entrada, que se prolonga hasta el plano vertical que pasa por el punto medio del muro y a partir de él otro *cuerno de vaca* con el esviaje en la jamba opuesta a la salida del muro¹²⁵. Ambos arcos comparten el haz de planos radiales perpendiculares al muro que definen los lechos.

Este arco, que se conoce habitualmente como *cuerno de vaca doble*, lo incluye De L'Orme en su tratado [Fig. 135], planteando las saltarreglas agrupadas en ambos vértices del arranque del arco menor en el eje del muro y dividiendo el arco en cinco dovelas¹²⁶.

¹²² Se trata del *arco viage contra cuadrado* (Rojas 1598, f. 98v.), estudiado por Calvo (1998, 70)

¹²³ La traza se denomina *arco viage contra cuadrado* (Guardia c. 1600, f. 70v.) y ha sido objeto de un análisis reciente en un trabajo que ha estudiado los *rasguños* de Alonso de Guardia, por parte de Calvo (2015, 416).

¹²⁴ Portor y Castro (1708, f. 5v.), lo denomina como *arco aviajado por solo una parte*.

¹²⁵ A este respecto ver el estudio y los dibujos sobre este tipo de arco realizados por Rabasa (2000, 320-322).

¹²⁶ De L'Orme (1567, f. 70v), *Porte biaisse et quarrée par les deux costez*.

Fig. 131. Alonso de Guardia, *arco biaje contra cuadrado*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 70v.

Fig. 132. Mathurin Jousse, *Voûte Biaize d'un costé & droite de l'autre, appellée corne de Vache*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 16.

Fig. 133. Cristóbal de Rojas, *viage contra quadrado*, *Teórica y práctica de la fortificación*, 1598, f. 98v.

Fig. 134. Juan de Portor y Castro, *arco aviajado por solo una parte*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 5v.

También se puede encontrar en Cristóbal de Rojas, igualmente dividido en cinco dovelas [Fig. 137], que sigue las pautas de economía de trazos de su autor, en el que plantea la posibilidad de labra por baivel [...] *Labranse con baybeles de medio punto*¹²⁷.

El francés Derand (1643, 121), incorpora el *Corne de boeuf* [Fig. 136], en el que repite, para el arco doble, los planteamientos de De L'Orme, Guardia y Jousse, aunque discrepa de este último en la denominación del arco¹²⁸.

¹²⁷ Rojas (1598, f. 98v.), *Viage contra diestra y siniestra*.

¹²⁸ Jousse lo denomina *Corne de Vache*, mientras que Derand utiliza la expresión *Corne de boeuf*.

Fig. 135. Philibert de L'Orme, *porte biaise et quarreé par les deux costez*, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 70v.

Fig. 136. François Derand, *Corne de boeuf*, *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 209.

Fig. 137. Cristóbal de Rojas, *viage contra diestra y siniestra*, *Teórica y práctica de la fortificación*, 1598, f 98v.

A la vista de los diferentes planteamientos de la tratadística para este tipo de arcos esviados únicamente en una de las jambas, hay que hacer notar la singularidad del procedimiento empleado por el autor del código, por su sencillez y economía de trazos respecto a otros procedimientos de mayor complejidad, propensos a la acumulación de errores de dibujo por la multiplicidad de operaciones necesarias.

Resulta significativo que mientras que los autores que plantean arcos con superficies cónicas oblicuas dibujan cada uno de los alzados de las embocaduras abatido sobre su testa y los que plantean cuernos de vaca dibujan ambos superpuestos sobre la embocadura mayor, el autor del código, a pesar de plantear un cono oblicuo, emplea el sistema de proyección contrario de superposición de alzados, facilitando la obtención directa de dimensiones de las diagonales y diferencias de alturas.

El monasterio de Uclés ofrece en la transición entre las fachadas este y norte, en un cuerpo añadido que enlaza la parte superior de dos de los contrafuertes del ábside de la iglesia, un interesante ejemplo de quince hiladas despiezadas, con una buena factura de la labra [Fig. 138], cuyo intradós corresponde con la solución del código con superficie cónica oblicua¹²⁹.

El acceso lateral del lado del evangelio al pórtico de la catedral de Oviedo contiene un complejo arco esviado [Fig. 139], que combina la superficie lisa en la banda central del espesor del muro, con sendas sucesiones de molduraciones en las embocaduras, con la incorporación de elementos escultóricos en la interior¹³⁰.

Fig. 138. Arco esviado en una jamba, monasterio de Uclés.

¹²⁹ Para el monasterio de Uclés, ver Azcárate (1956, 173-188); Rokiski (1985, 119-120); Herrera y Zapata (2009, 141-185).

¹³⁰ En la construcción del pórtico y la torre intervinieron Juan de Badajoz el viejo (1500-1511), autor de la traza, Pedro de Buyer (1511-1530), Pedro de la Tijera (1530-1544), Juan de Cerecedo el viejo (1544-1552), Juan de Cerecedo el joven (1552-1577) y Rodrigo Gil de Hontañón, que realizó la traza de la nueva flecha en 1577, tras los efectos catastróficos producidos por la acción de un rayo (Caso 1981, 333-406); (Caso et al. 1999, 115-128). Véase también Sarthou y Navascues (1998, 202-208).

La puerta de la Olma o de Callosa en Orihuela, situada junto al Convento de Santo Domingo [Fig. 140], la única que se conserva de las existentes en la muralla, aunque de origen medieval, fue reformada en 1548 para darle la imagen del estado en el que la conocemos actualmente, contiene un magnífico ejemplo en el que el arco esviado, despiezado en veintitrés dovelas, se manifiesta al exterior de la muralla y se resuelve la parte interior mediante un capialzado, también esviado¹³¹.

De una menor escala, pero interesante por el tamaño relativo y la factura de sus cinco dovelas es el arco que da acceso a la sacristía de la iglesia de la Natividad en Arenzana de Abajo [Fig. 141], en la que también se combina el arco esviado en la embocadura de la nave con un capialzado hacia la sacristía¹³².

¹³¹ En relación a la puerta de la Olma de Orihuela, ver Canales, Salazar y Crespo (1992, 150), que aportan su datación.

¹³² En la iglesia de Arenzana de Abajo intervinieron, en una fase inicial Juan Martínez de Mutio, antes de 1541, por lo que probablemente la corresponda la autoría del arco, posteriormente, Juan Pérez de Solarte, que concluyó las naves en 1561 y sus hijos Juan y Martín Pérez de Solarte, finalizándose el coro alto en 1583 (Moya 1980, 1: 98; 102); (López de Silanes 2000c); (Alonso Ruiz 2003, 136); Arrue (2004, 123).

Fig. 139. Juan de Badajoz el viejo, arco esviado, pórtico de la catedral de Oviedo, c. 1511.

Fig. 140. Arco esviado, puerta de la Olma, muralla de Orihuela, 1548.

Fig. 141. Juan Martínez de Mutio, arco esviado, Iglesia de la Natividad, Arenzana de abajo, c. 1541.

Arco esviado por testa

El arco que llaman de talud se traza de la forma siguiente, que hecha su planta y m o r y levantada su monte y l m, repartiendo sus piezas iguales y bajando sus plomos y trasplomos a la línea plana, que aquí viene a ser o r, y volviéndolos a escuadría de la dicha línea ir cogiendo sus tranquiles para la vuelta, y el primero es desde p a q y ponle desde s a t y este mismo sirve para el otro lado. Toma más lo que hay desde v a n y ponlo desde a a b y en el otro lado. Por lo consiguiente ahora toma lo que hay desde c d ponlo desde e a f, toma lo que hay desde g a f y ponlo desde x a b. Ve adulciendo la vuelta de tres en tres puntos tirando unas líneas desde o a t y desde t a b y cogiendo el medio de cada una, saca unas escuadrías de las mismas líneas que se vienen a cortar en el punto z, poniendo allí la una punta del compás abrazará los tres puntos ajustada, y para las tiranteces se irán cogiendo los tranquiles de la misma manera y donde se cruzaren allí vendrá la vuelta y la tirantez. Para las plantas y saltarreglas se saca una escuadría del punto n con la línea n y, toma ahora lo que tiene la pieza de boca y ponlo de r a l que es donde se tropieza la escuadría. Pon lo que tiene la pieza de boca por el otro lado, cierra aquellas líneas m r l o. Para la saltarregla saca otra escuadría del punto que es el plomo del trasdós, coge ahora lo que tiene de largo la pieza por su tirantez y ponlo de n adonde se tropieza con la escuadría que es en t, y de esta manera se trazan las plantas y saltarreglas de este corte.

Fig. 142. Arco esviado en testa.

Fig. 143. Arco esviado por testa, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f 9r.

Se refleja en este arco la situación de esviaje inversa a los anteriores, es decir, las jambas son ortogonales a una de las embocaduras, pero no a la otra, por ser el muro de espesor variable [Fig. 143].

Siguiendo el orden correlativo del cuaderno, esta es la última traza, de las pertenecientes al núcleo principal, que va acompañada de un texto que describe las operaciones necesarias para realizar la traza y obtener sus plantillas, manteniendo además el habitual esquema de dibujos en el folio situado a la derecha con el cuaderno abierto y textos en el de la izquierda. En lo sucesivo, únicamente aparecerá un texto acompañando a la traza en una de las dos que fueron añadidas posteriormente por otro autor.

Se repite la inclusión de la caja de escritura entre las líneas verticales trazadas con grafito en ambos lados del folio, que en este caso, dejan márgenes de 3,4 cm. a la izquierda, y 3,3 cm. a la derecha, quedando un espacio disponible para la columna de escritura de 21,7 cm. El texto se desarrolla en veintisiete líneas precedidas del mismo signo de encabezado que había aparecido por primera vez en el texto de la traza precedente, con la incorporación de un segundo trazo vertical, y ocupa una longitud de 35,8 cm.

Esta traza plantea el problema inverso que los anteriores, al abrir un arco sobre un muro en el que sus paramentos no son paralelos al poseer espesor variable. Las dos jambas son paralelas entre sí y ortogonales a una de las testas del muro, pero oblicuas a la otra. El arco se genera por la proyección ortogonal de un arco de medio punto según la dirección de las jambas.

La superficie del intradós es un cilindro de revolución y la embocadura ortogonal a las jambas y a la dirección de proyección será un arco de medio punto, pero la opuesta será una sección del cilindro oblicua a su eje, por lo que se materializará en una semielipse rebajada.

Ambas testas poseen la misma rosca. El dovelaje se reparte de tal modo que se divide la embocadura correspondiente al arco de medio punto en siete partes iguales. Los lechos están generados por un haz de planos radiales que contienen al eje del cilindro y a cada una de las divisiones entre dovelas. Las juntas de testa de la embocadura semicircular, por tanto, serán los segmentos de los radios en el ámbito de la dovela; en la embocadura elíptica serán concurrentes en el centro de la elipse y las juntas del intradós son rectas horizontales, generatrices del cilindro.

La superficie del intradós de cada dovela la constituye la porción de cilindro existente entre sus dos aristas, que son rectas horizontales paralelas y definen un plano al que pertenecen sus cuatro vértices, por lo que la obtención de las plantillas para su labra resultará relativamente sencilla [Fig. 144].

Figura 144. Perspectiva caballera del arco esviado por testa obtenido a partir del modelo tridimensional del *arco que llaman de talus* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

A lo largo del texto, se aprecian dos incidencias correspondientes a errores cometidos durante la escritura, que fueron subsanados con carácter inmediato por el autor, dada la continuidad con que aparece escrita la palabra pretendida. La primera incidencia está en la línea veintidós, en la frase [...] *para la saltarregla ~~tom~~ saca otra escuadría* [...]. El autor se deja llevar por su habitual redacción y comienza a escribir la palabra *toma*, pero al percibir su error, la tacha y la sustituye por *saca*. La segunda incidencia aparece dos líneas más abajo, en la veinticuatro, [...] *y ponlo de ~~n~~ as adonde se tropieza con la escuadría* [...]. Aparentemente se comienza a escribir la palabra *asta* para tacharla y escribir a continuación *adonde*.

El arco aparece dibujado de mayor tamaño que lo habitual en las trazas anteriores, sus embocaduras ocupan la práctica totalidad de la anchura del folio y casi toda la altura. En la parte superior, se incluye el signo de encabezado tradicional, con un solo trazo vertical, diferente, por tanto, al del texto, y el título de la traza, *Arco que llaman de talus* a diferencia de los arcos anteriores del códice, está escrito en la parte inferior del folio, bajo el dibujo. En los vértices y puntos singulares se coloca la notación mediante letras que quedan referenciadas en el texto de la explicación.

El término *talus*, o talud, es empleado habitualmente en la tratadística, para referirse a muros en los que uno de sus paramentos no es vertical, mientras que para referirse a muros con testas verticales pero no paralelas, se emplea la denominación de *viaje por testa*. Sin embargo, el autor del manuscrito emplea el término *viaje* para oblicuidades de las jambas, pero designa con *talud* la de las testas.

El dibujo presenta novedades respecto a los anteriores en relación a los tipos de línea y tintas utilizadas. A los tipos de línea habituales, la continua que se emplea para todo el dibujo con excepción de las líneas auxiliares de las cuerdas y sus mediatrices obtenidas para localizar el centro del arco, que se dibujan con línea de trazos, hay que añadir la disposición de unos puntos relativamente gruesos que aparecen colocados en los extremos de las líneas que definen las saltarreglas.

En lo referente a las tintas, se ha empleado una de color sepia con la que se realiza gran parte del dibujo; una de color gris medio para el signo de encabezamiento y el título del arco; con tinta sepia más oscura se escribe la notación sobre el dibujo y el texto explicativo del folio izquierdo, así como las líneas auxiliares de trazos mencionadas, repitiéndose la situación, puesta de manifiesto con anterioridad, de que en un primer momento se realizaron los dibujos y posteriormente se incorporaron las notaciones, los

textos explicativos y algunas líneas adicionales, como en este caso sucede con las discontinuas, que el autor estimó conveniente incorporar al escribir la explicación del procedimiento de dibujo empleado. Aparece por primera vez en ese arco la inclusión de una tinta de color rojo que fue empleada para dibujar las plantillas de intradós y saltarreglas, así como los gruesos puntos mencionados, es decir, las líneas correspondientes a la solución del problema planteado, que de este modo quedan claramente diferenciadas del resto.

La traza presenta otra novedad en relación a los recursos gráficos, pues por primera vez en el código, se emplea la proyección ortográfica múltiple. Al resultar una de las embocaduras oblicua respecto de las jambas y de la otra embocadura, el arco de testa correspondiente es una elipse. El autor concede gran importancia a mostrar en detalle el procedimiento para su trazado y quizá por ello, es el único caso del conjunto de trompas, arcos, decendas y capialzados, pertenecientes al núcleo principal, en el que se dibujan los alzados de cada una de las embocaduras, abatidos sobre la línea que representa la testa en la planta.

En los alzados de las embocaduras se dibujan los arcos de intradós y trasdós, las juntas de testa y las líneas que proyectan sus vértices inferiores hasta la planta, en la que figuran las líneas de las impostas y las juntas del intradós, además de las plantillas de intradós y saltarreglas obtenidas.

El autor da por sabida una vez más la construcción de la planta y del alzado correspondiente a la embocadura semicircular, así como el modo de dividirla en las siete dovelas, pero sin embargo dedica una buena parte del texto a describir el trazado de la embocadura correspondiente a la elipse. El procedimiento comienza por el dibujo de las líneas auxiliares que proyectan desde la montea, los vértices y el punto central del intradós a la planta, prolongándolos hasta la línea de la embocadura y trazando perpendiculares a ella a las que se van trasladando las alturas correspondientes para cada dovela. Así, como se puede apreciar en la figura adjunta [Fig. 145], las longitudes "FG", "HI", "JK" y "LE" se trasladan sobre las perpendiculares a la embocadura oblicua respectivamente en "F'G'", "H'I'", "J'K'" y "L'E'" y sus correspondientes simétricas. Con esta operación quedan determinados los seis puntos intermedios de paso de la elipse, al margen de los dos arranques ya conocidos.

$$\begin{aligned}\overline{FG} &= \overline{F'G'} = \overline{F''G''} \\ \overline{HI} &= \overline{H'I'} = \overline{H''I''} \\ \overline{JK} &= \overline{J'K'} = \overline{J''K''} \\ \overline{LE} &= \overline{L'E'} \\ \overline{NO} &= \overline{N'O'}\end{aligned}$$

Figura 145. Construcción del alzado de la embocadura oblicua del arco esviado por testa, mediante tres arcos de circunferencia, según el procedimiento descrito en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

El paso siguiente trata de determinar los centros de arcos de circunferencia que contienen los puntos de paso obtenidos, de dos en dos dovelas, por lo que el autor lo que realmente pretende no es trazar una elipse, sino una curva compuesta de al menos tres arcos de círculo que se aproxime a ella. Para hallar los centros de los arcos, realiza la operación que denomina *adulcir*, consistente en trazar las cuerdas de las testas de dos dovelas consecutivas “CG” y “G’I”, dibujar las mediatrices de ambas cuerdas y determinar el punto de intersección de ambas “M” que será el centro del arco buscado.

Esta operación debe realizarse [...] *de tres en tres puntos* [...] que corresponden a dos dovelas consecutivas, sin que se aclare cómo se extiende la operación a las siete dovelas, aunque la simetría del arco de embocadura provoca que el centro obtenido para las cuerdas de las dovelas tercera y cuarta (la clave) sería el mismo que el obtenido para las dovelas cuarta (la clave) y quinta. Ello implica que para trazar la embocadura, que debe asemejarse a una elipse se obtendrían tres centros “M”, “P” y “M” y con ellos trazar los tres arcos que abarcarían respectivamente las dovelas uno-dos, tres-cuatro-cinco y seis-siete.

El problema de la construcción gráfica de la curva tomando los puntos de tres en tres lleva inevitablemente a la existencia de puntos angulosos en las uniones de cada pareja de arcos. Respecto al modo de realizar el trazado, Serlio (1600, I: f. 11v.) indica que se ha de hacer con la mano; De L’Orme (1561, f. 14), dice que los arcos se deben realizar con el compás; Vandelvira (c. 1585, f. 18v.) se refiere a la inclusión de Serlio, y ofrece las dos posibilidades, realizarlo con el compás, de tres en tres puntos, o con la mano, si los puntos son *espesos*; Martínez de Aranda (c. 1600), en la *difinition segunda*, habla de trazarlos con el compás¹³³.

Los tres centros están relativamente cercanos, por lo que la diferencia entre la elipse, el conjunto de tres arcos de círculo y una embocadura semicircular sería relativamente pequeña, aunque se pondría de manifiesto al paso de la línea por el punto medio teórico de la elipse “E”.

Sin embargo, a pesar de la descripción tan detallada de como trazar la curva semejante a la elipse, el autor no aplica en el dibujo su propio método. La embocadura que debería ser elíptica está realizada con un único trazo, pues no se aprecian uniones a lo largo de la curva, y se corresponde con un arco de circunferencia. La operación que se realiza es tomar la mitad de la longitud de la embocadura “CD”, trasladar dicha dimensión desde el punto medio de paso determinado para la teórica elipse, “E”, perpendicular a la

¹³³ A este respecto, ver Calvo (2000, 2: 20-22; 2002, 420-426).

embocadura, hasta obtener el punto "P", situado tras dicha línea, y haciendo radio en "P" trazar el arco de circunferencia rebajado "CE'D".

Probablemente el autor realiza la descripción detallada pensando en un trazado a tamaño natural, para ser construido, en donde las dimensiones pueden hacer difícil el trazado de la curva a mano y los errores de un trazado incorrecto serán de mayor significación, pero al realizar el trazo en el manuscrito busca una solución de dibujo fácil y suficientemente aproximada a la escala del trazado. Con Vandelvira sucede algo similar respecto al trazado de las bóvedas ovales, en las que recomienda su traza como elipses por doble afinidad, aunque las dibuja como óvalos, que le ofrecen una mayor libertad de trazado.

Este modo de trazar el arco explica el hecho, apuntado con anterioridad, de que las cuerdas de las dovelas y sus mediatrices fueran incorporadas con posterioridad, junto con el texto explicativo. En efecto, si se intenta realizar la operación de *adulcir* las dos primeras dovelas, el centro del arco que se obtendría sería el punto "M", que no está sobre el eje del arco.

A pesar de la acumulación de errores de dibujo provocados por los medios de traza con que se contaba, la variación en la posición del punto resulta significativa, por lo que parece más lógico pensar que en un primer momento se traza el arco rebajado, con centro en "P", forzando su paso por el punto medio obtenido "E'", y posteriormente, cuando se escribe la explicación, se fuerzan las perpendiculares a las cuerdas para que pasen por dicho centro, sin entrar en describir que pasaría si se hiciera la operación con el resto de las dovelas.

La precisión con la que acometen al arco rebajado las líneas auxiliares que trasladan las alturas de cada punto de paso, parecen hacer indicar que el proceso del dibujo también fue realizado a la inversa, es decir primero se trazó el arco y después se prolongaron hasta las líneas que deberían haber proporcionado sus puntos de paso. La diferencia respecto a la posición de los puntos en ambas situaciones es pequeña, por lo que a los efectos prácticos la cuestión no supondría una incidencia significativa.

Este hecho, conjuntamente con la acumulación de los errores de dibujo provoca que las direcciones de las juntas de testa de la embocadura elíptica no sean concurrentes en el centro de la elipse, como debería suceder por la disposición radial de los planos de lecho. Además, al sustituir los puntos teóricos de paso de la elipse por el arco de medio punto

rebajado, se comete un error bastante significativo en el dibujo de las primeras dovelas en ambas impostas, cuyas testas se alejan de la realidad.

Por lo general, el objetivo de las trazas contenidas en la tratadística de cantería es proporcionar los mecanismos necesarios para la obtención de los patrones, plantillas o envolventes que permitirán la labra de las dovelas integrantes del elemento constructivo. Para ello, las trazas y monteas se solían realizar a tamaño natural, bien directamente sobre la base sobre la que se ejecutaría la pieza, bien en algún lugar próximo. El tamaño natural minimiza los errores de trazado respecto a los que se pueden cometer en la pequeña escala de los dibujos incorporados en un cuaderno manuscrito.

Esta circunstancia podría explicar situaciones como la que se produce en la traza analizada, en la que se presta una especial atención a la obtención de los puntos de paso de la elipse y en el modo en que se deben obtener los centros de los arcos de circunferencia con los que se trazará una curva que se aproxima a la elipse, pero sin embargo, en el dibujo que se incorpora en el cuaderno no se siguen las instrucciones dadas, forzando la construcción para que, en apariencia, se aproxime a lo descrito en el texto.

Tras la explicación del modo de dibujar la embocadura, el texto se centra en describir el procedimiento para obtener las plantillas del intradós de la primera dovela de la parte derecha. Para ello, la operación más inmediata es realizar un abatimiento sobre la horizontal, del plano formado por las dos aristas del intradós tomando como charnela la inferior que es una recta de punta, dibujando la plantilla obtenida directamente sobre la planta. Los dos vértices de la imposta, "B" y "D" no se moverán, pues pertenecen a la charnela.

Para obtener el tercer vértice "T" se traza una perpendicular a la charnela desde la proyección en la planta del vértice superior "S", se toma del alzado la longitud "m" de la cuerda de la dovela en la embocadura oblicua y se traza un arco desde el vértice de la imposta "D" hasta que se interseca con la perpendicular trazada con anterioridad en "T". Como se ha puesto de manifiesto anteriormente, hay un error significativo en el alzado oblicuo por el hecho de haberlo dibujado con un arco de círculo, que afecta especialmente a esa primera dovela, en la que la longitud de la cuerda dibujada es sensiblemente inferior que la real. Sin embargo, el vértice de la plantilla está correctamente obtenido. Esto indica que probablemente el autor, que tiene obtenidos correctamente en el alzado los puntos de

paso de la elipse por los vértices de la dovela, los emplea para tomar las distancias de las cuerdas, aunque no los utilice para dibujar el arco.

La obtención del cuarto vértice "U" que permite cerrar la plantilla, es inmediata, trasladando la misma longitud de la cuerda "m" directamente sobre la planta en la embocadura circular desde el otro vértice de la imposta "B" [Fig. 146].

El autor muestra que conoce el recurso de los abatimientos, pues lo describe y lo ejecuta. Sin embargo, aparentemente no es consciente de que las dos aristas del intradós son paralelas y que por tanto, en la plantilla también deberían ser paralelas, por lo que podría haber simplificado la construcción determinando el punto "U" y posteriormente trazar una paralela a la imposta hasta que corte a la perpendicular desde el vértice opuesto. En lugar de ello, obtiene por separado cada uno de los dos vértices de la arista superior de la plantilla, trasladando en ambos la misma medida desde los extremos de una recta, pero los errores de dibujo le llevan a obtener una segunda recta que no resulta paralela a la primera.

Para determinar la saltarregla en la embocadura elíptica, única necesaria, pues en la embocadura semicircular es un ángulo recto, realiza una operación análoga abatiendo sobre la horizontal la testa sobre su arista inferior "RS". Para obtener el vértice necesario, se traza una perpendicular a ella desde la proyección del trasdós de la testa, "X" y haciendo centro en el vértice de la charnela "S", se traza un arco cuyo radio es la longitud "n" de la testa en la embocadura, que se cortará con la perpendicular en el vértice buscado "V" que permite definir la saltarregla mediante el ángulo formado por las rectas "RS" y "SV".

Al tratarse el intradós de una superficie cilíndrica de revolución dividida radialmente en partes iguales, las cuerdas de las testas de todas las dovelas serán iguales y por tanto, sus plantillas también serán de igual ancho, variando cada una de ellas en longitud y el ángulo que forman las juntas de intradós y testa en la embocadura oblicua, es decir, la saltarregla.

Figura 146. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en el *arco que llaman de talus* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Se han realizado las superposiciones de los dibujos con la representación correcta de la embocadura elíptica [Fig. 147], realizada según el procedimiento descrito, y con las plantillas obtenidas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional [Fig. 148], sobre el dibujo contenido en el código, con el fin de evaluar el grado de afección de los errores e incidencias detectados en la traza. Se aprecia que el alzado de la embocadura oblicua muestra diferencias significativas en la dirección de las testas de las primeras dovelas, así como en la rosca del trasdós, pero en el caso de las plantillas y saltarreglas, la aproximación es de nuevo más que notable.

Fig. 147. Superposición del dibujo de la embocadura, realizado según la descripción que acompaña a la traza, sobre el dibujo del *arco que llaman de talus*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Fig. 148. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del arco esviado por testa, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

La tratadística de cantería ha abordado con abundancia la apertura de un hueco en un muro producida por la proyección de un arco de medio punto, generando una superficie de intradós que es un cilindro de revolución, con las dos jambas paralelas a la dirección de proyección del arco y a con la particularidad de que alguno de los paramentos del muro es oblicuo a la dirección de proyección, lo que provoca que el arco de la embocadura resulte una elipse rebajada.

Trazas similares a la contenida en el código, que presenten una testa ortogonal y la otra oblicua al eje del cilindro, son sin embargo de escasa aparición en los tratados.

Hernán Ruiz (c. 1550, f. 47v.) la incluye, sin texto ni título, dibuja los arcos de ambas testas abatidos sobre las proyecciones en planta de las embocaduras y plantea la división del arco en siete dovelas [Fig. 149].

En cuanto al procedimiento para dibujar la elipse, el modo de obtener los puntos es igual al empleado por el autor del código, prolongando las líneas que *bajan los plomos* de intradós y trasdós hasta la embocadura oblicua, trazando desde las intersecciones perpendiculares a dicha embocadura y trasladando sobre ellas las alturas correspondientes a los vértices de las dovelas, con lo que se obtienen los puntos de paso de la elipse.

A diferencia del código, que falsea la elipse sustituyéndola por un único arco de circunferencia rebajado, Hernán Ruiz traza la elipse a mano, lo que se aprecia por la discontinuidad en la curvatura de las líneas, pasando por todos los puntos obtenidos. Además, dibuja también la elipse de la embocadura en el trasdós, con lo que la rosca no es de espesor uniforme.

Si en el código se dibujan concéntricos ambos arcos de embocadura, en este caso, las *tiranteces* o longitudes de las juntas de testa, van incrementando su longitud a medida que se aproximan a las impostas, como correspondería a la disposición planteada. La acumulación de errores de trazado hace que las direcciones de las *tiranteces* que dibuja Hernán Ruiz no sean concurrentes en el centro de la elipse, lo que supondría una contradicción con la disposición de los lechos en planos radiales en la testa semicircular, pues de ser así, los lechos no serían planos sino superficies alabeadas poco viables en una construcción real.

Plantea la labra de las dovelas por robos, siendo el único caso de los que contemplan arcos de estos tipos de esviaje que lo hace. Sobre el alzado ortogonal aparecen dibujados los prismas envolventes de las dovelas primera y segunda de la derecha.

Una segunda traza equivalente es el arco viaje contra cuadrado por testa de Martínez de Aranda (c. 1600, f. 7) [Fig. 150], que coincide con Hernán Ruiz y con el autor del código en la proyección múltiple, con los arcos de testa abatidos, y en el modo de obtención de los puntos de paso de la elipse, trasladando las alturas desde el arco de

medio punto, de una serie de puntos conocidos, como los vértices de las piezas, similar al empleado por De L'Orme¹³⁴.

Respecto al dibujo de la elipse, se mantiene el espesor de la rosca constante. El estudio de la traza por Calvo¹³⁵, desvela que una vez obtenidos los puntos de paso se traza una curva, que se aproxima a la elipse, con sucesivos arcos de círculo cuyos centros se obtienen intersectando las mediatrices de las cuerdas entre los vértices y los puntos medios de la embocadura en cada dovela, es decir el mismo procedimiento descrito en el texto del código, aunque no se aplicó al dibujo realizado. Martínez de Aranda divide la pieza en cinco dovelas y plantea la obtención de plantillas de intradós y saltarreglas por el mismo procedimiento que el código mediante abatimientos de los planos de las caras sobre rectas de punta.

La tercera traza similar aparece en el cuaderno de Portor y Castro¹³⁶. Plantea un arco con cinco dovelas [Fig. 151], al igual que Martínez de Aranda y obtiene las plantillas por el procedimiento empleado por todos los tratadistas, excepto el mencionado Hernán Ruiz, pero a diferencia de los anteriores, en el alzado dibuja únicamente el arco de medio punto proyectante. También Joseph Gelabert incluye en su manuscrito un arco esviado en una de las testas [Fig. 152], resuelto por el mismo procedimiento, aunque presenta la singularidad de que el arco proyectante no es de medio punto, sino carpanel¹³⁷.

La traza también está presente en tratados franceses. Jousse aporta dos soluciones diferentes. La primera de ellas¹³⁸, coincide con la mayoría de autores citados anteriormente, en el planteamiento geométrico y en el modo de obtención y dibujo de puntos del arco elíptico, pero para la determinación de las plantillas emplea procedimientos diferentes [Fig. 153].

¹³⁴ Procedimiento realizado por Martínez de Aranda, según Calvo (2000, 2: 41-45), conforme a la *definition tercera muestra extender y encoger arcos sobre un viaje*. Philibert de L'Orme (1561, ff. 14v-16v) había expuesto un método similar en las *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*.

¹³⁵ Calvo (2000, 2: 41-45) indica que la curva se traza según el procedimiento descrito por Martínez de Aranda en la *definition primera muestra bajar arcos grandes con pequeños y subir pequeños con grandes*.

¹³⁶ Portor y Castro (1708, f.6r.) lo titula *arco en viaje por testa contrabaje por plantas*, y forma parte del conjunto de tres trazas de arcos esviados en las testas incluidas en el *cuaderno*.

¹³⁷ Se trata del arch ansapaner biax per testa a una part (Gelabert 1653, f.70 r.). Su estudio y análisis está realizado por Rabasa (2011, 182-183).

¹³⁸ Jousse (1642, 10) la denomina *voute biaize avec le cintre*, manteniendo la asociación de las piezas con las bóvedas, pero incorpora una segunda denominación, *biaiz par teste simple*, coincidente con la empleada por la mayoría de autores.

Fig. 149. Hernán Ruíz el Joven, arco esviado por testa, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 47v.

Fig. 150. Ginés Martínez de Aranda, arco viaje contra cuadrado por testa, *Cerramientos y trazas de montea*, c. 1600, f. 7.

Fig. 151. Juan de Portor y Castro, arco en biaje por testa contrabiaje por plantas, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 6r.

Fig. 152. Joseph Gelabert, arch ansapaner biax per testa a una part, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 70r.

Las plantillas de lecho las agrupa en las impostas, a las que va trasladando las dimensiones de las aristas del intradós e intenta determinar las saltarreglas por un procedimiento distinto al abatimiento, en el que la arista de la embocadura oblicua se obtiene uniendo el punto trasladado a la imposta con el vértice de la dovela previa en la planta, lo que lleva a cometer errores significativos. Las plantillas de intradós se determinan desarrolladas en construcción independiente, partiendo de dos rectas paralelas separadas una dimensión igual a la cuerda de la dovela en el alzado semicircular,

sobre las que se van señalando las longitudes de las juntas del intradós inferior y superior de cada dovela.

Fig. 153. Mathurin Jousse, *Voute Biaize, avec le Cintre. Autrement Biaiz par teste simple, Le secret d'architecture...*, 1642, 10.

Fig. 154. Mathurin Jousse, *Voute Biaize rampante, avec son Cintre, Le secret d'architecture...*, 1642, 12.

Fig. 155. Philibert de L'Orme, *porte biaise par teste, Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 72r.

La segunda solución de Jousse resulta interesante, pues es el único que propone la solución inversa respecto de las embocaduras [Fig. 154], de tal modo que en la oblicua se propone un arco de medio punto, con lo que en la testa ortogonal a las jambas resulta un arco elíptico peraltado¹³⁹. No llega a dibujar en el alzado de dicho arco, pues se limita a determinar las cuerdas entre dovelas, a partir de cuyas longitudes dibuja el desarrollo poliédrico de las plantillas de intradós, para lo que emplea un procedimiento distinto del anterior, utilizando como línea base la sucesión de aristas de la testa ortogonal.

El caso en el que las dos embocaduras son paralelas entre sí pero oblicuas al eje del cilindro y por tanto, iguales y elípticas, es incluido por los tratadistas con denominaciones como la *porte biaise par teste*, de Philibert De L'Orme [Fig. 155], el *viaje por testa* de Vandelvira [Fig. 156], o el *arco viaje contra viaje por testa* [Fig. 157], de Martínez de Aranda¹⁴⁰. Cristóbal de Rojas, Fray Laurencio de San Nicolás, Gelabert y Portor y Castro también incorporan este tipo de arco¹⁴¹, que también figura en los tratados de otros franceses, Derand y Bosse¹⁴².

Otra variante es la que plantea que ambas embocaduras sean oblicuas respecto al eje del cilindro y entre sí. Este caso, en el que las testas se manifiestan como dos arcos elípticos diferentes, al igual que el citado anteriormente, está también contemplado por Vandelvira [Fig. 158], Martínez de Aranda [Fig. 159], y Portor y Castro¹⁴³.

Los tres autores emplean un arco de medio punto virtual que proyectan sobre los paramentos, pero Martínez de Aranda es el único que expone la construcción en verdadera magnitud o *cimbria* de una de las testas, y plantean la misma solución para obtener las plantillas mediante abatimientos alrededor de las rectas de punta, aristas inferiores del intradós de la dovela, para dibujarlas directamente sobre la planta. El manejo del abatimiento empleado por Vandelvira resulta más sencillo que el utilizado por el autor

¹³⁹ La traza aparece titulada como *Voute Biaize rampante, avec son Cintre* (Jousse 1642, 12).

¹⁴⁰ *Porte biaise par teste* (De L'Orme 1567, f. 72r.); *viaje por testa* (Vandelvira c.1585, f. 19v.) y (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 27v); *arco viaje contra viaje por testa* (Martínez de Aranda, f. 10). En los tres casos se proyecta el arco de medio punto según la dirección paralela a las jambas, obteniendo elipses rebajadas en los arcos de embocadura.

¹⁴¹ Las trazas relacionadas son el arco *viage contra viage* (Rojas 1598, f. 99v.); *bias por tiesta* o arco enviado (San Nicolás 1639, I: f. 71v.); *arch rado biax per testa* (Gelabert 1653, f. 66v.) y arco en biaxe por testa contrabixaxe por plantas (Portor 1708, f. 5r.).

¹⁴² Derand (1643, 157) la titula *Des arcs, portes et berceaux biaix par teste*, y Bosse (1643, pls. 55; 99) incorpora dos versiones, el *biais par teste sans talus*, de carácter más teórico, vinculado con los sistemas proyectivos de Desargues (1640), y una segunda, que figura en la parte final del tratado, en la parte a la que el propio autor se refiere como *Autre maniere encore de faire les panneaux*, titulada *Biais par teste sans talus*.

¹⁴³ Los arcos mencionados son el *arco disminuido* (Vandelvira c.1585, f. 19r.) y (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 27r); el arco disminuido por testa (Martínez de Aranda c.1600, f. 9) y el *arco disminuido por testas por plantas* (Portor 1708, f. 5v.).

del código, pues basta con dibujar el arco que refleja el giro de la arista en el alzado, desde su extremo trazar una paralela a la jamba y trasladar a ella ortogonalmente los vértices proyectados en la planta, por lo que no es necesario dibujar al arco de embocadura oblicuo para obtener las plantillas y saltarreglas.

Fig. 156. Alonso de Vandelvira, *viaje por testa*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 19v.

Fig. 157. Ginés Martínez de Aranda, *arco viaje contra viaje por testa*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f. 10.

Fig. 158. Alonso de Vandelvira, *arco disminuido*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 19r.

Fig. 159. Ginés Martínez de Aranda, *arco disminuido por testa*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f. 9.

El código no recoge trazas correspondientes a estas dos variantes del arco esviado en testa, motivo por el que no se han analizado en profundidad las relacionadas anteriormente, si bien la problemática que plantea es similar al caso en el que una de las testas sea ortogonal a la dirección de proyección, por lo que es de aplicación lo dicho para las trazas análogas a las estudiadas.

Un ejemplo temprano de arcos esviados en testa lo constituyen los existentes en el pórtico fortificado que está situado a los pies de la catedral de Santo Domingo de la Calzada [Fig. 160], en los que la directriz la conforman arcos ligeramente apuntados, con lo que se simplifica el problema de las testas semielípticas. No se disponen dovelas propiamente dichas en la clave, en la que unas cuñas de piedra completan el encuentro entre los dos laterales del arco¹⁴⁴. Uno de los edificios más significativos de la arquitectura civil renacentista en Soria, el palacio de los Condes de Gómara [Fig. 161], en su imponente fachada, posee un arco de estas características en el acceso al paso que cruza el edificio al nivel de la planta baja¹⁴⁵.

Más tardío, pero de gran interés es el arco de Santo Domingo, en Murcia [Fig. 162], realizado, para dotar de un camarín a la Virgen del Rosario, situado sobre la calle, por Toribio Martínez de la Vega a partir de 1710, que diseñó un cuerpo trapezoidal, limitado en sus testeros por dos arcos en esviaje, con una solución que permitía resolver estructuralmente los empujes de la nueva construcción entre los muros transversales preexistentes en los dos edificios conectados por el arco, la Capilla del Rosario y el palacio de los Marqueses de Almodóvar¹⁴⁶.

El arco de Santo Domingo emplea una combinación de las dos soluciones expuestas anteriormente. La forma general del arco, de planta trapezoidal, se corresponde con la disposición de la traza del código y con el *arco disminuido* de Vandelvira y Martínez de Aranda, pero la parte central se resuelve en ladrillo, mientras que para ambas embocaduras, los únicos elementos en los que se emplea la cantería, se adopta la forma de arco esviado propiamente dicho, resolviéndolas mediante el paso oblicuo.

¹⁴⁴ Ver Castro (1915-1916, 1: 312-319); Moya (1991); Sarthou y Navascues (1998, 255-257); Sainz y Díez (2009, 395) documentan la actuación llevada a cabo en 1982, en la que quedaron exentos el adarve ofensivo y las portadas, que hasta el momento quedaban parcialmente ocultas por la existencia de casas adosadas que fueron demolidas. Ver también Sobrino (2009, 551).

¹⁴⁵ La fachada, en su estado actual posee una longitud de 109 metros, aunque al parecer, es una parte de lo que se pensaba construir. El edificio se terminó en 1592 (Taracena y Tudela 1928, 132); (Chueca 1953b, 88-92). Ver también Cervera (1998, 67); Ribera (1996, 96) data la construcción de la parte izquierda entre 1577 y 1592.

¹⁴⁶ Respecto al arco de Santo Domingo y su estereotomía, ver García Baño, Natividad y Calvo (2013). Ver también Ibáñez (1928, 154); Agüera (1982, 80); Vera (1990, 30-49).

Fig. 160. Arco esviado en testa, catedral de Santo Domingo de la Calzada, s. XIV.

Fig. 161. Arco esviado en testa, palacio de los Condes de Gómara, Soria, 1592.

Fig. 162. Toribio Martínez de la Vega, arco esviado, Arco de Santo Domingo, Murcia, 1710.

Arco por esquina y rincón

Finalizado el grupo de arcos que presentan algún tipo de esviaje en alguno de sus elementos, el autor pasa a abordar piezas de carácter singular por las condiciones del muro. Los arcos correspondientes a la apertura de un hueco en la confluencia de dos muros reciben habitualmente la denominación de arco en esquina y rincón, en la que la esquina hace referencia al ángulo saliente y el rincón al ángulo entrante. En este caso se plantea la apertura de un hueco en el encuentro de dos muros de espesor uniforme, ortogonales entre sí, con una solución que como veremos, resulta única en el conjunto de la tratadística [Fig. 163].

Fig. 163. *Arco por esquina*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 11r.

El arco se genera por la proyección de un arco según la dirección del plano bisector de ambos muros. El arco directriz, contenido en un plano perpendicular al bisector es tal que las embocaduras producidas sobre ambos laterales del muro son cuartos de arcos circulares. Al ser la dirección de proyección oblicua a los paramentos del muro, para obtener una testa circular, el arco directriz será una elipse peraltada. A nivel geométrico, el problema consiste en determinar las secciones sobre un cilindro elíptico mediante planos oblicuos a su eje, tales que las curvas producto de la intersección sean circulares.

Queda despiezado en siete dovelas de tal modo que los arcos de círculo están divididos en partes iguales: tres partes y media en cada testa; con lo que la dovela que ocupa la clave suma las dos medias partes de cada lateral y su longitud queda igualada, de este modo, con el resto. Las jambas son paralelas al eje del cilindro, y forman con los muros un ángulo de cuarenta y cinco grados.

Fig. 164. Arco por esquina y rincón.

Las juntas de las testas en las embocaduras son radiales, concurriendo en el centro del arco, que es el punto situado en la esquina de los muros, a la altura del plano de impostas. Dichas juntas se proyectan sobre el arco elíptico directriz, de tal modo que serán igualmente concurrentes en el centro de la elipse, con lo que los lechos quedarán determinados por un haz de planos que se manifestarán de canto según la dirección de proyección del eje del cilindro, recta horizontal común a todos ellos [Fig. 165].

Figura 165. Perspectiva caballera del arco por esquina, obtenida a partir del modelo tridimensional del arco contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Cada una de las dovelas queda determinada por los dos planos verticales correspondientes a los muros en las embocaduras, los dos planos radiales de los lechos y las dos superficies cilíndricas elípticas correspondientes al intradós y al trasdós. Las juntas del intradós son rectas horizontales, generatrices del cilindro, que se proyectarán en la planta paralelas entre sí, y además la pieza presenta simetría respecto del plano bisector, lo que facilita la obtención de las plantillas necesarias para su labra.

Sin embargo, se da una circunstancia que complica la pieza y que generará problemas al autor para su resolución. En las embocaduras se disponen para el intradós y el trasdós, arcos concéntricos, con lo que las longitudes de las tiranteces radiales son iguales para todas las dovelas. Pero la oblicuidad de los muros con respecto a la dirección de proyección hace que en los arcos directrices no se pueda mantener esta circunstancia respecto de las elipses que generan el intradós y el trasdós. El espesor de la pieza es variable, con un valor mayor en la clave, que va disminuyendo progresivamente hacia las impostas, lo que supone que las proyecciones de las tiranteces sobre los arcos directrices también serán de diferentes longitudes.

Además, para que las dovelas se manifiesten en las embocaduras con igual dimensión, en la superficie del intradós se pierde esta igualdad, siendo mayores las dimensiones de las correspondientes a los arranques, que se ven minoradas progresivamente hasta la de la clave, que es la menor de todas.

La traza figura en el f. 11r., ocupa las tres cuartas partes superiores, y aparece desplazada hacia la zona derecha, ocupando el folio hasta su límite. En la parte izquierda queda un cierto margen libre de ocupación, y en la parte superior, centrados como es habitual, figuran el signo de encabezamiento y el título de *Arco por esquina*. Se mantiene la ausencia de textos explicativos en relación al arco, pero en este caso, se incorpora en la planta una notación relativa a la numeración de las dovelas.

Se da la circunstancia de que en el folio recto anterior, el número diez, aparecen dibujadas únicamente dos líneas continuas, trazadas con tinta en una posición similar y formando el mismo ángulo respecto de la vertical del folio, que las correspondientes al paño derecho del muro que figura en la traza, en lo que parece un intento previo de dibujar un arco análogo. El análisis de las marcas de traza existentes en el folio, indica que además de las dos líneas trazadas con tinta, se habían marcado exclusivamente las

horizontales, las verticales y el punto medio para trazar el muro de la izquierda, sin haber abordado el arco.

El muro que aparece dibujado es de mayor longitud y está situado en una posición más cercana al extremo derecho del folio. De ello se puede deducir que al autor comenzó a dibujar la planta del arco por esquina en el f. 10r., pero al intentar trazar la embocadura en la parte derecha, debido a la posición en la que se había trazado el muro, se percató de que el arco que debía dibujar quedaría parcialmente fuera del folio, por lo que el intento quedó frustrado, no prosiguió con el dibujo y comenzó nuevamente en el folio siguiente dibujando el muro de menor longitud y más centrado para conseguir que el conjunto quedara encajado en el folio. Para ilustrar la circunstancia expuesta, en la imagen adjunta, se ha dibujado el arco, conforme hubiera resultado de haber proseguido con la traza en las condiciones iniciales [Fig. 166].

Otra modificación recogida en la traza del f. 11r. es la relativa a la longitud de la línea que representa el paramento del muro correspondiente al rincón. En el dibujo inacabado, su extremo queda alineado horizontalmente con el extremo del paramento contrario, mientras que en el dibujo acabado ambos quedan alineados verticalmente, conforme a la dirección de las jambas del arco.

Fig. 166. Trazado del arco de embocadura, excediendo los límites del folio, en el arco por esquina inacabado, contenido en el manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 10r.

Para la representación del arco se ha empleado la proyección múltiple. En la parte inferior está representada la planta, en la que figuran las líneas correspondientes a los paramentos de los muros, las jambas y las juntas del intradós. Sobre la parte derecha del muro, aparece abatido el alzado de la embocadura, en el que se han trazado los arcos de intradós y trasdós, las líneas de las tiranteces y las líneas auxiliares que trasladan los vértices hasta la planta, en la línea exterior del paramento del muro.

En la mitad izquierda, se ha representado el alzado del arco directriz, abatido a partir de una línea horizontal que parte del vértice de la esquina de los muros, en el que aparecen dibujados los arcos de intradós y trasdós, las proyecciones de los planos de los lechos, que se manifiestan como tiranteces en la proyección oblicua, y las líneas auxiliares empleadas para determinar los puntos de paso de las elipses, en los vértices de cada dovela.

Adicionalmente, sobre la planta aparecen representadas, en la zona derecha, las plantillas correspondientes al intradós de las tres dovelas inferiores, y en la zona izquierda, las plantillas de los lechos de las tres juntas intermedias. Respecto a la notación incorporada, las dovelas de la parte derecha aparecen numeradas en la planta del número 1 al número 4, y sobre la plantilla de la dovela inferior, se duplica el número 1. En la parte izquierda, se numeran desde el número 2 al número 4 las tres plantillas de los lechos obtenidas. Se ha empleado una tinta de color gris medio para todos los elementos, escritos y dibujados. Esta es la primera ocasión en la que coinciden las tintas empleadas para escribir el título y su signo de encabezado con las del resto del dibujo, por lo que la traza puede indicar el momento a partir del cual el autor incorporó a los dibujos los títulos, no escritos inicialmente. Todos los elementos están trazados con línea continua.

Para trazar las curvas del intradós y trasdós del arco directriz, aunque no hay texto que describa el procedimiento, el análisis del dibujo indica que se ha empleado el mismo método de la traza precedente. En primer lugar, se determinan las proyecciones de cada vértice sobre la parte izquierda del muro, trasladando las de la parte derecha, obtenidas al dibujar el arco de embocadura, mediante trazos ciegos perpendiculares al eje de simetría, que en el dibujo resultan horizontales.

A continuación se proyectan, también mediante trazos ciegos paralelos al eje (verticales en el dibujo), los vértices obtenidos en el paramento izquierdo, hasta la línea de imposta del arco directriz, dibujada a partir de la esquina de los muros. Finalmente desde cada uno de los puntos obtenidos se trazan líneas auxiliares perpendiculares a dicha línea

de imposta, y sobre ellas se trasladan las alturas de cada vértice, tomadas del alzado de la embocadura dibujado previamente en la parte derecha. De este modo quedan determinados cinco puntos de paso para cada uno de los cuartos de elipse: la imposta, la clave y los tres puntos de los lechos intermedios.

El autor sustituye el cuarto de elipse por dos arcos de circunferencia, empleando el método de *adulcir*, que había explicado en la traza precedente, dibujando perpendiculares desde los puntos medios de las cuerdas de dos dovelas consecutivas y tomando centro en su intersección. El método empleado le lleva a cometer errores que apartan el resultado del real. En primer lugar, para el arco de las dos dovelas inferiores, se obtiene un centro situado por encima de la línea de imposta, por lo que el arranque del arco no es tangente a la vertical, como debería, sino que se cierra ligeramente. En la zona de la clave sucede lo mismo; al tomar únicamente la cuerda de la media dovela, el centro obtenido para el segundo arco no está situado en la vertical de la clave, como ocurriría si se hubiera contemplado la longitud completa, quedando hacia la derecha, por lo que el arco dibujado tampoco es tangente a la horizontal en el punto superior, resultando ligeramente apuntado [Fig. 167].

Respecto al método de labra contemplado en la traza, como se ha indicado anteriormente, es el de plantas, a partir de las plantillas de las caras de cada dovela. El procedimiento empleado para la obtención de las diferentes plantillas no queda explicado en el códice, por lo que ha sido determinado a partir del análisis y estudio de las marcas de traza existentes.

La geometría del arco implica que las dos embocaduras son iguales, y las plantillas correspondientes a las testas de cada dovela pueden obtenerse directamente del alzado dibujado en la parte derecha, pues en él están en verdadera magnitud. En cuanto a las plantillas del intradós, las dos aristas que las limitan son rectas horizontales y paralelas. El autor determina la plantilla correspondiente al polígono determinado por sus cuatro vértices, que no corresponderá con la verdadera magnitud de la superficie, pero será empleada como plantilla rígida para la labra.

La plantilla de la imposta será plana y se manifiesta en la planta en su verdadera magnitud, por lo que no precisa de construcciones adicionales para su obtención; otro tanto sucede con la clave, puesto que las dos aristas que la limitan están a la misma altura, por lo que igualmente se obtiene directamente de la planta. Bastará, por tanto, con

obtener las plantillas de las tres dovelas intermedias de uno de los lados, pues las del lado contrario serán iguales por simetría.

Fig. 167. Procedimiento de trazado del arco directriz en el *Arco por esquina*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 11r.

Para ello, el autor emplea el recurso del abatimiento directo, aunque quizá inseguro de su empleo, lo solapa con la triangulación. Particularizando para la primera dovela de la parte inferior derecha, la plantilla a obtener será la correspondiente a las proyecciones de planta de los puntos "ABCD". Utiliza como charnela del abatimiento, la horizontal "AB" que está en planta en verdadera magnitud. La longitud real de la arista "AC" es igual a la longitud de la cuerda "m" tomada del alzado. Para determinar la posición "C'" del punto "C" tras el abatimiento, traza una perpendicular a la charnela "AB" desde "C", y busca el punto de intersección con un arco de centro "A" y radio "m" [Fig. 169].

Para obtener la posición del cuarto punto "D' ", bastaría con trazar desde "D" una perpendicular a la charnela "AB" desde "C' " y buscar su intersección con una paralela a "AB" trazada desde "C' ". Sin embargo, el autor, quizá inseguro del método, además de trazar las líneas mencionadas, traza un arco con radio "m" y centro en "B" para obtener la intersección en el mismo punto, es decir duplica el procedimiento para obtener un mismo punto por dos vías diferentes. El mismo método se repite para hallar las plantillas de las otras dos dovelas.

Para determinar el grado de precisión del autor, se han obtenido las plantillas a partir de un modelo tridimensional, realizado con las condiciones del arco dibujado en el códice. La superposición de los resultados obtenidos sobre la traza muestra la existencia de errores de dibujo. Al dividir el arco en partes iguales, se cometen errores que hacen que las longitudes de las cuerdas "m"; "n"; y "o", que deberían ser iguales, en el dibujo no lo son. Este hecho, añadido a los errores derivados de trasladar las dimensiones a las plantillas, hacen que en el caso de la primera dovela se obtenga una plantilla de dimensiones ligeramente mayores a las que corresponderían, mientras que para las otras dos dovelas, las plantillas obtenidas sean inferiores en tamaño a las teóricas [Fig. 168].

Respecto a las plantillas de los lechos se emplea el mismo procedimiento, pero en esta caso, se cometen errores significativos que son de concepto, no de dibujo. Para hallar la plantilla del lecho entre la clave y la dovela contigua, correspondiente con las proyecciones "IJKL", se toma como charnela la arista "IJ".

A continuación, para determinar la posición del tercer punto "K' ", al igual que en el caso anterior, se traza una perpendicular a la charnela "IJ" desde "K". La longitud real de la arista de la testa se puede obtener en el alzado de la embocadura directamente de la tirantez de la dovela en "p"¹⁴⁷, con lo que trazando un arco con centro en "K" y radio "p", su intersección con la perpendicular anterior proporcionará la posición correcta del punto buscado "K' " [Fig. 169].

Sin embargo, el autor, para trazar el arco, en lugar de tomar la tirantez del alzado de la embocadura, la toma del alzado del arco directriz en "r", cuya proyección es oblicua respecto del paramento del muro, y por tanto no corresponde a la verdadera magnitud, siendo menor que ella [Fig. 168].

¹⁴⁷ El término tirantez se refiere a la dirección de los planos de hilada de un arco o bóveda. En el caso de los arcos de embocadura, la tirantez es la dirección de las juntas de testa entre las dovelas contiguas.

Figura 168. Obtención de plantillas de intradós y de lechos, según el procedimiento empleado en *arco por esquina* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Figura 169. Obtención de plantillas de intradós y de lechos, a partir de las proyecciones del modelo tridimensional del *arco por esquina* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

La obtención de la posición del cuarto punto “L’ ” se realiza del mismo modo que el citado para la plantilla de intradós, trazando perpendicular a la charnela desde “L”; paralela a ella desde “K’ ”, con lo que ya quedaría determinado el punto; y trazando además el arco con el radio erróneo “r” y centro en “J”, repitiendo el error del punto superior.

Si el autor mostrara la suficiente pericia en el manejo de los abatimientos y de las proyecciones oblicuas, no habría cometido este error, y en todo caso, hubiera empleado la magnitud de la tirantez “r” en el alzado del arco directriz, para determinar la distancia entre la charnela “IJ” y la otra arista abatida “K’L’ ”, con lo que habría obtenido un resultado correcto.

En el caso de las otras dos dovelas, el error se hace mayor, pues se repite el procedimiento, y en todos los casos el autor toma como longitud de la arista de testa del lecho la misma longitud de la tirantez “r” tomada del alzado del arco directriz, en lugar de la correcta, que sería la longitud “p” tomada en el alzado de la embocadura, o bien, en el caso de emplear las diferentes tiranteces “r”, “s” y “t” en el alzado elíptico, hacerlo para hallar las separaciones de las aristas del intradós y trasdós del lecho correspondiente.

Como se puede apreciar en la superposición mencionada anteriormente, los errores cometidos llevan en todos los casos de los lechos, a la obtención de plantillas significativamente menores que las teóricas [Fig. 170].

Los *arcos en esquina y rincón*, son uno de los tipos arquitectónicos y constructivos más peculiares del Renacimiento Español, de ahí que su problemática haya sido contemplada por la casi todos los autores pertenecientes a la tratadística canteril.

En la planta de uno de los templos que aparecen dibujados en el *Libro* de Hernán Ruiz (c. 1550, f. 106v.)¹⁴⁸, aparecen dibujados unos pasos hacia las dependencias situadas tras el altar mayor, abiertas en las esquinas de los muros [Fig. 171].

¹⁴⁸ Ver Navascues (1974, 46); Morales (1996, 148).

Fig. 170. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del arco por rincón, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Algunos autores, como Vandelvira (c. 1585); Guardia (c. 1600); Martínez de Aranda (c. 1600); Gelabert (1653); o Portor (1708), incorporan un numeroso grupo de soluciones que obedecen a diversas variantes en los elementos que conforman el arco, lo que resulta indicativo de los conocimientos geométricos empíricos de los maestros de cantería renacentistas y su capacidad para la resolución de los complejos problemas de estereotomía que este tipo de piezas implican¹⁴⁹.

¹⁴⁹ El presente apartado desarrolla un estudio previo que realizamos en relación a la presencia de trazas de arcos por esquina y rincón en los tratados y manuscritos de cantería del Renacimiento hispánico (García Baño y Calvo 2015).

La solución más habitual que contemplan la práctica totalidad de los autores, consiste en generar el hueco mediante la proyección de un arco de medio punto, según la dirección de las horizontales del plano bisector de la intersección de los muros. De este modo, se obtiene una superficie del intradós que es medio cilindro de revolución, y su encuentro con los muros produce arcos iguales en la esquina y en el rincón, cuyas embocaduras son cuartos de elipse.

Sin embargo, a pesar de las numerosas trazas que los autores de la Edad Moderna ofrecen para la resolución constructiva del problema, la solución contenida en el código resulta única en el conjunto de tratados y manuscritos analizados, pues como hemos visto, es la inversa de la contemplada por el resto de autores, forzando la proyección para que las embocaduras sean arcos de medio punto, con lo que la superficie del intradós es un cilindro elíptico peraltado.

El modo de abordar la solución tradicional en la que el intradós es cilíndrica de revolución, consiste en repartir las dovelas mediante la división del arco de medio punto directriz en un número impar de partes iguales y plantear las juntas de los lechos haciendo pasar por las divisiones un haz de planos radiales que comparten la recta horizontal del plano bisector de los muros que pasa por el centro del arco directriz, coincidente con el plano de las impostas.

Las jambas y las juntas del intradós son rectas paralelas a la dirección de proyección y todas tienen la misma longitud. Las juntas de las testas son radiales y convergentes en los vértices de la esquina y del rincón respectivamente, pero su longitud no es uniforme, sino que se va incrementando conforme se alejan de la clave. El procedimiento empleado generalmente para la resolución de la traza pasa por abatir las plantillas de las caras de intradós y lechos sobre un plano horizontal, tomando como charnela la arista inferior de cada cara, de modo análogo al empleado en el código, aunque en el modo de obtener los abatimientos se manifiestan diferencias en relación a las pericias de cada maestro.

La traza conforme a las condiciones mencionadas ya aparece incluida por De L'Orme (1567, f. 74r.) [Fig. 172], en la *porte et voute sur le coing*, con el procedimiento de abatimiento basado en las rectas de punta, con un despiece en cinco dovelas y un ángulo entre los muros de 110 °, mayor que el recto, en un intento de minimizar los efectos de los empujes, cuya incidencia será mayor conforme el ángulo entre los muros sea más agudo.

Fig. 171. Hernán Ruiz el Joven, templo, *Libro de Arquitectura*, c. 1550, f. 106v.

Fig. 172. Philibert de L'Orme, *porte et voute sur le coing*, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 74r.

Dejando aparte la inversión mencionada respecto a los tipos de arco directriz que se proyectan para generar la superficie del intradós y las embocaduras, las trazas que se pueden relacionar de un modo más directo con la contenida en el código, son la *puerta en esquina y rincón* de Vandelvira (c. 1585, f. 20v.) [Fig. 173], y el arco por esquina de Fray Laurencio de San Nicolás (1639, f. 74r.) [Fig. 174], que prácticamente copia la traza de Vandelvira.

En ambas, se despieza el arco en siete dovelas y los muros forman un ángulo de 90°. Las plantillas obtenidas y el modo de dibujarlas directamente abatidas sobre la planta, coinciden con la traza del código, aunque aparecen de modo inverso, pues Vandelvira obtiene las plantillas por cara en la parte izquierda y las de lecho en la parte derecha.

Sin embargo, Vandelvira muestra sus conocimientos en el manejo de los abatimientos, y no comete las duplicidades de procedimiento ni los errores mencionados respecto al autor del código. No dibuja el alzado elíptico de la testa, que no le es necesario para determinar las plantillas, pues obtiene todos los datos del alzado del arco directriz. Para obtener las plantillas del intradós, al igual que el autor del código, toma como charnela la arista inferior de la dovela, pero para determinar la posición de los otros dos

puntos, que no están contenidos en la charnela, toma del alzado la dimensión de la cuerda de la dovela, traza una paralela a la charnela separada dicha magnitud, y a continuación traza sendas perpendiculares desde las proyecciones iniciales en planta de los dos puntos buscados, hasta su intersección con la paralela trazada. Las plantillas de los lechos se obtienen de igual manera, pero en este caso, la separación entre la charnela y la arista opuesta que se abate es igual a la longitud de la tirantez de la dovela tomada igualmente del alzado del arco directriz¹⁵⁰.

En la misma línea que las mencionadas, están dos de las trazas que incorpora Guardia (c. 1600, ff. 54v.; 81v.). En la primera de ellas, tras haber dibujado inicialmente cinco dovelas, tacha las líneas de las tiranteces y aumenta el número a siete. En ella las plantillas si aparecen dibujadas en la misma posición que en códice: las de intradós a la derecha y las de lecho a la izquierda [Fig. 175]. En la segunda variante, titulada *arco por esquina y por rincón* [Fig. 176], también despiezada en siete dovelas, las plantillas están dibujadas coincidiendo con la disposición de Vandelvira, y presenta la particularidad de ser uno de los pocos casos en los que aparece dibujado el arco elíptico rebajado de la embocadura, que aporta la plantilla de la testa de la dovela.

En la perspectiva adjunta, obtenida por proyección a partir del modelo tridimensional, realizado con las características de la traza, se puede observar el proceso de generación del arco y compararlo con el contenido en el códice, especialmente en lo relativo a las proporciones relativas entre la luz y el espesor del muro [Fig. 177]. Estas primeras trazas, como indica Calvo (2015, 419), se limitan a reproducir la solución de Vandelvira y De L'Orme.

Pasando al conjunto de trazas que responden a los mismos criterios que las anteriormente mencionadas y mantienen el ángulo recto en la intersección de los muros pero reducen a cinco el número de dovelas, el propio Guardia (c. 1600, f. 66v.) [Fig. 178], añade la titulada *bentana en esquina*, en la que sobre la planta aparecen abatidas las plantillas del intradós, pero respecto a los lechos, como ha indicado Calvo (2015, 419), a pesar de emplear el mismo procedimiento de obtención, las plantillas aparecen agrupadas entre dos líneas en el alzado del arco directriz, aprovechando que el ancho de los lechos es uniforme en todas las dovelas. Simplifica el trazado al no dibujar la plantilla completa, sino

¹⁵⁰ El método empleado por Vandelvira para la obtención de las plantillas mediante abatimientos está descrito por Palacios ([1990] 2003, 74-79). La traza figura en la otra copia conservada del manuscrito, la de la BNE, (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 28v.) sin cambios respecto de la conservada en la ETSAM. Ver también Calvo (2001, 47).

exclusivamente unas líneas que representan las juntas de testa giradas, que permiten determinar el ángulo que forman con el intradós.

Fig. 173. Alonso de Vandelvira, *puerta en esquina y rincón*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 20v.

Fig. 174. Fray Laurencio de San Nicolás, *arco por esquina*, *Arte y uso de arquitectura*, 1639, l: 74r.

Fig. 175. Alonso de Guardia, *arco en esquina y rincón*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f.54v.

Fig. 176. Alonso de Guardia, *arco por esquina y por rincón*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 81v.

Figura 177. Perspectiva caballera del arco por esquina y rincón, obtenida a partir del modelo tridimensional del arco contenido en el manuscrito de Alonso de Guardia (c. 1600, f. 81v.).

Fig. 178. Alonso de Guardia, *bentana en esquina*, Rasguños de arquitectura y cantería, c. 1600, f.66v.

Martínez de Aranda (c. 1600, f. 72), en el *arco por esquina y por rincón* [Fig. 179], emplea el mismo procedimiento que De L'Orme y Vandelvira, pero añade abatido sobre el lateral del muro en la cara del rincón, el alzado de la embocadura abatido, trasladando las alturas de los vértices de las dovelas y los puntos medios de las cuerdas, con el fin de incrementar el número de puntos de paso de la elipse y aumentar la precisión del dibujo¹⁵¹. El *arco en esquina y rincón por plantas*, que con posterioridad dibujaría Portor (1708, f. 7r), copia la solución de Aranda, pero dibuja el alzado de la embocadura sobre el lado contrario del muro [Fig. 180].

Gelabert (1653, f. 114r.) en la *finestra de canto ab sa mitja curva* [Fig. 181], plantea una interesante pieza proyectando sobre la embocadura de la esquina un arco de medio punto y sobre la del rincón un rectángulo, resolviendo con planos verticales en el eje de los muros la transición entre ambas superficies¹⁵².

Frente a los ejemplos anteriores, el manuscrito 12744 de la BNE, contiene una solución, denominada *puerta en esquina y rincón*, que se desvía del resto [Fig. 182]. Emplea un ángulo de intersección entre los muros de 112°, muy cercano al que De L'Orme había elegido para la *porte et voute sur le coing*, y no obtiene las plantillas por abatimiento, directamente dibujadas sobre las charnelas en la planta, como el resto de autores

¹⁵¹ En relación a la traza de Aranda, ver el análisis realizado por Calvo (2000, 2: 185-202).

¹⁵² Ver el estudio específico en relación a las características de la pieza en Rabasa (2011, 314-315).

mencionados; las determina por triangulación, en una construcción independiente para cada una de ellas, dibujada bajo la planta del arco¹⁵³.

Fig. 179. Ginés Martínez de Aranda, *arco por esquina y por rincón* Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f.72.

Fig. 180. Juan de Portor y Castro, *arco en esquina y rincón por plantas*, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 7r.

Fig. 181. Joseph Gelabert, *finestra de canto ab sa mitja curva*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 114r.

Fig. 182. *Puerta en esquina y rincón*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 20r.

¹⁵³ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744. La traza aparece en el folio 20 r., y el texto descriptivo que la acompaña remite la obtención de las plantas y las saltarreglas a la traza del *viaxe contra viaxe*.

Además del mencionado De L'Orme, otros autores franceses del XVII contemplaron en sus tratados trazas de arcos en esquina y rincón. Derand (1643, 171) incluye la *porte et berceau sur le coing* [Fig. 183], abierta en el encuentro de dos muros en ángulo recto, despiezada en cinco dovelas y resuelta por el mismo procedimiento que habían mostrado anteriormente De L'Orme, Vandelvira o Aranda.

Bosse (1643, pls. 67; 68; 72), incorpora en una primera lámina dos dibujos en perspectiva que titula respectivamente *porte sur le coin* y *porte dans l'angle* [Fig. 184], que corresponden con imágenes de un mismo arco, abierto en el encuentro de dos muros que forman un ángulo recto, contemplado desde el ángulo saliente o desde el ángulo entrante.

La novedad de la traza de Bosse es que no emplea como directriz un arco de medio punto, como el resto de los tratadistas, pero tampoco sus embocaduras son cuartos de círculo como había forzado el autor del código en su solución diferenciada. Bosse emplea como embocaduras dos arcos circulares, pero rebajados y apuntados, de modo que no existe tangencia con la vertical en el arranque, ni tangencia con la horizontal en la clave.

En dos láminas posteriores recoge el procedimiento para la obtención de las plantillas, en desarrollo, como es habitual en él, del método de Desargues basado en los cambios de plano de proyección. En la primera de ellas incorpora el correspondiente a la *porte dans l'angle* [Fig. 185]; y en la segunda, el de la *porte sur le coin* [Fig. 186].

Las trazas de Bosse completan el grupo de las que se relacionan de una forma más directa con la del código, por sus características comunes de generación de la superficie del intradós por proyección según la horizontal del plano bisector del encuentro de los muros, disposición de los lechos en un haz radial de planos, con aristas horizontales en el intradós, jambas paralelas a la dirección de proyección y simetría en la pieza.

Respecto al motivo de que el autor del manuscrito sea el único de todos que plantea arcos circulares en las testas e intradós elíptico peraltado, únicamente cabe establecer posibles hipótesis. Se podría pensar que el autor desconociese la solución alternativa de testas elípticas e intradós circular, pero en una de las trazas que aparecen posteriormente en el código, el capialzado en esquina y rincón, como se verá, utiliza precisamente esta opción, en la que la testa no adintelada es elíptica, generada por la proyección de un arco semicircular.

Fig. 183. François Derand, *porte et berceau sur le coing*, *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 171.

Fig. 184. Abraham Bosse, *porte sur le coing, y porte dans l'angle*, *La pratique du trait a preuues de M. Desargues...*, 1643, pl. 67.

Fig. 185. Abraham Bosse, *porte dans l'angle*, *La pratique du trait a preuues de M. Desargues...*, 1643, pl. 68.

Fig. 186. Abraham Bosse, *porte sur le coing*, *La pratique du trait a preuues de M. Desargues...*, 1643, pl. 72.

Según la opinión de Calvo (2000, 2: 191), De L'Orme, Vandelvira o Aranda, adoptan las testas elípticas rebajadas de una manera voluntaria, para compensar el efecto visual de apuntamiento que la propia geometría del arco provoca.

En cualquier caso, el intradós de revolución ofrece ventajas respecto del elíptico, pues las anchuras de las dovelas quedan igualadas y además todas tendrán la misma curvatura, lo que facilita la labra controlar la curvatura de una forma directa mediante el baivel. Los inconvenientes se trasladan a las testas, pues cada dovela se manifestará de un tamaño diferente y para mantener un espesor uniforme en las dovelas, las roscas de los arcos de embocadura presentarán una anchura variable, que disminuye desde la clave hacia las impostas.

Pero una de las características de un gran número de este tipo de arcos, como se verá más adelante, es la de proporcionar una imagen significativa en la esquinas de las fachadas de los edificios. Si el aspecto exterior del arco debe ser primordial, frente a los posibles problemas geométricos o de labra, en ese caso parece razonable intentar plantear las testas como cuartos de círculo, con todas las dovelas del mismo tamaño y con la misma rosca, consiguiendo un efecto más rotundo que con la elipse rebajada, lo que explicaría la solución dibujada en el código. En cualquier caso, los ejemplos de arcos contruidos que respondan al modelo del código son muy escasos.

En relación a la capacidad de la traza para ser materializada en un edificio, al margen de cuestiones de imagen, hay que contemplar los aspectos geométricos, directamente relacionados en cantería con las consideraciones constructivas del arco. En este caso, puesto que los planos de los lechos son paralelos al eje del cilindro, los empujes que transmite cada dovela a su contigua tendrán una componente perpendicular a dicho plano y por tanto al eje del cilindro, no coincidente con el eje del muro. La estabilidad de la pieza dependerá de su capacidad para contrarrestar el denominado *empuje al vacío*, que pasa por que la resultante de los empujes de cada dovela o conjunto de ellas, quede incluida en el ámbito del muro, circunstancia que difícilmente puede conseguirse con las dimensiones de luz y ancho de muro con los que aparece dibujada en el código.

Considerando la esbeltez de la pieza como la relación entre la luz del arco y el ancho de los muros, en el arco dibujado en el manuscrito la luz supera en 7,5 veces al ancho de muros, lo que hace imposible que la resultante de los empujes pase por el ámbito de la jamba.

El conjunto de arcos que guardan relación con él, descritos anteriormente, presentan valores mucho más conservadores. Tras el del código, los dos que le siguen corresponden a las dos últimas soluciones de Guardia y reducen la esbeltez a la mitad, con valores 3,35 y 2,91; seguidos de Philibert De L'Orme, que, aunque en el texto que acompaña a su traza indica la posibilidad de hacer una puerta con seguridad y sin peligro, de diez, doce pies o tan ancha como se precise, plantea un arco con esbeltez 2,76¹⁵⁴. Valores más conservadores adoptan los arcos de Vandelvira con 2,73; el de rincón de Bosse con 2,70; la primera opción de Guardia con 2,63; el manuscrito 12744 de la BNE con 2,56; San Nicolás con 2,50; Martínez de Aranda con 2,46; Portor con 2,37; Derand con 2,05 y la solución de rincón de Bosse con 1,96.

Como se desprende de los valores obtenidos, todos ellos se mueven en una banda razonablemente conservadora, suficiente para ser materializados sin demasiados problemas constructivos, excepto el contenido en el código, que queda completamente fuera de rango.

Su aparente inviabilidad constructiva parece indicar que el autor del código no poseía experiencia en la construcción de arcos de este tipo y además es lógico pensar que desconociera las soluciones más viables del resto de autores, incluso los primeros que vieron la luz, como De L'Orme, Vandelvira, Aranda o Guardia, pues de haberlas conocido, hubiera planteado una opción más razonable, hecho que unido a la singularidad del planteamiento, refuerza la hipótesis de que los contenidos del código son previos a ellos.

Las variantes que la tratadística contempla para los arcos de este tipo son múltiples. Manteniendo la superficie del intradós como un cilindro de revolución, se van incluyendo arcos cuyas condiciones incrementan su dificultad. El primer nivel correspondería al grupo en el que se plantean modificaciones en las características de los muros.

Haciendo que una de las testas sea plana y manteniendo la otra en rincón, incluyen soluciones: De L'Orme (1567, f. 81v.) con la *porte sur un angle obtus, ronde d'un costé et creuse en dedans, l'autre moitié droite*, en la que uno de los muros es cilíndrico [Fig. 187]; Vandelvira (c. 1585, f. 21r.), en el *arco en rincón desigual* [Fig. 188], que convierte en oblicua la testa plana, rompiendo la simetría, lo que implica un arco en esquina por una testa y esviado por la otra [Fig. 191]; Gelabert (1653, ff. 75r; 76r; 77r; 81r; 127r), con cinco piezas denominadas *portales* con diversos grados de complejidad, desde la pieza simétrica a la

¹⁵⁴ [...] *Vous y pourrez faire une porte, i ene diray de trios pieds de large seulement, ains de dix, douze, & tant que vous enaurez affaire [...]* (De L'Orme 1567, f. 73r.).

moldurada o la que desplaza el rincón, añadiendo el talud en uno de los muros y la curva en el otro¹⁵⁵; y Portor (1708, f. 7v.) en el *arco por rincón contra cuadrado por plantas*.

Al modificar la disposición y espesores de los muros, en el *arco dos rincones por plantas*, Portor (1708, f. 8r.) incluye un singular arco con dos rincones [Fig. 189], situación que también se da en el *portal de raco a tres parets qui nos enquantren de Gelabert* (1653, f. 78r.) [Fig. 190], aunque en este caso son tres los muros intervinientes.

Fig. 187. Philibert de L'Orme, *porte sur un angle obtus, ronde d'un costé et creuse en dedans, l'autre moitié droite*, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 81v.

Fig. 188. Alonso de Vandelvira, *arco en rincón desigual*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 21r.

Fig. 189. Juan de Portor y Castro, *arco dos rincones por plantas*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 8r.

Fig. 190. Joseph Gelabert, *portal de raco a tres parets qui nos enquantren*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 78r.

¹⁵⁵ En relación a las trazas de Gelabert, ver Rabasa (2011, 198-205; 216-217; 350-351).

Figura 191. Perspectiva caballera del *arco en rincón desigual*, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el *Libro de trazas de cortes de piedras*, de Alonso de Vandelvira (c. 1585, f. 21r.).

Figura 192. Perspectiva caballera de la *ventana en esquina*, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el manuscrito de Alonso de Guardia (c. 1600, f. 66v.).

Además de este grupo, encontramos tres piezas que plantean problemas específicos: Una de las *bentanas en esquina* de Guardia (c. 1600, f. 66v.) [Fig. 193], que desplaza la bisectriz respecto del eje del arco hasta hacerla coincidir con la junta de la segunda dovela [Fig. 192], lo que provoca que la clave quede íntegramente en la embocadura de uno de los muros. Emplea la solución ya mencionada de incluir las plantillas de las testas agrupadas entre dos líneas verticales¹⁵⁶.

La segunda, el *arco por esquina y rincón de ángulos y lados desiguales*, de Martínez de Aranda (c. 1600, f. 74) [Fig. 195], que ante un problema similar, propone una solución que mantiene la clave del arco en la dovela central, cuyo punto medio coincide con la bisectriz de los muros. Para resolverla, modifica la superficie del intradós de tal modo que el cilindro generador sea en una parte de revolución y en la otra elíptico¹⁵⁷.

La tercera pieza, el *arco por esquina y rincón avanzado y escarpado*, de Portor y Castro (1708, f. 38r.), abierto en la intersección de dos bóvedas de cañón de igual diámetro, más relacionado con el luneto cilíndrico, en una interesante proyección múltiple con la sección superpuesta sobre la planta y un cambio de plano vertical para obtener las alturas de las juntas del arco en la bóveda [Fig. 194].

Otras variantes recogidas por los tratados se refieren a piezas en las que los parámetros modificados se refieren a las condiciones impuestas para las directrices sobre ambas testas, proyectando sobre ellas arcos diferentes, lo que provoca que la superficie del intradós deje de ser cilíndrica, para convertirse en cónica, como es el caso del *arco por esquina y rincón abocinado*, de Martínez de Aranda (c. 1600, f. 78) [Fig. 196], que plantea una solución singular, proyectando sobre las embocaduras dos arcos de medio punto de diferentes diámetros con su centro a la misma altura, el menor de ellos en el rincón¹⁵⁸. La superficie del intradós plantea una proyección cónica no alabeada, que no es de revolución, con las juntas de lecho convergentes en un punto, produciendo un efecto visual en el que el vértice de la esquina se percibe muy elevado [Fig. 206].

Cabe mencionar también los capialzados en los que sus testas son producto de la proyección de un arco de medio punto, pero que adicionalmente disponen de una molduración en el intradós, generada por un arco de menor diámetro, lo que equivale a una combinación de dos capialzados en ambos lados más un arco cilíndrico en el interior.

¹⁵⁶ El análisis del procedimiento empleado por Guardia ha sido realizado por Calvo (2015, 419-420).

¹⁵⁷ Ver estudio específico en relación al modo en el que se obtienen las plantillas, en Calvo (2000, 2: 194-198).

¹⁵⁸ Ver estudio específico en Calvo (2000, 2: 198-201).

Fig. 193. Alonso de Guardia, *bentana en esquina*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f.66v.

Fig. 194. Juan de Portor y Castro, *arco por esquina y rincón avanzado y escarpado*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 38r.

Fig. 195. Ginés Martínez de Aranda, *arco por esquina y rincón de lados y ángulos desiguales*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f.74.

Fig. 196. Ginés Martínez de Aranda, *arco por esquina y por rincón abocinado*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f.78.

La moldura incorporada en el intradós puede adoptar una disposición paralela a las embocaduras, como sucede en otra de las variantes que ofrece Ginés Martínez de Aranda (c. 1600, f. 80), el *arco por esquina y rincón desquijado* [Fig. 197]; o bien alinearse con la dirección perpendicular al plano bisector de los muros, lo que permite emplearla para alojar una carpintería plana, sin necesidad de quebrarla. Tal disposición aparece en el *arco por esquina* de Fray Laurencio de San Nicolás (1639, f. 73r.) [Fig. 199], y en una traza copiada por Portor (1708, ff. 77r.; 78r.) en dos versiones, con ligeras modificaciones [Fig. 200];

¹⁵⁹ Para las trazas de Martínez de Aranda, ver Calvo (2000, 1: 201-203; 2: 173-176). En relación a Portor, ver Carvajal (2011, 213).

Fig. 198. Ginés Martínez de Aranda, *puerta por esquina capialzada contra capialzado por rincón de arco*, Cerramientos y trazas de montea, c. 1600, f. 214.

Fig. 200. Juan de Portor y Castro, arco por esquina, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 77r.

Figura 201. Perspectiva caballera del arco por esquina y rincón capitalizado, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el Cuaderno de arquitectura de Juan de Portor y Castro (1708, f. 77r.).

Si los arcos son de naturaleza diferente, se genera en el intradós en una superficie alabeada, lo que vincula los arcos con los capialzados, por lo que serán objeto de estudio en el apartado de la traza del capialzado en esquina y rincón.

No escapan a su inclusión los casos en los que el arco directriz se proyecta sobre el encuentro de los muros según una dirección inclinada, por lo general perteneciente al plano bisector, dando lugar a decendas de cava en esquina y rincón, como la *decenda de cava en rincón y esquina* [Fig. 202]¹⁶⁰, y la *tronera en esquina y rincón* de Vandelvira (c. 1585, ff. 33r.; 41v.), o las soluciones de Portor (1708, ff. 8v.; 46v.-47r.) en el *arco por esquina y rincón capialzado por plantas* [Fig. 203], y el *arco por esquina y rincón en ascende de cava*.

Llevando la directriz al límite, hasta convertirla en una recta, que se proyecta sobre los muros, se genera el arco adintelado en el que el intradós es una superficie plana, cuyas juntas son resueltas por los tratadistas mediante dos haces de planos, con un eje horizontal y otro eje inclinado, pertenecientes al plano bisector de los muros. Philibert de L'Orme (1567, ff. 72v.-73r.) se muestra contrario a la posibilidad de construir este tipo de arcos: [...] *en esos lugares huecos de puertas y ventanas no se deben de hacer dinteles, pues por muy grandes y gruesas piedras que pusieras no valdría de nada* [...]; sin embargo, posteriormente, Fray Laurencio de San Nicolás (1639, ff. 69v.-70r.) incorpora una traza de arco por esquina adintelado [Fig. 204], y en el texto que acompaña la traza contradice la opinión del francés: [...] *El arco por esquina no se puede hacer de ladrillo, mas de cantería sí* [...].

La traza de Fray Laurencio, que Portor (1708, f. 80r.) copiaría posteriormente de un modo casi literal, contiene errores en el dibujo, en el que existen discrepancias en las divisiones de las dovelas entre la planta y el alzado, y también en el modo en que se propone la labra. El autor recomienda que la parte de la clave perteneciente al rincón sea ligeramente más ancha que la de la esquina, para evitar el desplazamiento hacia el exterior por efecto de los empujes, y ante la complejidad de la pieza, recomienda a quien la intente realizar, que previamente la corte en yeso [Fig. 207]. Gelabert (1653, f. 79r.) también incorpora una pieza en rincón, que denomina *portal roma de raco* [Fig. 205], adintelado, con la simplificación de poseer una de las testas plana¹⁶¹.

¹⁶⁰ El procedimiento empleado por Vandelvira para la obtención de plantillas ha sido descrito por Palacios ([1990] 2003, 114-115).

¹⁶¹ Para la geometría de la pieza, modo de resolución y proceso de labra, ver Rabasa (2011, 208-211).

Fig. 202. Alonso de Vandelvira, *decenda de caba en rincón y esquina*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 31r.

Fig. 203. Juan de Portor y Castro, *arco por esquina y rincón capialzado por plantas*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 8v.

Fig. 204. Fray Laurencio de San Nicolás, *arco por esquina adintelado*, *Arte y uso de arquitectura*, 1639, l: 70r.

Fig. 205. Joseph Gelabert, *portal roma de raco*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 79r

Figura 206. Perspectiva caballera del *arco por esquina y rincón abocinado*, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en *Cerramientos y trazas de montea*, de Ginés Martínez de Aranda (c. 1600, f. 78).

Figura 207. Perspectiva caballera del *arco por esquina adintelado*, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en *Arte y uso de arquitectura*, de Fray Laurencio de San Nicolás (1639, I: f. 70r.).

La totalidad de las trazas mencionadas poseen una característica común: de un modo invariable, los muros en cuyo encuentro se formará la apertura, aparecen dibujados girados, de tal modo que la bisectriz de ambos quede alineada con el eje vertical del folio, y en el alzado, lo que se dibuja es la proyección oblicua de las embocaduras, a la que se concede más importancia que al propio alzado de las testas, que aparece en contadas ocasiones, una de ellas en el códice. Para los maestros, por encima de la configuración de sus paramentos, lo que prima es la percepción diagonal, como muestra de la consideración del arco en esquina entendido de un modo unitario y como elemento de portada.

En relación con sus antecedentes arquitectónicos, Del Hoyo (1976, 229-220) ha citado algunos de los dibujos del veneciano Jacoppo Bellini [Fig. 208], realizados a mediados del siglo XV, en los que aparecen balcones angulares, cuya existencia física real, que habría sido puesta en duda por Chastel y Klein ([1954] 1971, 165), al asociarlas con imágenes idealizadas por el pintor, quedaría refrendada, en su opinión, por las similitudes con las *vedute* pintadas por *Canaletto* tres siglos después [Fig. 209]. Calvo (2000, 2: 187), incluye adicionalmente como referencias los dibujos de *Filarete* (c. 1464) [Fig. 210; Fig. 211], y edificios venecianos del XV como los palacios *Priuli all'Osmarin* [Fig. 212], y *Dario*¹⁶² [Fig. 213].

Tanto los dos autores mencionados, como Sanz (2007, 481); (2008, 197-222), que ha estudiado los balcones en esquina en el ámbito extremeño, coinciden en diferenciar los antecedentes venecianos respecto de modelos hispánicos, a los que otorgan un carácter propio. Los ejemplos italianos mencionados, dibujados o contruidos, contemplan las ventanas o balcones en esquina como una conjunción de dos arcos enteros que se yuxtaponen en la esquina, compartiendo por lo general una pilastra o columna común, o responden a logias continuas que horadan el muro, cuya presencia alcanza la esquina, doblándose en ella el arco, para dar continuidad visual al conjunto.

Los españoles, por el contrario, derivaron hacia formas que constituyen una única pieza que ocupa la esquina con entidad propia, respondiendo a la búsqueda de una imagen, como entidad que debe ser entendida desde la diagonal¹⁶³, en la que desaparece el elemento estructural vertical, haciendo alarde de los conocimientos de estereotomía de los maestros responsables de su ejecución, derivados de los modelos contenidos en la tratadística, analizados anteriormente.

¹⁶² Para los dibujos de Jacoppo Bellini, Joost-Gaugier (1980); para Canaletto, Berto y Puppi (1963); para Filarete, ver además Arnau (1988, 7-68).

¹⁶³ A este respecto, ver Winfried (1933, 277-279), el primer trabajo que estudia en concreto el balcón de esquina.

Fig. 208. Jacopo Bellini, la decapitación de San Juan Bautista, cuaderno de dibujos, ff. 15v.-16r. (fragmento), Museo del Louvre, c. 1450.

Fig. 209. Giovanni Antonio Canal (Canaletto), Gran Canal entre el palacio Bembo y el Palacio Vendramin (fragmento), c. 1730.

Fig. 210. Antonio Averlino (Filarete), ventanas en esquina, tratado di architettura, c. 1464, f. 192r.

Fig. 211. Antonio Averlino (Filarete), ventanas en esquina, tratado di architettura, c. 1464, f. 120r.

Fig. 212. Balcón en esquina, *palazzo Priuli all'Osmarin*, Venecia, s. XV. (Foto: D. Descouens).

Fig. 213. Ventanas en esquina, *palazzo Dario*, Venecia, s. XV. (Foto: L. Neumann).

Durante los siglos XVI y XVII, fueron de frecuente aparición en España, mientras que en el ámbito francés, a pesar de que tratadistas como De L'Orme, Derand o Bosse, contemplaron algunas soluciones, su presencia es muy escasa.

Su construcción puede obedecer a solucionar la necesidad de abrir un hueco de paso en el ángulo de un muro, pero el gran despliegue de soluciones lo podemos encontrar en la materialización de una ventana o balcón en la esquina de las fachadas. Las razones que llevaron a sus autores a horadar las esquinas, con la complejidad constructiva que ello implica, responden a circunstancias diversas: pueden tener una función defensiva, pues permiten con un único hueco, dominar visualmente los dos frentes del edificio; constituir un motivo ornamental de la fachada, que respondiera a la moda del momento y permitiera a sus propietarios competir en la posesión de un elemento tan singular, haciendo signo de ostentación; o responder a cuestiones compositivas, dada la estructura de la trama urbana de muchas de las ubicaciones, en las que las calles estrechas impedían la disposición de un eje que materializara una visión hacia la portada, por lo que el elemento representativo se desplazaba a la esquina, donde podría ser contemplado desde un entorno más lejano, en ambas direcciones.

Uno de los pocos ejemplos de la época final del medievo que se conservan en la Sicilia destruida por los grandes terremotos de los siglos XVI y XVII, permite abrir una nueva vía de investigación en relación al origen de las piezas de esquina españolas y su posible llegada a través de los territorios controlados inicialmente por la Corona de Aragón, y posteriormente la española. Se trata del *Palazzo Alliata di Pietratagliata de Palermo* y concretamente de la ventana en esquina que ocupa la parte superior de la fachada en la confluencia de *via Pizuto y via Bandiera* [Fig. 214], que data del último cuarto del siglo XV¹⁶⁴.

La situación del palacio, en la confluencia de las dos estrechas calles, presenta las mismas premisas que durante los dos siglos siguientes condicionarían la composición de un número significativo de palacios extremeños y castellanos. Su autor, al trazar el arco, se desmarca completamente de los modelos venecianos. Si la composición de las zonas centrales de ambas fachadas se resuelve con bíforas coronadas por arcos de medio punto, a la esquina se le da una solución particular: se conserva la tracería, al igual que en el resto de huecos de la fachada, y la columnilla situada en la arista, con una función más estética que estructural, pero se dispone un hueco de tamaño considerablemente mayor, compuesto por dos cuartos de arco que confluyen en la arista, focalizando la imagen de la fachada desde la diagonal, como hacen los responsables de los ejemplos españoles.

¹⁶⁴ En relación al Palacio *Alliatta de Pietratagliata*, ver Marafon (2012). Ver también Zaragoza (2007, 48-50).

Fig. 214. Ventana en esquina, *Palazzo Alliata di Pietratagliata*, Palermo, último cuarto s. XV.

Las jambas resultan paralelas al plano bisector de los muros y en las embocaduras se disponen arcos ligeramente apuntados, en un modelo que se relaciona directamente con los que encontraremos en los palacios españoles posteriores, más cercano a la solución del código que a la del resto de tratadistas, en la que como hemos visto, las testas resultan elipses rebajadas. La imagen de la diagonal queda reforzada por la disposición, en la esquina de la planta baja, de una columna con capitel corintio, que queda exenta al doblarse el muro perimetral tras ella.

Aunque de un tamaño mucho menor, algunos de los primeros ejemplos construidos en España mantienen la presencia de la columna en la arista, quizá por la inseguridad de los maestros responsables de su ejecución, de disponer las dovelas exclusivamente voladas, sin el apoyo central. Tal es el caso de dos ejemplos existentes en Yecla: en la Casa Consistorial [Fig. 215], cuyos arcos de embocadura son muy rebajados; y en la casa de los Alarcos [Fig. 216], más cercano al intradós de revolución y cuya embocadura manifiesta el despiece en dovelas con tiranteces concéntricas; o en la torre perteneciente al palacio de Galarza en Cáceres [Fig. 217], de similar planteamiento¹⁶⁵.

También es posible encontrar ejemplos tempranos españoles, que responden a los modelos venecianos de la doble ventana, como el existente en la casa de los Núñez de Chaves en Ciudad Rodrigo [Fig. 218], en la que cada uno de los dos arcos de medio punto que lo componen está labrado en dos dovelas, siendo la de la esquina común a ambos¹⁶⁶.

Pasando a los ejemplos más directamente relacionados con los problemas de estereotomía abordados por los tratadistas, en los que desaparece definitivamente el elemento de apoyo central, cuyo conjunto constituye una singularidad del Renacimiento español, pueden agruparse respecto de las variables de algunos de los elementos que las constituyen, mencionadas con anterioridad, como el tipo de proyección, las embocaduras y testas, o la disposición de las carpinterías.

En un primer grupo estarían incluidos los que responden a la solución más habitual de generar el intradós del arco mediante la proyección cilíndrica de un arco conforme a la

¹⁶⁵ Para Yecla, Delicado (1991, 146-148); (2009, 120-123), que data la Casa Consistorial en 1530-1540) y la Casa de los Alarcos en 1563. Para la el Palacio de Galarza, también denominado Casa de los Trucos, Mérida (1914-1918, 2: 77-78); Winfried (1933); Chueca (1953b, 120), lo data a comienzos del XVI; Andrés y García Mogollón (1989, 150) lo datan a mediados del XVI.

¹⁶⁶ Gómez-Moreno Martínez (1967, 336-337) se refiere, como elemento característico de las casas notables de Ciudad Rodrigo, a sus ventanas en ángulo, partidas por una columnita, y las data como anteriores al siglo XVI. Ver también Manrique (1985, 391), que establece la datación de la casa a principios del XVI.

dirección del plano bisector de los muros. Si el arco es de medio punto, el intradós será un cilindro de revolución y las embocaduras serán arcos elípticos rebajados.

Fig. 215. Ventana en esquina, Casa Consistorial de Yecla, principios c. 1540.

Fig. 216. Ventana en esquina, casa de los Alarcos, Yecla, principios c. 1563.

Fig. 217. Ventana en esquina, torre del palacio de Galarza, Cáceres, principios s. XVI. (Foto: J. Castillo).

Fig. 218. Ventana en esquina, casa de los Nuñez Chaves, Ciudad Rodrigo, principios s. XVI. (Foto: José Calvo).

Con esta disposición la carpintería del hueco puede estar dispuesta formando ángulo, con hojas independientes en cada una de las caras del arco, o bien quedar en una línea recta perpendicular a la diagonal, formando un elemento unitario, que ofrecerá una imagen exterior en la que no se manifiesta el rincón.

Con la carpintería en ángulo, acompañando las direcciones de los paramentos de los muros, encontramos un primer conjunto en los que las testas no se materializan como elementos independientes, sino que el arco se conforma dando continuidad a las hiladas horizontales del paramento y labrando la arista de la embocadura y el intradós para formalizarlo. A esta solución, no contemplada en los tratados analizados, pertenecen entre otros los existentes en Cáceres, en el palacio Carvajal [Fig. 219], en el que la clave queda labrada como elemento singular dentro de la hilada superior, de mayor altura, dada la dificultad de labra y el tamaño de dovela que sería necesario para solucionar la última hilada con una pieza única para ambos lados; y en el palacio de Roco Godoy, de Pedro de Marquina [Fig. 220], en el que se utilizan dovelas de gran longitud para evitar la generación de juntas en el ámbito del arco, disminuyendo los problemas de la transmisión de empujes. También la casona minera de Rubalcaba, de construcción posterior¹⁶⁷.

Otros edificios trujillanos responden a la misma solución: el palacio de Juan Pizarro de Aragón [Fig. 221], que emplea también dovelas de gran longitud para desplazar las juntas lejos de la esquina, con excepción de la clave, en la que el paso del tiempo ha provocado el movimiento del lecho; el palacio de los Marqueses de la Conquista o de los Pizarro, de Jerónimo González y Sancho de Cabrera Solís [Fig. 222], enmarcado por una espectacular portada, en la que las dovelas del arco incorporan una decoración de cuarterones, cuya clave ha sufrido los mismos problemas que el anterior. En Laguardia se puede apreciar un ejemplo junto a la puerta de Carnicerías, que divide la clave por la diagonal en dos dovelas, pero su construcción data de finales del pasado siglo¹⁶⁸.

Aquellos en los que se la embocaduras se formalizan con dovelas independientes de las hiladas del muro, cuyas juntas de testa o tiranteces corresponden con lechos generados por un haz de planos radiales, que las hacen converger en un punto situado en el centro del arco, son los que corresponden a las soluciones de De L'Orme, Vandelvira, Martínez de Aranda o Guardia, entre otros, referidas anteriormente.

¹⁶⁷ Para el palacio Carvajal, Andrés y García Mogollón (1989, 139-140) lo datan a finales del s. XV; para el palacio Roco Godoy, Chueca (1953b, 120); García Mogollón (1979, 72), lo ha documentado como obra de Pedro de Marquina; ver también Andrés (1983, 12-13) que documenta que estaba terminado en 1563; Andrés y García Mogollón (1989, 150); y Sanz (2009-2010, 138).

¹⁶⁸ Para el palacio Juan Pizarro de Aragón, Andrés (1989, 324); Sanz (2003, 498-500), lo define como el último gran proyecto civil emprendido en Trujillo durante la modernidad, finalizando las obras en torno a 1604. Para el palacio de los Marqueses de la conquista, Chueca (1953b, 120; 123); Andrés (1989, 321-322); Sanz (2007b, 55-74); (2008-2009, 15), que data su construcción entre los años 1560 y 1578 y documenta su autoría por parte de Jerónimo González y Sancho de Cabrera Solís, discípulos de Pedro de Ybarra. Respecto al arco de Laguardia, ver Martínez de Salinas (1989, 163).

Fig. 219. Balcón en esquina, palacio Carvajal, Cáceres, finales s. XV. (Foto: José Calvo).

Fig. 220. Pedro de Marquina, balcón en esquina, palacio de Roco Godoy, Cáceres, c. 1563. (Foto: José Calvo).

Fig. 221. Balcón de esquina, palacio de Juan Pizarro de Aragón, Trujillo, c. 1604. (Foto: José Calvo).

Fig. 222. Jerónimo González y Sancho de Cabrera Solís, balcón de esquina, palacio de los Marqueses de la Conquista, Trujillo, c. 1578. (Foto: José Calvo).

Antes de citar ejemplos contruidos de este tipo, hay que hacer mención a algunos arcos que obedecen a una solución mixta de ambos: en las primeras hiladas a partir de las impostas, las hiladas horizontales del muro se prolongan hasta el arco, y en la zona superior, se materializan testas con dovelas independientes. Es el caso de los contruidos en el palacio de los Duques de San Carlos o Vargas Carvajal en Trujillo [Fig. 223], y en el también trujillano palacio Chaves Calderón [Fig. 224], que presenta dos arcos superpuestos, ambos con análoga solución. Otros dos ejemplos cuyas embocaduras se acercan al cuarto de círculo, en semejanza a las de la traza del código: los situados en la casa de la calle Baja de Mora de Rubielos [Fig. 225], aunque sus jambas son ortogonales a los muros, y en el palacio de los Yanguas en Logroño [Fig. 226]¹⁶⁹.

Con uniforme tratamiento de testas en toda la longitud de la embocadura, pueden mencionarse los existentes en: el palacio de Ríos y Salcedo en Soria [Fig. 227], de Juan de Vallejo, despiezado en cinco dovelas, al que se añadió con posterioridad una columnilla de apoyo en la arista; la casa en la plaza del Trigo en Atienza [Fig. 228], nítidamente despiezada en nueve dovelas incluidas que rematan la mampostería de los muros; algunos de los existentes en el palacio de los Guzmanes de León [Fig. 229], que ofrece soluciones correspondientes a tipos diferentes; el palacio Azcárraga, en Salvatierra [Fig. 230], con siete dovelas; la Casa de Begoña, también en Salvatierra [Fig. 231], igualmente con siete dovelas; la casa palacio en Villar del Águila, con cinco dovelas; el arco de la casa de la Puerta de Valencia, también en Cuenca, con siete dovelas; el palacio Pimentel o de los Condes de Ribadavia de Valladolid [Fig. 232], en el que las embocaduras son poligonales; el palacio de Riva-Herrera en la Plaza Vieja de Santander, desaparecido; y un ejemplo de reciente construcción, que data de 1968, el situado en la Casa de Colón de Valladolid, que dispone testas con arcos de círculo y lechos radiales, a semejanza de la solución del código¹⁷⁰.

¹⁶⁹ En relación al conjunto de Trujillo como ciudad monumental, ver Cavestany (1962, 72-76). Para el Palacio de los Duques de San Carlos, Sanz (2007, 482). Para el palacio Chaves Calderón, Andrés (1989, 319) lo data en la segunda mitad del XVI; Sanz (2007, 482).

¹⁷⁰ Para el palacio de los Rios, Taracena y Tudela (1928, 132), indican que se edificó en el primer tercio del XVI; ver Chueca (1953b, 88-90), con la atribución a Juan de Vallejo. En la fotografía que se adjunta en el libro, aun se aprecia el arco sin la columna que se añadió con posterioridad; Ribera (1996, 96) la data hacia 1530; ver también Calvo (2000, 2: 187), que indica el comienzo de las obras en 1530. Para Atienza, Layna ([1945] 2004, 375) la data en el siglo XVI; Para el Palacio de los Guzmanes, Chueca (1953b, 337) lo atribuye a Rodrigo Gil de Hontañón y data su construcción entre 1559 y 1566; ver también Hoag (1985, 178-180); Ribera (1996, 124); Calvo (2001, 47); y Campos (2007, 167-194), que documenta las intervenciones realizadas en el palacio. Para Salvatierra, Begoña (1986, 330-378) y Goicolea (2013, 99), indican que ambos edificios se encontraban en reconstrucción en 1567, tras el gran incendio que sufrió la localidad. Para Villar del Águila, Rokiski (1985, 50-52) la data a mediados del siglo XVI; ver también De Luz (1990, 28). Para la casa de la Puerta de Valencia, De Luz (1990, 21-28). Para el palacio de los condes de Ribadavia, Chueca (1953b, 88-89), lo asocia con la escuela burgalesa de Siloé y Vallejo; ver también Calvo (2001, 47). Para el desaparecido arco del palacio de Santander, ver Alonso Ruiz (1993, 322-323) y Calvo (2000, 2: 187); para la Casa de Colón, Martín González (1976, 160).

Fig. 223. Balcón en esquina, palacio de los Duques de San Carlos o Vargas Carvajal, Trujillo, mediados s. XVI. (Foto: José Calvo).

Fig. 224. Francisco Becerra, arcos en esquina y rincón superpuestos, palacio de los Chaves Calderón Mendoza, 3^{er} cuarto s. XVI. (Foto: José Calvo).

Fig. 225. Balcón de esquina, casa en la calle Baja, Mora de Rubielos.

Fig. 226. Balcón de esquina, palacio de los Yanguas, Logroño, s. XVI.

Fig. 227. Juan de Vallejo, ventana en esquina, Palacio de los Ríos y Salcedo, Soria, c.1530.

Fig. 228. Ventana en esquina, casa en la plaza del Trigo, Atienza, s. XVI.

Fig. 229. Rodrigo Gil de Hontañón, ventana en esquina, palacio de los Guzmanes, León, c. 1566.

Fig. 230. Balcón en esquina, palacio Azcárraga, Salvatierra, c. 1567. (Foto: José Calvo).

Fig. 231. Balcón en esquina, casa de Begoña, Salvatierra, c. 1567.

Fig. 232. Ventana en esquina, palacio Pimentel, Valladolid, s. XVI. (Foto: José Calvo).

En cuanto a los que disponen la carpintería en línea recta, también se dan las dos circunstancias referidas anteriormente respecto de la disposición de las testas. Con la disposición mixta de hiladas inferiores horizontales en continuidad del muro, y dovelas superiores con lechos radiales, encontramos ejemplos en la casa de los Vázquez en Ciudad Rodrigo [Fig. 233], en el que los muros forman un ángulo obtuso, según la solución de De L'Orme (1567, f. 74r), contenida también en el manuscrito Mss. 12744 de la BNE (c. 1600, f. 20r); la casa de los Templarios en Garrovillas de Alconétar; la casa del Deán en Plasencia [Fig. 234], en la que únicamente la hilada inferior mantiene la horizontal; o el palacio Orive Salazar en Brozas, de posterior datación¹⁷¹.

Con todos los lechos en disposición radial, están ejecutados los arcos del palacio Arrese de Bergara, en el que al intradós del arco se le da continuidad en la decoración con la zona superior al dintel de la puerta, forzando la visión perspectiva de la pieza; la casa Azkárate Marutegui [Fig. 236], también en Bergara, despiezada en nueve dovelas; la basílica de San Isidoro en León [Fig. 235], con despiece en siete dovelas; y la casa de los Osorio en Valderas [Fig. 237], con siete dovelas, de menor precisión en su labra.

Al modelo en el que se mantiene la proyección cilíndrica, pero el arco queda abierto en un muro que por uno de sus lados mantiene el rincón y por el otro posee un paramento plano, en analogía al *arco en rincón desigual* de Vandelvira (c. 1585, f. 21r.), responden, entre otros, dos arcos construidos en la Catedral de Valencia, en el acceso al Micalet, obra de Francesc Baldomar [Fig. 238], con siete dovelas, uno de los más antiguos que se conocen, de mediados del siglo XV, y en el acceso a la sacristía de cinco dovelas, construido por Pere Compte a finales del siglo XV [Fig. 239]¹⁷²; la sacristía de la iglesia de las santas Justa y Rufina de Orihuela; en el castillo de Sabiote, de Andrés de Vandelvira; en el acceso al caracol de la Catedral de Plasencia [Fig. 240], y en el acceso al caracol de la Catedral de Coria [Fig. 241], ambos con cinco dovelas; en la Catedral de Jaén, de reducidas dimensiones con tres dovelas.

¹⁷¹ Para la Casa de los Vázquez, Gómez-Moreno (1967, 337) y Casaseca (2002, 89) que la data en el s. XVI. Para Garrovillas, Sanz (2009-2010, 138); Andrés (1989, 22) que la data en torno a 1600. Para la Casa del Deán, Sanz (2009-2010, 138). Respecto al palacio Orive Salazar, Andrés y García Mogollón (1989, 29), que lo mencionan como la casa Gutiérrez Flores; posee en su fachada un escudo fechado en 1804.

¹⁷² En relación a la Catedral de Valencia, Pingarrón (1986, 52) data la construcción del Micalet entre 1381 y 1425; Sarthou y Navascues (1998, 336-343); Marías (2000, 34) se refiere a la autoría de Baldomar; Zaragoza (2000, 151); (2003, 152); (2008, 340), indica las autorías y data ambas obras; Sanz (2009-2010, 123) lo data en torno a 1460. Para Orihuela, Zaragoza (2008, 340), hace referencia a él; ver también Pérez de los Cobos (2001, 87-95) y Guillén (2014, 31-32), que recopila datos relacionados con su construcción, en los que se vincula con ella a Jaime Bort en el siglo XVIII. Para Sabiote, Chueca ([1953] 1995, 330-334), que atribuye a Andrés de Vandelvira la actuación del XVI, sobre la fortaleza de origen árabe. Para Plasencia, Chueca (1953b, 112-113); Sarthou y Navascues (1998, 336-343); Sanz (2009-2010, 138). Para Coria, Chueca (1953b, 115-116); Sarthou y Navascues (1998, 105-107); Palacios ([1990] 2003, 77); Sanz (2009-2010, 138).

Fig. 233. Puerta en esquina, casa de los Vázquez, Ciudad Rodrigo. S. XVI. (Foto: José Calvo).

Fig. 234. Balcón en esquina, Casa del Deán, Plasencia, s. XVII. (Foto: José Calvo).

Fig. 236. Balcón en esquina, casa Azkárte Marutegui, Bergara. (Foto: José Calvo).

Fig. 235. Ventana en esquina, colegiata de San Isidoro, León.

Fig. 237. Balcón en esquina, casa de los Osorio, Valderas, s. XVII.

Igualmente responden a esta tipo los existentes la Sacra Capilla de El Salvador en Úbeda, magnífico ejemplo con traza de Andrés de Vandelvira y participación en la ejecución de Alonso Ruiz [Fig. 242]; o en la iglesia parroquial de Ontinyent, en la que la clave queda desplazada del rincón, como sucede en una de las ventanas en esquina de Alonso de Guardia (c. 1600, 66v.)¹⁷³.

El segundo grupo lo constituyen los arcos en esquina abocinados, en los que la proyección es cónica, en los que por lo general, las juntas del intradós son convergentes en un punto, con una superficie de intradós cónica, solución recogida por Martínez de Aranda (c. 1600, f.78) en el *arco por esquina y rincón abocinado*. Son modelos que aparecen con posterioridad a los anteriormente citados, que Sanz (2007, 482) data en el primer tercio del siglo XVII. Es el caso de los existentes en Trujillo, en el palacio de los Marqueses de Sofraga o Barrantes Cervantes, del maestro García Carrasco [Fig. 243], y en el palacio de Sanabria Bejarano del maestro Ondara Zabala [Fig. 244], si bien este último presenta las jambas conformadas por dos planos, el más exterior ortogonal a los muros, y el interior paralelo a la diagonal; en palacio Gazteluzar de Ordizia [Fig. 245], o en Fuenmayor, en el palacio de los Marqueses de Terán [Fig. 246], con dos arcos abocinados superpuestos, conformados por siete dovelas¹⁷⁴.

Respecto a los arcos adintelados, los modelos construidos responden a dos diferentes situaciones derivadas de su planteamiento y ejecución. La solución más conservadora, que consiste en incorporar en la esquina una columna o pilastra, a modo de ajimez, responde a un comportamiento estructural equivalente a dos dinteles que convergen en el elemento de apoyo, y por tanto los problemas de estereotomía inherentes a su labra pueden asimilarse a los de un dintel convencional. Si se prescinde del apoyo central, el arco trabajará en vuelo y será necesario disponer las juntas entre dovelas, y especialmente sus lechos, de tal modo que sean capaces de transmitir los empujes al muro dentro del ámbito de las jambas, para contrarrestar adecuadamente el efecto del empuje al vacío, que tenderá a desplazarlas hacia el exterior.

¹⁷³ Para Jaén, Chueca ([1953] 1995, 151-193); Sarthou y Navascues (1998, 148-155); Galera (2000, 104-117). Para la Sacra Capilla, Chueca ([1953] 1995, 105-130); Galera (2000, 40-41; 76-85), se refiere a la traza de Diego de Siloé y a los maestros ejecutores Andrés de Vandelvira y Alonso Ruiz, construida a partir de 1535; ver también Calvo (2001, 47).

¹⁷⁴ Para los palacios de Trujillo, Sanz (2009-2010, 134), que los data a comienzos del s. XVII, y atribuye el de Sanabria Bejarano al maestro Ondara Zabala y el de Barrantes Cervantes al maestro García Carrasco. Para el de Barrantes Cervantes y el de Sanabria Bejarano, ver además Andrés (1989, 324); Para el palacio de los Marqueses de Terán, Moya et al. (1976, 138).

Fig. 238. Francesc Baldomar, arco por rincón, catedral de Valencia, acceso al Micalet, mediados s. XV.

Fig. 239. Pere Compte, arco por rincón, catedral de Valencia, acceso a la sacristía, finales s. XV. (Foto: José Calvo).

Fig. 240. Arco por rincón, catedral de Plasencia, acceso al caracol. (Foto: José Calvo).

Fig. 241. Arco por rincón, catedral de Coria, acceso al caracol. (Foto: José Calvo).

Fig. 242. Andrés de Vandelvira y Alonso Ruiz (ejecución), arco por rincón, acceso a la Sacra Capilla, EL Salvador, Úbeda, c.1536. (Foto: José Calvo).

Fig. 243. García Carrasco, balcón en esquina, palacio Barrantes Cervantes, Trujillo, principios s. XVII.

Fig. 244. Ondara Zabala, balcón en esquina, casa Sanabria Bejarano, Trujillo, principios S. XVII.

Fig. 245. Balcón en esquina, palacio Gazteluzar, Ordizia, s. XVII. (Foto Javier Guerra).

Fig. 246. Balcón en esquina, palacio de los Marqueses de Terán, Fuenmayor, s. XVIII. (Foto: José Calvo).

Los ejemplos que disponen de apoyo intermedio, cuya aparición es frecuente, durante el siglo XVI y principios del XVII, se relacionan, en opinión de Calvo (2000, 2: 187) con el veneciano Palazzo Priuli [Fig. 212]. Por lo general, la solución pasa por disponer en cada uno de los dos vanos que componen el arco, una única dovela que salve la totalidad de la luz, con lo que se evita la necesidad de disponer juntas de lecho intermedias. Entre los que poseen una pilastra como elemento de apoyo se pueden citar los del palacio Fabio Nelli en Valladolid [Fig. 247], en el que la luz de los vanos es relativamente pequeña, considerada en relación a la dimensión de los muros y la pilastra; o el palacio del Rey Niño en Ávila [Fig. 248]¹⁷⁵.

Ejemplos en los que el apoyo de la esquina se resuelve con una columna se encuentran en los palacios de los Águila en Ciudad Rodrigo; Gutiérrez Altamirano de Arévalo [Fig. 249]; o del Deán Ortega en Úbeda [Fig. 250]; y algunos ejemplos que ponen de manifiesto la rivalidad entre los promotores por incluir las soluciones más espectaculares, como puede apreciarse en palacios ubetenses Vela de los Cobos, de Andrés de Vandelvira [Fig. 252], que dispone dos arcos adintelados superpuestos en la esquina; o el de los Condes de Guadiana [Fig. 251], con tres arcos superpuestos.

También dos palacios cordobeses, obras de los Hernán Ruiz, contienen arcos de este tipo: el de los Luna, de Hernán Ruiz el Viejo, con dos arcos adintelados superpuestos [Fig. 254]; y el de los Páez Castillejo, de Hernán Ruiz II [Fig. 255]. La Casa Castril de Granada [Fig. 253], atribuida a Sebastián de Alcántara, presenta un caso particular, en la que a pesar de disponer una columnilla de apoyo, se disponen cinco dovelas para el arco, dos en cada lateral más la clave, con planos de lecho convergentes en un punto varias dovelas, en una solución a medio camino entre las anteriormente citadas y las que prescinden del apoyo en la esquina¹⁷⁶.

¹⁷⁵ Para el Palacio Fabio Nelli, Antón (1916, 73); Chueca (1953b, 88-89), lo asocia con la última fase de la arquitectura de Covarrubias; Martín González (1976, 47-50), se refiere a la firma del contrato para proyectarlo por parte de Juan de Lastra en 1576, y atribuye la fachada principal a Pedro de Mazuercos, datándola en torno a 1594. Para el Palacio del Rey Niño, Gómez-Moreno (1901, 1: 175); Sanchidrián (2014, 9; 14; 16; 27), siendo la ventana en esquina uno de los pocos elementos que se conservan de la actuación del s. XVI.

¹⁷⁶ Para el palacio de los Águila, Gómez-Moreno (1967, 337) lo atribuye por similitud a Pedro de Güenes; Casaseca (2002, 91) cita las intervenciones de Hernando y Juan Huelmes, Alonso de Mora y Juan de la Puente y data la construcción durante toda la segunda mitad del siglo XVI. Para el Palacio del Deán Ortega, Chueca ([1953] 1995, 239-240); Galera (2000, 100-101), lo vincula con Andrés de Vandelvira, que aparece documentado en relación a trazas para las puertas y solería, en 1550. Para el Palacio Vela de los Cobos, Chueca ([1953] 1995, 234-237) lo atribuye a Andrés de Vandelvira, de quien documenta las condiciones para hacer la galería en 1571; Galera (2000, 130-132). Para el de los Condes de Guadiana, Chueca ([1953] 1995, 239), lo data durante el s. XVII. Para el palacio de los Luna, Ramírez de Arellano (1904, 817-818); Daroca, Yllescas y De la Fuente (2003, 175); Herreros (2016, 161) hace mención al año de construcción de 1544 y a la autoría de Hernán Ruiz el Viejo. Para el palacio Páez Castillejo, Morales (1996, 101), que data la obra y opina que la fachada probablemente le fuera cedida a Hernán Ruiz II por

Con el dintel volado, sin apoyo intermedio, en solución análoga a la de Fray Laurencio de San Nicolás (1639, 1: 70r.) en su *arco por esquina adintelado*, se realizaron los arcos del palacio de los Guzmanes en León [Fig. 257], con intervención de Gil de Hontañón y Juan Ribero de Rada, en el que se superponen tres arcos, de los cuales los dos inferiores son adintelados; u otros ejemplos como los de la casa del Balcón Esquinero en Albarracín [Fig. 256]; o la casa de los Monteverde [Fig. 258], en Aras de los Olmos¹⁷⁷.

su padre; Daroca, Yllescas y De la Fuente (2003, 175); Para la Casa Castril, cuya construcción data de 1539, según consta en la grabación que obra en lo alto de la fachada, Gómez-Moreno ([1892] 1982, 421-423), que la atribuye a discípulos de Siloé; López Guzmán (1987, 417-421; 2005, 45-52).

¹⁷⁷ Para el Palacio de los Guzmanes, Chueca (1953b, 337); Hoag (1985, 178-180); Calvo (2001, 47); y Campos (2007, 167-194).

Fig. 247. Pedro de Mazuercos, ventana en esquina, palacio Fabio Nelli, Valladolid, c.1594.

Fig. 248. Ventana en esquina, palacio del Rey Niño, Ávila, s. XVI.

Fig. 249. Balcón en esquina, palacio Gutiérrez Altamirano, Arévalo.

Fig. 250. Balcón en esquina, palacio del Deán Ortega, Úbeda, 2ª mitad s. XVI. (Foto: Enfo).

Fig. 252. Andrés de Vandelvira, ventanas en esquina superpuestas, palacio Vela de los Cobos, Úbeda, tercer cuarto s. XVI. (Foto: José Calvo).

Fig. 254. Hernán Ruiz el Viejo, ventanas en esquina superpuestas, palacio de los Luna, Córdoba, 1544. (Foto: Justo Moreno).

Fig. 251. Balcón en esquina, palacio de los Condes de Guadiana, Úbeda, s. XVII. (Foto: José Calvo).

Fig. 253. Sebastián de Alcántara, balcón en esquina, casa Castril, Granada, 1539. (Foto: Paul Hermans).

Fig. 255. Hernán Ruiz II, balcón en esquina, palacio de los Páez Castillejo, Córdoba, 1545. (Foto: Américo Toledano).

Fig. 257. Rodrigo Gil de Hontañón, ventanas en esquina superpuestas, palacio de los Guzmanes, León, c. 1566.

Fig. 256. Balcón en esquina, casa del Balcón Esquinero, Albarracín. (Foto: Ecelan).

Fig. 258. Balcón en esquina, casa de los Monteverde, Aras de los Olmos.

Arco en torre cavada y torre redonda

El grupo de arcos contenidos en el manuscrito se completa con el que plantea la apertura de un hueco sobre un muro cuyos paramentos son cilíndricos. La traza aparece dibujada en el f. 12r., y al igual que la precedente y las siguientes del núcleo principal del códice, no va acompañada de ningún texto que la describa. El folio vuelto precedente, situado a la izquierda con el cuaderno abierto, quedó en blanco. Tampoco se incluye notación alguna sobre el dibujo. El dibujo del arco ocupa la práctica totalidad de la anchura del folio y queda centrado respecto de la altura del mismo. En la parte superior, centrado, aparece el habitual signo de encabezamiento y bajo él, también en posición centrada y en dos líneas de escritura, el título de *Arco torre cabada y torre redonda* [Fig. 259].

Fig. 259. *Arco en torre cabada y torre redonda*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 12r.

La pieza está dibujada en doble proyección ortográfica, de tal modo que la planta y el alzado coinciden en los vértices de las impostas en la embocadura convexa. En el alzado aparece dibujado el arco de medio punto proyectante, con su rosca y las tiranteces radiales entre ambos, que los dividen en siete partes iguales y se corresponden con la proyección de los lechos como planos de canto. Se añaden las líneas auxiliares que permiten *bajar los plomos* o proyectar los vértices del intradós hasta la embocadura convexa, así como los

vértices del trasdós de las tres dovelas de la derecha, necesarios para la obtención de los lechos.

Fig. 260. Arco en torre cavada y torre redonda.

En la planta aparecen los paramentos cilíndricos del muro, las jambas y las proyecciones de las juntas del intradós, además de las plantillas obtenidas, dibujadas directamente sobre las líneas del intradós, las plantas sobre las tres del lado derecho y los lechos sobre las tres del lado izquierdo. Al ser la pieza simétrica, basta con obtener las plantillas de las dovelas de uno de los lados que podrán ser aplicadas al otro.

Se han empleado una única tinta de color gris medio, tanto para las líneas del dibujo como para el título y su signo de encabezamiento, mientras que respecto a los tipos de línea, se ha empleado la línea continua en todos los casos excepto en las líneas auxiliares para proyectar sobre la planta los vértices del trasdós del arco proyectante, o *trasplomos*, que están realizadas con línea de trazos.

Llama la atención un detalle respecto al modo en el que se han dibujado los alzados, pues aunque los arranques se dibujan horizontales, sin embargo el centro del arco proyectante está ligeramente bajo la línea que los une, por lo que el arco dibujado está ligeramente rebajado, aunque da la impresión de que se trata de un error de dibujo y no de una intención real del autor de plantear como directriz un arco rebajado.

El hueco abierto en el muro se genera mediante la proyección de un arco de medio punto ortogonalmente al cilindro, de tal modo que los ejes de ambos cilindros, el del muro y el del arco proyectante, se intersecan ortogonalmente. El problema, por tanto, consiste en determinar la intersección de dos cilindros, uno vertical y otro horizontal, de radios diferentes, cuyos ejes se cortan.

Tradicionalmente en la terminología de cantería, el paramento cóncavo del muro se denominaba como *torre cavada* y el paramento convexo, *torre redonda*. De ahí las denominaciones de *arco en torre cavada*, cuando uno de los paramentos del muro es cóncavo, *arco en torre redonda*, cuando es convexo, y *arco en torre cavada y redonda*, cuando ambos paramentos son curvos, como es el caso.

Junto con el arco por esquina y rincón, estudiado en el apartado precedente, son dos de las piezas más singulares de los arcos de cantería, debido a la especial problemática que implica la resolución de los empujes al vacío, que en ambos casos pueden llegar a tener una incidencia considerable, pues en función de las condiciones geométricas relativas del radio y espesor del muro, así como de la luz del arco, puede resultar complicado mantener la resultante de los empujes en el ámbito del muro.

No parece una casualidad que dos de las cuatro trazas de cantería elegidas para figurar en la portada de *Le premier tome de l'Architecture* de Philibert de L'Orme (1567), sean precisamente el arco por esquina y rincón y el arco en torre cavada y torre redonda, lo que da una idea de la importancia que el maestro francés concedería a ambas [Fig. 261].

La superficie del intradós del arco es un cilindro de revolución y los lechos quedan formados por un haz de planos radiales respecto del arco proyectante, con un despiece en siete dovelas. Al ser ortogonales los ejes de ambos cilindros, no hay esviaje, las jambas son paralelas entre sí y la pieza posee simetría respecto del plano vertical que pasa por el eje del cilindro proyectante.

Respecto a las condiciones de las aristas de las dovelas, sus caras de ambas embocaduras serán cilíndricas, al igual que la cara del intradós, mientras que los lechos serán planos. Las juntas del intradós serán rectas horizontales, generatrices del cilindro, las juntas de testa son el producto de la intersección de los planos radiales de los lechos con el cilindro del muro, es decir arcos de elipse, y los arcos de embocadura son las curvas producto de la intersección entre ambos cilindros.

Fig. 261. Philibert De L'Orme, portada, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567.

Puesto que los arcos proyectantes para el intradós y trasdós de la pieza son concéntricos, el efecto de su intersección con el cilindro en las embocaduras hace que no se mantenga la rosca, con un aumento de las longitudes de las juntas de las testas, que serán menores junto a la clave e irán incrementándose según se aproximan a las impostas, situación especialmente perceptible en las dos juntas inferiores de cada lado. Algo similar ocurre con las longitudes de las juntas del intradós, que irán incrementándose desde la clave hacia las jambas, puesto que al ser paralelas al radio del cilindro, aumentan su dimensión por el efecto de oblicuidad respecto de las superficies del muro [Fig. 262].

Figura 262. Perspectiva caballera del arco en torre cavada y torre redonda, obtenida a partir del modelo tridimensional del arco contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

A pesar de la ausencia de un texto adjunto a la traza en el que el autor explique el procedimiento empleado para determinar las plantillas de las dovelas, del estudio de las marcas de traza existentes en el folio y del análisis de los textos contenidos en las trazas precedentes, se pueden extraer datos significativos al respecto.

Se plantea para este arco el método de labra conocido como labra por plantas, en el que se acomete la labra de las dovelas con la ayuda de las plantillas correspondientes al polígono definido por los vértices de los contornos de sus caras, obtenidas a partir de la traza. En este caso, las caras del intradós son superficies cilíndricas, cuyas aristas son rectas horizontales paralelas y por tanto para cada dovela definen un plano. Como se ha dicho anteriormente, la práctica habitual en la tratadística no pretende la obtención de la superficie del cilindro desarrollada, sino la verdadera magnitud del polígono definido por sus cuatro vértices. La diferencia dimensional entre ambas superficies, en la práctica, resulta poco significativa.

Los lechos son caras planas, siendo necesario, determinar el ángulo que forman las juntas del intradós con las testas, en cada dovela, que se controlará en el proceso de labra mediante la saltarregla.

El autor trata de obtener las plantillas de intradós de las tres dovelas de la parte derecha y los lechos de las tres dovelas de la izquierda, dibujando en ambos casos las plantillas obtenidas, directamente abatidas sobre sus aristas del intradós en la planta.

Respecto de las plantillas de intradós, en la dovela de la clave, sus dos aristas del intradós son rectas horizontales situadas a la misma altura que en alzado, al igual que sucede para el resto de las dovelas, se proyectan como rectas de punta. Por tanto en la planta la plantilla se manifiesta en verdadera magnitud, por lo que no es necesario realizar ninguna operación adicional.

Para el resto de las dovelas, si se conoce el procedimiento del abatimiento, basta con realizar el giro de la plantilla en el alzado, tomando como charnela la arista inferior del intradós, que como se ha dicho es una recta de punta, con lo que la proyección de la arista superior sobre la planta será una paralela separada de la charnela una distancia equivalente a la longitud de la cuerda de la dovela tomada del alzado, y trasladar en la planta ortogonalmente sobre ella los dos vértices de la arista superior desde su proyección inicial antes del giro.

Para las plantillas de los lechos, la operación es análoga, se emplea la misma charnela pero ahora la recta girada es la que une los vértices de la junta de testa o tirantez, la paralela a la charnela en planta estará separada de ella la longitud de la tirantez tomada del alzado, y los puntos a trasladar ortogonalmente a ella serán las proyecciones de los vértices de la arista del trasdós del lecho considerado. En el caso particular de la primera dovela, en el salmer los lechos son horizontales por lo que aparecen proyectados en la planta en verdadera magnitud.

Sin embargo, el estudio detallado del procedimiento empleado en la traza para la obtención de las plantillas revela la existencia de numerosos errores. Con el fin de facilitar su identificación, se han realizado dibujos análogos al contenido en el código, a los que se les ha incorporado la notación en las aristas y los vértices a los que se hará referencia en la descripción del proceso. Los vértices relacionados con la obtención de plantas están designados con letras y los relacionados con los lechos con números para facilitar la lectura del dibujo [Fig. 263].

Para la obtención de las plantillas de las caras del intradós, el autor aparentemente manifiesta conocer el recurso del abatimiento. Particularizando para el caso de la primera dovela de la derecha, realiza un giro de la cara alrededor de la junta inferior del intradós "AE", que es horizontal, obtiene la posición abatida del tercer vértice "D", situado en la embocadura convexa, con un trazo oculto desde su proyección en la planta "C", perpendicular al eje de giro y trasladando sobre él desde la proyección del vértice inferior de la misma embocadura "A", la longitud "m" de la cuerda "AB" entre ambos tomada directamente del alzado. Este es el primer error cometido, pues dicha distancia sería la correcta en el caso de un arco en un muro recto, pero para el muro cilíndrico, esa medida se corresponde con la separación entre las juntas paralelas del intradós, es decir debería ser la distancia en planta entre las rectas "AE" y "DF", pero no la separación entre los vértices "A" y "D", que es significativamente mayor.

Para la obtención del cuarto punto de la plantilla "F", se traza desde "D" la línea vertical paralela a la charnela y se traslada a ella desde "D" la longitud "AE", con lo que se comete un nuevo error al suponer que las longitudes de las dos juntas del intradós son iguales, lo que se da en el caso de un muro recto, pero no en el muro cilíndrico, en el que las longitudes van disminuyendo a medida que se acercan a la clave. Hubiera bastado con realizar la misma operación que en el punto superior, es decir, trazar una perpendicular desde la proyección del vértice "H" en la embocadura cóncava, hasta que se intersecte con la vertical trazada desde "D", o bien trasladar a la vertical directamente la longitud "CH",

puesto que todas las aristas del intradós aparecen en planta en verdadera magnitud. El error se comete en las dos primeras dovelas, pero no en la tercera, en la que se adopta la longitud correcta, igualando "NQ" a "MO". Estos dos errores mencionados, como veremos, no aparecen en las trazas análogas de la tratadística renacentista estudiadas.

Al dibujar las líneas del contorno de las testas, el autor realiza en primer lugar una marca de traza ciega que une los dos extremos, y posteriormente se limita a unir mediante un arco con una curvatura aproximada a la de la planta los dos vértices obtenidos en cada caso, "AD" y "EF".

Para comprobar la aproximación de las plantillas a la realidad, se han obtenido, a partir del modelo tridimensional realizado a semejanza de la traza dibujada en el códice, las plantillas del intradós y de los lechos, mediante el procedimiento de realizar un giro de la cara del intradós tomando como eje la arista inferior, y posteriormente proyectar la superficie sobre el plano horizontal. El resultado obtenido es el dibujado en planta y alzado en la figura adjunta [Fig. 264], en la que se han incluido también las líneas auxiliares correspondientes a la realización de la misma operación de giro y abatimiento diédrico.

Como puede apreciarse en el resultado, el efecto de la curvatura del muro cilíndrico provoca que, respecto a las plantillas del intradós de las dos dovelas inferiores, en la proyección sobre el plano horizontal, las aristas de la embocadura, tengan la curvatura inversa respecto a la planta, es decir, sean cóncavas en el lado convexo y viceversa. Como veremos más adelante, Vandelvira era consciente de este problema, y lo soluciona obteniendo la proyección sobre la horizontal del punto medio de las aristas de las embocaduras, lo que le permite obtener las plantillas conforme a la situación real de inversión de curvaturas.

Ahora bien, en las plantillas obtenidas, se mantienen las distancias entre los vértices, por tratarse de una proyección, por lo que en teoría, corresponderían con plantillas rígidas que en todo caso se aproximan a la forma real de la cara de la dovela.

Para determinar la diferencia entre la superficie real del intradós y la superficie proyectada, adicionalmente a partir del modelo tridimensional se ha obtenido el desarrollo íntegro de toda la superficie del intradós del arco. Los resultados obtenidos confirman plenamente las hipótesis de Vandelvira: en la superficie desarrollada se mantiene en las dos primeras dovelas la inversión de curvaturas [Fig. 265]. Además, si se superponen las plantillas obtenidas por proyección sobre la horizontal con la superficie desarrollada, se

puede comprobar que las diferencias entre ambas son mínimas, lo que permitiría emplear las plantillas obtenidas de este modo como plantillas flexibles con un error muy reducido.

Dicho esto, sobre lo que incidiremos posteriormente, se constata que las plantillas obtenidas por el autor del código son de menor tamaño y de forma significativamente diferente a las reales y a partir de ellas resultaría improbable una adecuada labra de las dovelas.

La determinación de las plantillas de los lechos se realiza por el mismo procedimiento, para lo que se trasladan con líneas discontinuas a la planta las juntas del trasdós del alzado. Se cometen los mismos errores indicados anteriormente respecto a las longitudes de las aristas. Como ejemplo, para el lecho de la dovela contigua a la clave, se traza en planta la perpendicular al intradós "1-2" desde "3" y se intersecta con el arco de radio igual a la longitud de la testa "s", tomada del alzado, para obtener el punto "4". El cuarto vértice "5" se obtiene trazando la vertical desde el punto "4" y trasladando a ella la longitud "t" del intradós en "1-2", cuando la longitud correcta sería la de la proyección del trasdós "z".

Las aristas correspondientes a las *tiranteces* son curvas elípticas y se representan mediante arcos que unen ambos vértices. Las menores dimensiones de las testas respecto de las plantas, minimizan los errores cometidos, puesto que las diferencias entre las anchuras de las plantillas y las longitudes de sus aristas curvas son relativamente pequeñas, al igual que sucede con las diferencias de las longitudes del intradós y trasdós de cada lecho.

En la plantilla de la primera testa se comete un importante error adicional a los ya comentados, pues se confunde el eje de giro en la planta, tomando por error la arista del salmer, "13-14" en lugar de la correcta, que es la "11-12" con lo que obtiene una plantilla sensiblemente apartada de la forma real. Es significativo que el autor no se perciba del error a pesar de tener dibujada bajo la plantilla errónea del lecho de la primera dovela, la plantilla correcta del lecho de la imposta y de que en la planta queda una arista del intradós sin plantilla. Esta circunstancia apunta de nuevo a la hipótesis, ya formulada, de que las trazas contenidas en el código sean una copia de otro cuaderno previo, y el autor no reparase en dicho error al copiar las piezas.

Figura 263. Obtención de plantillas de intradós y testa, según el procedimiento empleado en *el arco en torre cabada y torre redonda* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Figura 264. Obtención de plantillas de intradós y de testa, a partir de las proyecciones del modelo tridimensional del *arco en torre cabada y torre redonda* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Figura 265. Obtención de la superficie desarrollada del intradós del arco en torre cavada y torre redonda, a partir del modelo tridimensional realizado

La figura que muestra la superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, con las dibujadas en el códice, muestra claramente las diferencias entre ambas y pone de manifiesto los errores cometidos [Fig. 266].

Fig. 266. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del *arco en torre cavada y torre redonda*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Piezas de análogas características y con una denominación similar están contenidas en muchos de los tratados estudiados, contemporáneos con el códice. Generalmente, se plantea la obtención de las plantillas del intradós y del lecho de las dovelas por el procedimiento habitual de realizar giros de los planos de canto que contienen respectivamente a plantas y lechos, tomando como charnela la arista inferior del intradós, vista en el alzado como recta de punta y abatimientos sobre el plano horizontal, el mismo que con significativos errores y carencias intenta aplicar el autor del manuscrito.

Otra característica común es la consideración de la simetría de la pieza y por tanto la obtención de las plantillas para la mitad de las dovelas, que podrán ser aplicadas a la labra de la otra mitad.

En el cuaderno de Villard¹⁷⁸, aparece de modo esquemática la apertura de un hueco en un muro cilíndrico [Fig. 267], aunque sus jambas no son paralelas, poseen una mocheta o

¹⁷⁸ Villard ([c.1225] 1858, pl. XXXVIII) figura con la inscripción *ar chu tail om vosure destor de machonerie roonde*, con los comentarios a la lámina incorporados al facsímil por Lassus (1858, 149) en los que muestra su convencimiento de que la pieza ha sido labrada a partir de plantillas.

molduración saliente a ambos lados en la zona más exterior del paramento, destinada aparentemente a recibir algún elemento de carpintería, presentando derrames desde ambas embocaduras hacia la mocheta, lo que implicaría un abocinamiento del intradós.

Fig. 267. Villard de Honnecourt, *ar chu tail om vosure destor de machonerie roonde*, Album, c. 1225, pl. XXXVIII.

Considerando las piezas que corresponden plenamente a una superficie de intradós cilíndrica, el aspecto más interesante de estudio es el relativo al modo de obtener y dibujar las aristas de las plantillas del intradós correspondientes a las embocaduras, que como se ha visto son líneas curvas. El conjunto de soluciones dadas por los tratadistas, en función de su planteamiento y resolución pueden incluirse en dos grupos, con algunas matizaciones que veremos a continuación.

En primer lugar hay que considerar las dos propuestas que aparecen en el *Libro de Vandelvira*. La inclusión de una de ellas, el *arco torre cabado y redondo por robos*¹⁷⁹, resulta cuando menos extraña para una traza de este tipo, aunque el propio Vandelvira parece justificarlo al describirlo, como enseñanza previa del procedimiento para piezas más complejas que acometerá más adelante en su tratado [Fig. 268].

La otra pieza análoga es el *arco en torre cabada*¹⁸⁰. Coincide con el arco del códice en la división de la pieza en siete dovelas y en el dibujo de las plantillas abatidas sobre las

¹⁷⁹ Vandelvira (c.1585, f. 25v.). comienza la explicación diciendo: Porque dije de enseñar el arco torre cavado y redondo por robos y porque también sea lumbré para entender otras trazas que no se pueden hacer si no es por robos, pongo ahora este, [...]. La transcripción está contenida en Barbe-Coquelin (1977, 1: 64). En la copia del manuscrito obrante en la BNE, realizada por Goiti, (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 29v), la única modificación se refiere a la ortografía del título, que aparece como *arco en torre cavada y redonda por robos*.

¹⁸⁰ El arco aparece en el *Libro de Vandelvira* (c.1585, f. 21v.) con el título de *Arco torre cabada*, aunque en el texto se hace referencia a ambas denominaciones [...] *siendo el arco torre cavado y torre redonda* [...]. La copia del manuscrito obrante en la BNE, realizada por Goiti, (Vandelvira [c.1585] 1646, f 27r), sin embargo incorpora el título

aristas del intradós de la planta, pero, como se ha comentado anteriormente, añade una construcción auxiliar que le permite determinar sobre la planta la posición abatida del punto medio de cada dovela, tanto en el intradós como en el trasdós de la embocadura [Fig. 269]. Obtiene por abatimiento la posición de la arista superior de la planta y sobre ella, la situación de los vértices abatidos, trazando perpendiculares a ella desde sus proyecciones en planta. Con ayuda de la situación determinada para este punto medio, y de los dos vértices, traza mediante arcos las líneas curvas de las embocaduras de las plantillas, con el resultado de la inversión de la curvatura, es decir, son cóncavas en el lado convexo y viceversa.

Si bien el punto medio de la dovela no pertenece al plano formado por los cuatro vértices del intradós y por tanto no es posible abatirlo directamente sobre dicho él, lo cierto es que el abatimiento de la proyección de la curva de embocadura, que contiene a dicho punto medio, sobre el plano de la plantilla sí manifiesta la inversión de la curvatura, como puede apreciarse claramente en las plantillas obtenidas por proyección a partir del modelo tridimensional de la traza realizado.

Vandelvira es plenamente consciente de esta situación y lo deja claramente expuesto en su texto:

*[...] Dirás ahora cómo, siendo el arco torre cavado y torre redonda, las plantas van al contrario que las primeras, van redondas a la parte del torre cabo y a la parte del torre redondo van cavadas; a lo que has de saber que el mucho capialzo que las primeras capialzan les hace hacer este efecto [...]*¹⁸¹.

Las plantillas obtenidas por Vandelvira, como indican Calvo y Salcedo (2016, 8), serían flexibles, destinadas a ser colocadas sobre la superficie cilíndrica del intradós de la dovela terminada¹⁸².

Para la obtención de los lechos, emplea igualmente, la posición del punto medio de la junta de testa, en la tirantez, que en este caso sí pertenece al mismo plano que los vértices, para incrementar la precisión con la que se dibuja sobre la plantilla la línea curva, elíptica en la realidad, representada mediante un arco, si bien la escasa flecha del mismo hace despreciable la diferencia entre ambos a los efectos prácticos.

completo de *arco en torre cabada y redonda*. En relación al procedimiento empleado para obtener las plantillas, consultar los estudios sobre la traza realizados por Palacios ([1990] 2003, 84-85), y por Calvo (2000, 2: 103-106).

¹⁸¹ Transcripción del *Libro de trazas...* realizada por Barbe-Coquelin (1977, 1: 60).

¹⁸² Recientemente, Wendal, Aranda y Ventas (2015, 1788-1790), han presentado un trabajo en relación al uso de plantillas en los primeros tratados de estereotomía en el que abordan este tema concreto en la traza de Vandelvira.

La solución de Vandelvira es, de todas las estudiadas, la que más se aproxima a la realidad, considerando la proyección del perímetro del intradós de cada dovela sobre al plano de sus cuatro vértices.

En la línea de Vandelvira, el manuscrito 12744 de la BNE, contiene dos modelos de arco abierto en un muro cilíndrico, que en realidad son representaciones diferentes de la misma pieza, dibujando en cada uno de ellos el muro con la curvatura inversa e invirtiendo también las denominaciones¹⁸³. En ambos casos, se dividen en siete dovelas y las plantillas no aparecen dibujadas sobre la planta, sino desarrolladas en dos dibujos independientes para los desarrollos de intradós y trasdós, más los lechos, dibujados de forma independiente.

En el caso del *arco en torre redonda y torre cavada*, se obtienen, además de las plantillas de lechos e intradós, las del trasdós [Fig. 270]. Emplea el recurso de Vandelvira de obtener la posición de los puntos medios de las embocaduras y de los lechos, pero introduce una variación. Para cada dovela divide su intradós y su trasdós en dos partes y obtiene dos medias plantillas definidas por una de las aristas y por los dos puntos medios obtenidos, obteniendo al igual que Vandelvira, el efecto de inversión de curvaturas. Las líneas de cierre las dibuja mediante rectas que unen los extremos de las aristas lateral y central, con lo que en el desarrollo, resulta una línea poligonal.

En la traza inversa, el *arco en torre cavada y torre redonda* [Fig. 271], se obtienen también los puntos medios de las dovelas y únicamente se obtienen las plantillas de intradós, dibujadas en desarrollo independiente, sobre las que se trazan los lechos, pero a diferencia del anterior, no se emplean los puntos medios para dividir las plantillas y se cometen errores en la determinación de sus posiciones, lo que origina que las líneas curvas de las plantillas presenten la misma curvatura que la planta. Esta traza es la única de las estudiadas que representa los alzados desarrollados de ambas embocaduras, obtenidos por puntos.

¹⁸³ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744. La primera de las trazas aparece en el folio 29 r. titulada como *arco en torre cavada y torre redonda*, y la segunda en el folio 21 r., titulada como *arco en torre redonda y torre cavada*.

Fig. 268. Alonso de Vandelvira, *arco torre cavado y redondo por robos*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 25v.

Fig. 269. Alonso de Vandelvira, *arco en torre cavada*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 21v.

Fig. 270. *Arco en torre redonda y torre cavada*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 21r.

Fig. 271. *Arco en torre cavada y torre redonda*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 29r.

El resto de los arcos abiertos en muros cilíndricos contenidos en la tratadística, de similar disposición, en los que los ejes de ambos cilindros se cortan ortogonalmente, comparten algunas características comunes. Emplean la doble proyección, plantean la división del arco en cinco dovelas y dibujan las plantillas obtenidas en cada caso, abatidas directamente sobre la planta, con excepción de los franceses De L'Orme y Jousse.

El primero de ellos en un orden cronológico, planteado por De L'Orme [Fig. 272], utiliza los puntos medios de los lechos de las dovelas en las testas, pero no los de los arcos de embocadura, y en las plantillas que obtiene, que incluyen la del trasdós, no contempla la inversión de las curvaturas¹⁸⁴.

¹⁸⁴ De L'Orme (1567, f. 77r.) en su *Livre III de L'Architecture*, incluye la *porte qui será ronde par le devant, creuse par le dedans et ronde par le dessous*, además de otro arco en el que se introduce el esviaje, al desplazar lateralmente el arco proyectante respecto del eje del cilindro del muro. Calvo (2000, 2: 105) apunta la

Cristóbal de Rojas incluye dos soluciones, que en realidad responden al mismo arco¹⁸⁵, dibujando en la planta el muro con la embocadura de entrada cóncava en uno de los casos y con la convexa en el otro [Fig. 273]. Comete errores obtener las caras de las plantas, pues los vértices obtenidos en un teórico abatimiento quedan sensiblemente separados de las perpendiculares a la charnela, trazadas desde sus proyecciones iniciales en la planta y tampoco contempla la inversión de las curvaturas de las aristas curvas. No explica el procedimiento que emplea para obtener las plantillas, pero si respecto a las plantas pudiera intuirse que trata de realizar abatimientos, en el caso de los lechos emplea un procedimiento claramente alejado del resto de tratadistas.

Ginés Martínez de Aranda incorpora varios los arcos abiertos en muros curvos, uno de ellos, el *arco en torre cavada contra torre redonda* [Fig. 274], con la disposición de ejes de ambos cilindros que se cortan¹⁸⁶. Al igual que algunos de los autores mencionados, trata de aumentar la precisión en la determinación de las plantillas de intradós mediante el empleo de un punto intermedio entre los vértices de la testa, pero a diferencia de Vandelvira, que utiliza el punto medio de la dovela, Aranda obtiene la proyección del punto medio de la cuerda entre ambos vértices.

Como consecuencia, las aristas curvas de las plantillas obtenidas son arcos con flechas mínimas, bastante próximos a la recta entre vértices, que tampoco reflejan la inversión de curvaturas. El muro planteado es tal que sus dos paramentos tienen el mismo centro, lo que implica que ambas embocaduras serán diferentes, al no poder obtenerse una de ellas por traslación de la otra, aspecto que Aranda no percibe en la descripción que realiza para el desarrollo de las testas¹⁸⁷. Aparentemente, mientras que Aranda está pensando en plantillas rígidas, Vandelvira lo hace con flexibles.

circunstancia de que el hecho de que el ancho de la plantilla del trasdós sea mayor que la cuerda del arco puede obedecer a que De L'Orme utiliza plantillas flexibles para el trasdós y rígidas para el intradós.

¹⁸⁵ (Rojas 1598, 100 r.). Ambas trazas aparecen en la misma página, una sobre la otra con las denominaciones de *Arco en torre cavado*, la dibujada en la parte superior, y *Arco en torre redondo*, la de la parte inferior. Ver al respecto los trabajos de Calvo (1998, 71-72).

¹⁸⁶ El arco está contenido en Martínez de Aranda (c. 1600, f. 29) y forma parte del grupo de nueve arcos incluidos con intradós cilíndrico en los que al menos uno de los paramentos del muro es curvo.

¹⁸⁷ Ver el estudio detallado del arco realizado por Calvo (2000, 2: 102-106) en relación a la comparación de los procedimientos que emplean Ginés Martínez de Aranda y Alonso de Vandelvira respecto a la obtención de los puntos auxiliares que permiten determinar las aristas curvas de las plantillas de intradós.

Fig. 272. Philibert de L'Orme, *Porte qui sera ronde par le devant, creuse par le dedans et ronde par le dessous*, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 77

Arco en torre cavado con sus plantas, y saltareglas.

Arco en torre redondo, con sus plantas, y saltareglas.

Fig. 273. Cristóbal de Rojas, *arco en torre cavado y arco en torre redondo*, *Teórica y práctica de la fortificación*, c. 1598, f. 100v.

Fig. 274. Ginés Martínez de Aranda, *arco en torre cavada contra torre redonda*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f. 29.

El francés Jousse, plantea su traza con diferencias notables respecto del resto de autores analizados¹⁸⁸. Para incrementar la precisión en la obtención de las plantillas, determina la posición de los puntos medios de las dovelas, tanto en los lechos como en las embocaduras, al igual que figuran en las piezas ya comentadas de Vandelvira y en el manuscrito 12744 de la BNE [Fig. 275].

Dibuja el alzado desarrollado de la embocadura, para obtener las posiciones de alturas y alejamientos de los vértices. Para determinar las plantillas de los lechos, emplea su procedimiento habitual, de trasladarlas todas a la línea de imposta del arco, a partir de la que realiza los abatimientos. Las plantillas de intradós no figuran dibujadas abatidas sobre la planta, sino en construcciones independientes, en las que se aportan, tanto las del intradós como las del trasdós, obtenidas por un procedimiento distinto al del resto de autores. Se toma como base una línea paralela a la de impostas del arco, y sobre ella se van trasladando los alejamientos y las longitudes de los puntos medios y extremos de las dovelas, que se unen posteriormente con poligonales que responden a las orientaciones correctas de las curvaturas.

Otro de los franceses, el jesuita Derand, incorpora una pieza en la que aporta de modo simultáneo las soluciones de labra por plantas y por robos¹⁸⁹. Su dibujo recuerda al de De L'Orme en planta y alzado, en el que aparece igualmente la línea media del espesor de la embocadura, y en las plantillas abatidas sobre la planta, para determinar las testas, une con rectas los vértices de intradós, sin contemplar las curvaturas correctas [Fig. 276].

Gelabert incorpora un arco en torre cavada y redonda en el que, como es habitual, la luz del arco es relativamente reducida en relación con el espesor del muro¹⁹⁰. Para determinar las aristas curvas de las plantillas, emplea un procedimiento aproximado que consiste en hallar la distancia que el punto medio de la testa de la dovela avanza respecto a los extremos y la traslada al dibujo en planta de la plantilla [Fig. 277].

La geometría del arco hace que la curvatura sea de pequeñas dimensiones, pero demuestra en su descripción que es consciente del problema de la curvatura inversa que

¹⁸⁸ La traza figura con el título de *Porte souz la Tour ronde & époisseur du parpain, avec son Cintre* (Jousse 1642, 46).

¹⁸⁹ *Porte droite en tour ronde par panneaux et par équarrissement* (Derand 1643, 173).

¹⁹⁰ Gelabert (1653, f. 80r.) lo llama *portal de torra radona*.

presentan las plantillas de intradós y advierte de ello a pesar de la poca curvatura de las aristas por el reducido tamaño del dibujo¹⁹¹.

*[...] En obra y en traza grande hay que ponerlas con la precisión que tengo dicho, y haciendo lo contrario, no concordarán las piedras con el círculo de la torre. Los demás canteros marcan las plantillas con la cintra del círculo de la torre y lo cierto es que, en materia de cantería no puede haber cosa más falsa; digan y hagan ellos lo que quieran, que yo escribo la verdad[...]*¹⁹².

Gelabert pone de manifiesto la importancia de la inversión de las curvaturas y hace referencia al error cometido por los canteros que no lo contemplan, intentando la labra con plantillas obtenidas mediante procedimientos como el contenido en el código, o los expuestos por De L'Orme, Rojas, Derand, Portor y Castro e incluso Martínez de Aranda.

La última de las trazas relacionadas, según su fecha de aparición es la incorporada en el cuaderno de Portor y Castro¹⁹³, muy próxima a la de Martínez de Aranda, con la diferencia de que obtiene como plantillas del intradós y de lecho las caras planas formadas por los cuatro vértices en cada caso, obviando la existencia de líneas curvas [Fig. 278].

Al margen de los aspectos ya mencionados, relacionados con los dibujos y los procedimientos de obtención de plantillas en la traza del código y en sus análogos del resto de la tratadística, hay otra cuestión que merece ser analizada comparativamente, la relativa a los aspectos estructurales y constructivos que se derivan de las proporciones de los arcos dibujados.

En particular, relacionando la luz del arco con el espesor de los muros dibujados hay que destacar la esbeltez tan alta con la que se plantea la traza en el código, en el que se propone un arco cuya luz supera en 7,56 veces el espesor de los muros. Una pieza de tales proporciones presentaría problemas estructurales para contrarrestar los empujes al vacío y su viabilidad de cara a ser construida resultaría muy poco probable. Se ha comparado dicha esbeltez con la que poseen el resto de los arcos similares contenidos en el conjunto de tratados y manuscritos renacentistas conocidos de cantería, descritos anteriormente¹⁹⁴.

¹⁹¹ Ver transcripción, traducción, dibujos y comentarios de Rabasa (2011, 212-214) en relación con el planteamiento de Gelabert.

¹⁹² Gelabert (1653, f. 80v.). La traducción de la transcripción puede encontrarse en Rabasa (2011, 214).

¹⁹³ Traza denominada Arco en torre redondo y torre cavado por plantas, contenida en Portor (1708, f. 9v.).

¹⁹⁴ La viabilidad constructiva de la traza del código y sus proporciones en relación al resto de tratadistas ha sido objeto de análisis previos (García Baño 2015, 105-107).

Fig. 275. Mathurin Jousse, *Porte sous la Tour ronde & épaisseur du parpain, avec son Cintre, Le secret d'architecture...*, 1642, 46.

Fig. 276. François Derand, *Porte droite en tour ronde par panneaux et par équarrissement, L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 173.

Fig. 277. Joseph Gelabert, *portal de torra radona, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 80r

Fig. 278. Juan de Portor y Castro, *arco en torre redondo y torre cavado por plantas, Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 9v.

Ordenándolos de mayor a menor según su relación luz / espesor de muro, el siguiente más esbelto es el de Jousse, con un valor de 4,88, al que seguirían los dos propuestos por Cristóbal de Rojas, con valores de 4,52 y 4,20 respectivamente; el de Vandelvira, de esbeltez 3,14; los dos contenidos en el manuscrito 12744 de la BNE, ligeramente menos esbeltos, con 3,05; el de Philibert De L'Orme, con 2,89; el de Ginés

Martínez de Aranda con 2,30; el de Portor y Castro con 1,80; el de Derand con 1,78 y cierra la lista el más conservador de todos, Joseph Gelabert, cuyo arco tiene una esbeltez de 0,83.

De la comparación de valores se desprende que la esbeltez planteada por el autor del manuscrito resulta única en el conjunto de la tratadística, estando cercana a duplicar a la que le sigue en la relación, dos veces y media mayor que el *arco en torre cavada* de Vandelvira y por encima del triple del arco en torre cavada contra torre redonda de Martínez de Aranda, proporciones más razonables de cara a una materialización constructiva.

Por tanto, el autor del códice plantea una pieza inusualmente esbelta respecto de las análogas de la tratadística, cuya construcción resultaría difícilmente viable, ante la imposibilidad de contrarrestar los empujes al vacío que se producirían. Además, manifiesta una falta de pericia en el modo de abordar la obtención de las plantillas e intenta aplicar para su resolución, el método empleado para la apertura de arcos en un muro recto, más sencillo, conocido por él puesto que lo emplea en algunas de las trazas del códice, estudiadas previamente.

Adicionalmente, la traza contiene errores importantes, que hacen improbable que su responsable hubiera construido alguna pieza de similares características, poco frecuente en la cantería hispana. Algunos de los errores no se dan en el conjunto de manuscritos y tratados renacentistas de cantería de los que se tiene noticia y han sido estudiados, lo que indica que probablemente el autor los desconociera. Ello permite incidir en la hipótesis, ya formulada, de que los contenidos del manuscrito pueden ser considerados como precedentes del resto de tratados analizados, en particular, del *Libro* de Vandelvira.

Es usual la disposición de este tipo de arco para resolver la apertura de huecos de iluminación en los tambores o bases de las cúpulas esféricas. Muestra de sus antecedentes medievales son los arcos existentes en situados en la Collégiale Saint-Ours en Loches¹⁹⁵, en el ábside central [Fig. 279]. Ya en el mundo renacentista, el conjunto de arcos dispuestos en el perímetro del tambor, bajo la cúpula de la iglesia del Monasterio del Escorial [Fig. 280], constituyen un magnífico ejemplo del uso de este tipo de arcos¹⁹⁶, y presentan la característica adicional de un abocinamiento.

¹⁹⁵ Para la Collégiale de Saint-Ours, ver Ménard (2010).

¹⁹⁶ La cúpula ha sido objeto de exhaustivos estudios por parte de López Mozo (2003, 1321-1326); (2009, 415-488); (2009b, 763-776); (2010, 4-23), que a través del levantamiento realizado y del análisis de la documentación histórica, ha demostrado que el proyecto construido de Juan de Herrera se realizó manteniendo rigurosamente

Otra de sus posibilidades es la de solucionar las embocaduras de hornacinas o nichos en cuerpos cilíndricos, como es el caso de la hornacina en la capilla exterior de Nuestra Señora de la Soledad [Fig. 281], situada en la fachada oriental de la catedral de Orihuela¹⁹⁷. La fachada de la catedral de Murcia nos ofrece otros ejemplos en las dos hornacinas situadas en los estribos circulares, que alojan dentro del relato iconográfico de la fachada, a Santo Tomás de Aquino [Fig. 283], en el derecho, y a Santa Teresa de Jesús [Fig. 282], en el izquierdo, en cuyas embocaduras se pueden apreciar sendos arcos en torre cavada y redonda en los que las jambas se orientan según direcciones radiales¹⁹⁸.

Fig. 279. Arco en torre cavada y redonda, Collégiale Saint-Ours, Loches, 1135-1145.

Fig. 280. Juan de Herrera, arco en torre cavada y redonda, tambor de la cúpula de la iglesia, Monasterio de El Escorial, 1582.

las proporciones del proyecto anterior de Juan Bautista de Toledo. Ver además Alonso Rodríguez y López Mozo (2002, 303-308); López Mozo (2009); Rabasa y López Mozo (2011, 149-80); Rincón (2010). En relación a El Escorial: Chueca (1953b, 361-376); Nieto, Morales y Checa (1989); Bustamante (1994); Ortega (1999, 199-205), menciona el abocinamiento de los arcos, que define como conos de reducción.

¹⁹⁷ Para la Catedral de Orihuela, Chueca (1953b, 272-276); Sarthou y Navascues (1998, 199-201); Cañestro (2014).

¹⁹⁸ Hernández Albaladejo (1990, 58; 238-246) data la construcción de los estribos en torno a 1743, indicando que su inclusión corresponde con una recreación de los que poseía en antiguo imafronte. En el estudio del programa iconográfico y el relato de la fachada de la Catedral, referido a los santos de la iglesia universal, indica la intención de vincular a ambos con el Templo de la Sabiduría y con la proclamación de la inteligencia femenina al servicio de Dios. Véase también Vera et al. (1994). Calvo y Salcedo (2016, 7-10), relacionan la geometría de ambas piezas con el *arco abocinado en torre redonda* de Martínez de Aranda (c. 1600, ff. 107-108).

Fig. 281. Arco en torre cavada y redonda, catedral de Orihuela.

Fig. 282. Jaime Bort, Arco en torre cavada y redonda, hornacina de Santa Teresa de Jesús, catedral de Murcia, c. 1743.

Fig. 283. Jaime Bort, Arco en torre cavada y redonda, hornacina de Santo Tomás de Aquino, catedral de Murcia, c. 1743.

Aplicado sobre modelos derivados del barroco italiano, el arco de acceso en la Portada de los Hierros, en la catedral de Valencia [Fig. 284], generada por la proyección de un arco de medio punto sobre un paramento oval aporta interesantes datos en relación a la labor claramente diferenciada entre el autor de la traza, poseedor de conocimientos de geometría, y los maestros encargados de llevar a cabo la ejecución de la pieza¹⁹⁹.

Un ejemplo posterior, en una edificación de carácter civil es el doble arco que permite desviar el agua del río y reconducirla para dar servicio a los Molinos Nuevos de Río, en Murcia [Fig. 285], integrada en la muralla que protege a las edificaciones del efecto de las riadas²⁰⁰.

¹⁹⁹ González Tornel (2004, 130-136) indica que tras el concurso para realizar la fachada principal de la Catedral, finalmente el Cabildo contrató su realización conjuntamente a Conrad Rudolph, la parte escultórica, y a Francisco Padilla la parte arquitectónica, sin que quede claro, aun en la actualidad, a quien corresponde la autoría de cada parte. Padilla subcontrató la obra de cantería con los *picapedreros* Domingo Labiesca y José Miner en un interesante documento que aporta datos en relación a la labra de las dovelas del arco, pues Padilla se compromete a proporcionar las plantillas necesarias para la talla de las piedras, lo que acredita su papel como tracista, independiente de la ejecución. Ver documentación en relación a la construcción en Pingarrón (1986, 52-64); (1998, 26-27; 125-128; 130-133); La obra, que se había comenzado en 1703, quedó paralizada por causa de la guerra de Sucesión en 1707, fecha en la que ya se trabajaba a la altura de la primera cornisa, por lo que el arco de acceso ya estaría construido. La fábrica estaría concluida en 1735 y el ornamento escultórico en 1541. Ver también Berenguer (1999). EL levantamiento arquitectónico completo de la fachada ha sido realizado por Valle et al. 2006.

²⁰⁰ Los primeros datos de las edificaciones de los molinos en el margen del Segura datan del siglo XIV, siendo a lo largo de la historia, destruidos y reconstruidos en varias ocasiones. La construcción en la que están emplazados los arcos, según los datos aportados por Riquelme, Rosa y Cánovas (1991, 37-77) formarían parte del proyecto realizado por Manuel Serrano en 1785 y que en 1788 ya contaría con veintiuna piedras. No obstante, la construcción precedente, del Molino del Batán, quedaba integrada en el proyecto del Puente Viejo redactado por Toribio Martínez de la Vega que propone la construcción de un nuevo azud. En relación al Puente Viejo, ver Hernández Albaladejo (1978); De la Peña (2001), que transcribe los documentos relacionados con su construcción y aporta los planos redactados por Toribio Martínez; Ver también (Gilabert 2008, 130), Dado que en el plano de planta aparecen los dos arcos del azud en una ubicación muy próxima a la actual, no puede descartarse que parte o la totalidad de los arcos mencionados, que se conservan en la actualidad, correspondan a los proyectados por Toribio Martínez de la Vega y construidos por Jaime Bort. Para los Molinos ver también Flores (1993, 191-210).

Fig. 284. Conrad Rudolph y Francisco Padilla, arco en torre cavada y redonda, Portada de los Hierros, catedral de Valencia, 1707.

Fig. 285. Manuel Serrano, arcos en torre cavada, Molinos Nuevos del Río, Murcia, 1788.

Las decendas de cava

Tras las pechinas y los arcos, según un orden que es coincidente con el empleado por Alonso de Vandelvira en su *Libro de trazas de cortes de piedras*, lo que indica aparentemente la existencia de vinculaciones entre ambos, la siguiente pieza mostrada por el autor del cuerpo principal del manuscrito, corresponde al grupo de las trazas conocidas habitualmente como decendas de cava, denominación derivada de la francesa *descentes des caves*, que ya había sido empleada en el *Livre III de Architecture* por Philibert De L'Orme, y que fue incorporada por Vandelvira²⁰¹.

El problema que tratan de resolver las *decendas* es materializar un hueco abierto en un muro u otro elemento constructivo, en el que los puntos de entrada y salida se encuentran a cotas diferentes. Tal es el caso, por ejemplo, de cubrir con un arco o bóveda un tramo de escaleras, o abrir huecos de iluminación o ventilación hacia cuerpos situados en sótanos.

Fig. 286. Abraham Bosse, *forme des marches d'une descente ou d'une montée*, *La pratique du trait à preuues de M. Desargues* ..., 1643, pl. 8.

²⁰¹ Las denominaciones aparecen en De L'Orme (1567, 58r.) y Vandelvira (c.1585, 28v. y siguientes).

Básicamente, se trata de bóvedas de cañón en las que el eje no es horizontal, sino que posee una inclinación equivalente a la diferencia de cotas entre la entrada y la salida. La opción entre disponer una bóveda o un arco radicaré simplemente en el espesor del elemento a salvar y su relación con el diámetro de la bóveda, pero esto no es relevante de cara a la estereotomía de la pieza, pues los problemas a resolver son los mismos en ambos casos, si exceptuamos el despiece necesario en el caso de la bóveda.

Hay dos posibles alternativas para plantear la pieza básica, a partir de las que se pueden ir haciendo más complejas sus condiciones geométricas. Si se dispone que la superficie del intradós sea un cilindro de revolución de eje inclinado y las testas son verticales, los arcos de embocadura serán secciones planas oblicuas del cilindro y por tanto serán elípticos peraltados. Esta opción, simplificará la labra de las dovelas del intradós, especialmente si los lechos se generan mediante un haz de planos radiales que dividan a la bóveda en partes iguales, puesto que en ese caso, todas las dovelas serán iguales. A cambio de ello, como apunta Sanabria (1989, 284-285), se complicará la obtención de las dovelas de embocadura, pues sus plantas y saltarreglas serán diferentes y sus testas elípticas.

La alternativa contraria, en el caso de que se pretenda disponer en las embocaduras arcos de medio punto, es que la superficie del intradós sea un cilindro elíptico, invirtiendo la dificultad de los elementos. Se simplifica la obtención y labra de las piezas de los arcos de embocadura, a cambio de aumentar la dificultad de las piezas del tramo intermedio de la bóveda.

Zaragozá (2008, 336) se ha referido a algunos antecedentes de decandas de cava construidas con piedra cortada y particularmente el hecho de que aunque habitualmente los romanos ejecutaban sus bóvedas con hormigón vertido y una red de nervios de ladrillo, ya se plantearon los problemas de los cortes de piedra²⁰².

Palacios ([1990] 2003, 109) apunta la complejidad y laboriosidad de la génesis de las decandas de cava, a pesar de ser piezas muy frecuentes y necesarias en la arquitectura renacentista. Otra circunstancia a reseñar es su escasa presencia en los tratados hispánicos, puesto que únicamente aparece en tres de ellos, más en el código, siendo

²⁰² En concreto, cita los casos de decandas de cava en el templo de la diosa Anahita en Bishapur en Irán; en el teatro de Amman en Jordania y del Odeón de Herodes Atico en Atenas, Grecia.

Vandelvira el único que las aborda en profundidad, desarrollando hasta ocho modelos, frente a la profusión con que las contemplan los franceses²⁰³.

Fig. 287. Alonso de Vandelvira, *Decenda de caba viaxe contra viaxe que guarda bobeda*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 35v.

²⁰³ Además del manuscrito Mss. 12686 de la BNE, están contenidas en los tratados de De L'Orme (1567), que incluye una única pieza; Vandelvira (c.1585) que plantea además de la pieza básica, versiones con muros curvos, en esquina, con diferentes esviajes o con bóvedas; en el manuscrito Mss. 12744 de la BNE, que contiene dos versiones, la recta y la esviada, y en el manuscrito de Portor y Castro (1708), con tres piezas: una recta, una esviada y otra en muro curvo. En la copia que nos ha llegado del manuscrito del otro gran tratadista, Ginés Martínez de Aranda, no se contienen *decendas de cava*, aunque quizá pudieran estar contenidas en el original. Los autores franceses del s. XVII contemplan un importante repertorio de *descentes* en las más diversas situaciones: Jousse (1642) incluye doce tipos diferentes, Bosse (1643) diez, y Derand dedica una buena parte de su tratado a resolver *descentes*, contemplando hasta veintidós modelos.

Decenda de escalera

El código incluye una única pieza de las denominadas *decendas de cava*, con la apertura de un hueco en un muro, proyectando un arco según una dirección inclinada, con diferencia de nivel entre sus embocaduras [Fig. 288].

Los dibujos ocupan la práctica totalidad del f. 13r., tanto en anchura como en altura, y no se acompañan de notación ni de texto explicativo, por lo que, al igual que ocurre en las precedentes, el folio previo quedó en blanco. Como es habitual, en la parte superior, centrado, figura el signo de encabezamiento e inmediatamente debajo, el título de la pieza, *enbozinado de escalera*.

Fig. 288. *Enbozinado de escalera*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 12r.

El autor no emplea el término *decenda*, que como se ha dicho, es el utilizado, tanto por De L'Orme, que las denomina *descentes*, como por los hispánicos de finales del siglo XVI que incluyen trazas semejantes, lo que indica que probablemente el autor desconociera la existencia de esos tratados. El hecho de referirse en el título a un *enbozinado*, o abocinado, puede estar relacionado con la imagen que se obtiene en el alzado, en el que aparecen dibujadas ambas embocaduras a distintas alturas, que a pesar de que las jambas no presentan derrame y ambos arcos tienen el mismo radio, da cierta imagen de abocinamiento.

Fig. 289. Decenda de escalera.

El dibujo está realizado con dos tipos de línea, la línea continua, que es la empleada en todos los casos, excepto para dibujar la rosca del arco de embocadura de la salida, que es el situado a una cota inferior, para el que se ha empleado una línea de trazos. Se ha empleado una única tinta, de color gris medio, tanto para los dibujos como para el encabezado y el título.

Se emplea de nuevo el sistema habitual de doble proyección ortográfica. En la planta se dibujan exclusivamente los paramentos del muro y las proyecciones de las juntas del intradós; en el alzado se dibujan las dos líneas de las impostas en las embocaduras,

cada una a su correspondiente cota, haciendo coincidir la inferior con la línea del paramento del muro. Entre las impostas se trazan las dovelas de los salmeres y sobre ellas, superpuestos, los arcos de las dos embocaduras con sus roscas, cada uno a su altura correspondiente, lo que permite añadir la proyección de las cuatro aristas de cada lecho.

En una construcción independiente, ubicada en la parte inferior del folio, se dibujan desarrolladas las plantillas de intradós obtenidas, pertenecientes a la clave y a las tres dovelas de la parte derecha, y superpuestas sobre ellas se añaden las líneas que determinan las saltarreglas en las dos testas.

El desarrollo de las plantillas invade parcialmente el dibujo de la planta. Las aristas del intradós de cada dovela son rectas inclinadas paralelas entre sí, por lo que definen un plano. Las plantillas obtenidas se corresponden con el polígono definido por los cuatro vértices de cada dovela.

La pieza plantea la apertura de un arco en un muro de espesor uniforme entre cuyos paramentos se supone la existencia de algunos peldaños, por lo que la entrada y la salida presentan diferentes cotas. Las dos embocaduras son arcos de medio punto, del mismo radio y poseen idénticas roscas. Están situados a niveles diferentes, coincidentes con el desnivel de la teórica escalera existente. Las jambas son paralelas entre sí y ortogonales a los paramentos del muro, por lo que no hay derrame.

Para repartir las dovelas, se dividen los arcos de embocadura en siete partes iguales. Para generar los lechos se dispone un haz de planos que quedan definidos por la recta inclinada que une los centros de los dos arcos de embocadura, y por cada una de las rectas que unen las parejas equivalentes de vértices en las divisiones de las embocaduras en el intradós, siendo todas ellas, rectas paralelas a la que une los centros de los arcos.

Con esta disposición, las juntas de testa son los segmentos de radio del arco de medio punto comprendidos entre la embocadura y su rosca. La superficie del intradós es un cilindro elíptico cuyas directrices son los arcos de embocadura y cuyas generatrices son las rectas paralelas a la que une sus centros y además pasan por ambos arcos.

Al no existir esviaje, la pieza presenta simetría respecto al plano vertical que pasa por el eje, por lo que bastará con determinar las plantillas correspondientes a las tres dovelas de uno de los lados, más la clave [Fig. 290].

Figura 290. Perspectiva caballera de la decenda de cava obtenida a partir del modelo tridimensional del *enbozino de escalera* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

A pesar de que la traza no se acompaña de ningún texto que explique el modo en el que se han obtenido las plantillas de intradós y lechos, el análisis detallado de la traza muestra que el autor emplea el mismo procedimiento que ya había apuntado en la *bentana enbozinada*, descrito con detalle en el *arco biaje contra biaje* y utilizado también en el *arco biaje contra quadrado*.

Lo habitual en los tratados, respecto de los sistemas de proyección empleados, es que en las trazas resueltas para ser labradas mediante plantillas, se dibujen los alzados abatidos sobre la planta, cada uno a partir de su embocadura, y es en los casos en los que se plantea la labra por robos cuando se emplea la proyección superpuesta de alzados, que permite definir fácilmente para la dovela, el prisma envolvente de ambas embocaduras. Sin embargo, en el código se invierte la utilidad de este de proyección superpuesta de alzados habitual para los robos, convirtiéndolo en la base del procedimiento para obtener las plantillas.

El hecho de dibujar en una única proyección los dos alzados de embocadura a su cota relativa, con sus correspondientes roscas y todas las aristas de los lechos, hace que en el alzado queden proyectados todos los vértices y aristas del arco, y por consiguiente todas las diagonales de las caras de intradós y lechos. El sistema, ya mencionado con anterioridad consiste en obtener las plantillas de intradós y lechos por triangulación a partir de las verdaderas magnitudes de las aristas y de las diagonales.

En las trazas precedentes, la arista de la primera dovela en la imposta era horizontal, por lo que su longitud podía ser obtenida directamente de la planta. En este caso, el lecho de la primera dovela es inclinado, pero la obtención de su longitud real no presenta dificultades, pues basta con realizar un giro sobre la planta tomando como charnela la horizontal que pasa por el vértice inferior, lo que puede realizarse igualmente con el compás, tomando del alzado la diferencia de cotas entre las impostas de ambos arcos, trasladándola a la planta, poniendo una punta del compás en el vértice de la jamba en la embocadura posterior y la otra en la *línea plana*, y trasladando después la punta situada en el vértice hasta el vértice opuesto de la jamba, con lo que la apertura del compás reflejará la longitud real de la arista inclinada del arranque de la primera dovela, que puede dibujarse para ir completando sobre ella el desarrollo de las plantillas.

La verdadera magnitud de las diagonales se obtiene realizando giros de su proyección en el alzado alrededor de la recta de punta que pasa por el vértice inferior, hasta colocarlas en posición horizontal, lo que permite, tras el giro, obtener directamente

en la planta su verdadera magnitud. A efectos prácticos, basta con trasladar con el compás la longitud de la proyección del alzado a la horizontal, colocando una punta en el centro del arco de la embocadura posterior y la otra sobre la *línea plana*, y aplicar a continuación la diferencia de alejamientos entre sus extremos, trasladando la punta del compás situada en el centro del arco hasta el centro de la embocadura anterior, manteniendo fija la otra punta. Tras esta operación, la apertura del compás se corresponderá con la verdadera magnitud de la diagonal y con ella se trazará desde el vértice correspondiente del desarrollo, el arco necesario para realizar la triangulación.

Respecto a las aristas de las testas, se pueden obtener directamente del alzado, tomando la longitud de la cuerda de los arcos entre los vértices, pues están en verdadera magnitud, al pertenecer a planos verticales ortogonales a la dirección de proyección. Conocida la primera arista del intradós, desde sus vértices se trazan sendos arcos cuyos radios son las verdaderas magnitudes de la diagonal de la cara y la cuerda de la testa respectivamente, con lo que se obtiene el tercer vértice y repitiendo el proceso con la diagonal contraria, el cuarto vértice que permite completar la plantilla. Todas las aristas del intradós son paralelas y de la misma longitud, por lo que conocida la primera, se podría ir trasladando al resto de plantillas, pero el autor no parece ser consciente de este hecho, pues las obtiene todas ellas por triangulación, lo que provoca, debido a los errores acumulados de dibujo, que las líneas dibujadas se desvíen ligeramente del paralelismo.

El procedimiento para la obtención de las saltarreglas es equivalente. A partir de la arista del intradós correspondiente, ya conocida y dibujada en el desarrollo, se determinan por el mismo sistema las verdaderas magnitudes de las diagonales de los lechos y, puesto que las longitudes de las testas están en verdadera magnitud, se realizan las dos triangulaciones correspondientes sobre el desarrollo de la plantilla, que permiten determinar las saltarreglas en ambas embocaduras.

Una vez completado el proceso para la primera dovela, se va repitiendo para las siguientes, tomando como arista inicial para el dibujo de la plantilla, la superior obtenida para la dovela precedente.

La comparación y superposición de las plantillas dibujadas por el autor del códice con las obtenidas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional realizado, muestran una vez más, la elevada precisión alcanzada, tanto para las plantas como para las saltarreglas, con mínimas diferencias, motivadas por los errores acumulados de dibujo al realizar las sucesivas operaciones geométricas necesarias [Fig. 291].

Fig. 291. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del *enbozado de escalera*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Hay que destacar la singularidad y eficacia del procedimiento que emplea el autor del códice, diferente al empleado por el resto de autores, que permite obtener las plantillas con precisión y con una gran economía de trazos sobre el dibujo. Para determinar las plantillas de cada dovela, es necesario obtener las verdaderas magnitudes de cuatro diagonales, dos para el intradós y dos para el lecho. El método posibilita la inmediata obtención de todas ellas, sin necesidad de realizar trazo alguno sobre el dibujo, simplemente moviendo de modo sucesivo las puntas del compás entre los vértices descritos hasta alcanzar la posición que determina la longitud buscada, y empleando siempre los centros de ambos arcos como puntos base y la distancia entre ellos en planta como medida sistemática de la diferencia de alejamientos.

Para ilustrar la diferencia entre este procedimiento y el empleado por Vandelvira, se han obtenido, sobre un dibujo correspondiente a la traza contenida en el códice, ambas soluciones: la descrita anteriormente [Fig. 292]; y la que emplea Vandelvira para la pieza equivalente²⁰⁴, contenida en el *Libro de trazas* [Fig. 293]. En cada caso se han empleado los sistemas de proyección empleados por cada uno de ellos, con ambos alzados superpuestos en el caso del códice, y con los alzados abatidos sobre las embocaduras en el caso de Vandelvira.

Describiendo sucintamente sobre el dibujo, el procedimiento empleado en el códice, se comienza por obtener la longitud de la arista del arranque "FD" trasladando la altura "DP" a "DM". La longitud buscada es "FM" que se dibuja en el desarrollo en "GQ". A continuación se toma del alzado la longitud de la diagonal "r", se traslada a la embocadura en "AI" y se mueve la punta del compás desde "A" hasta "B" con lo que la longitud real "BI" buscada es "s", con la que se traza un arco de centro en "G". Para obtener el tercer vértice se toma del alzado la longitud "q" de la cuerda de la embocadura y se traza con ella un arco con centro en "Q" que se interseca con el anterior en "K". El cuarto vértice "J" de la plantilla se obtiene de forma equivalente, partiendo de la diagonal opuesta del alzado "RP".

Para determinar las saltarreglas, se toma del alzado la diagonal del lecho "u", se traslada a la embocadura en "AL" y se mueve la punta del compás desde "A" hasta "B", lo que proporciona su longitud real "v" en "BL", con la que se traza el arco con centro en "K"; a continuación se toma directamente del alzado la longitud de la junta de testa "t" con la que se traza un nuevo arco con centro en "J" que cortará al anterior en "T" que proporciona la

²⁰⁴ Se trata de la *decenda de cava* (Vandelvira c.1585, ff. 28v.-29v.).

saltrarregla exterior mediante el ángulo formado por "KJ" y "JT". La saltarregla interior se obtiene por el mismo procedimiento.

Se ha puesto de manifiesto la escasez de *decendas de cava* que figuran en los diferentes textos de cantería hispánicos en el ámbito temporal analizado.

Es Alonso de Vandelvira el que recoge un mayor número de decendas, hasta ocho piezas diferentes²⁰⁵. De ellas, la directamente relacionada con la contenida en el código es la denominada *decenda de cava*²⁰⁶. Plantea la misma pieza, es decir, dos embocaduras semicirculares situadas a diferentes cotas, con roscas iguales, divididas en siete dovelas y con un intradós que se corresponde con una superficie cilíndrica oblicua [Fig. 294]. Las diferencias entre ambos están en el modo de representación de los alzados, que Vandelvira dibuja abatidos sobre cada una de sus embocaduras, en el modo de dibujar las plantillas, pues en este caso aparecen también en construcción desarrollada, pero dibujadas a partir de la jamba derecha, con excepción de la plantilla de la clave, que aparece dibujada de forma independiente.

El procedimiento descrito por Vandelvira para obtener las plantillas es diferente al empleado por el autor del código, de mayor complejidad y laboriosidad. Para describirlo, se empleará el dibujo realizado sobre la misma pieza del código, que permite comparar ambos métodos.

La primera complicación la encontramos en la operación inicial, para determinar la inclinación del salmer "BE". Bastaría con trasladar desde "A" en horizontal la diferencia de alturas de los arranques "n" hasta "E" y unirlo con "A". Sin embargo se plantea un giro de la jamba "AB" en planta hasta colocarla en posición frontal "AC", para después subir la punta del compás lo que *capialza* el arco hasta "D" y obtener la distancia "m" equivalente a "CD" con la que se realiza una triangulación trazando un arco con centro en "B" y radio "m" y otro arco con centro en "A" y radio la diferencia de alturas "AD" que se corta con el anterior en el punto buscado "E". La recta encontrada "AE" se utiliza como base para trazar las plantillas desarrolladas a partir de ella.

Para obtener las plantillas del intradós, Vandelvira emplea el procedimiento inverso al del código; en primer lugar realiza giros de las diagonales de la cara alrededor de rectas

²⁰⁵ Vandelvira (c.1585, ff. 28v.; 30r.; 30v.; 31v.; 33r.; 33v.; 34v. y 35v.). Cuatro de ellas han sido estudiadas en profundidad por Palacios ([1990] 2003, 110-119), por considerarlas las más relevantes.

²⁰⁶ Vandelvira (c.1585, f. 28v). De las ocho es la que aparece en primer lugar según el orden establecido por el autor. En la otra copia conservada del manuscrito, la de la BNE, (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 33v.) no se introducen cambios.

verticales que pasan por uno de sus vértices, hasta colocarlas en posición frontal y a continuación tomar del alzado la diferencia de alturas entre los extremos de la diagonal, para determinar mediante un triángulo su longitud real y poder trasladarla a la triangulación de la plantilla. El problema surge al determinar la diferencia de alturas referida, pues al no estar dibujados ambos alzados en la misma proyección, cada vez que tiene que hallar una, tiene que realizar una operación previa consistente en tomar la altura del punto en el alzado opuesto y descontarla en el alzado al que pertenece el punto, realizando un trazo adicional, que le permite hallar la diferencia de cotas buscada.

Describiendo esta operación aplicada a la primera diagonal hallada en el dibujo, el proceso comienza trasladando la altura “n” del capialzo de la decenda “AD” al alzado inferior desde el vértice superior de la dovela “F” hasta el punto “G”, a continuación se gira en la planta la diagonal de la primera cara “AH” de longitud “o” alrededor de la vertical que pasa por “H” hasta colocarla en posición frontal en “HI”; uniendo el punto “I” con el obtenido previamente “G” correspondiente a la operación previa de restar alturas entre vértices, se obtiene la longitud real “p” de la diagonal en “IG”, con la que se puede hacer el arco con centro en “E” que se cortará con un nuevo arco de radio “q” equivalente a la cuerda de la dovela “BF”, trazado con centro en “B” que proporcionará el tercer vértice de la dovela “J”, y siguiendo el mismo procedimiento se determinan el vértice restante para cerrar la plantilla y los dos adicionales que proporcionan las saltarreglas.

Como puede apreciarse y se evidencia de la simple observación de la comparación entre los dibujos realizados por ambos procedimientos para la misma pieza, el empleado por Vandelvira resulta mucho más complejo y laborioso, basta con ver la cantidad de líneas auxiliares necesarias para determinar los puntos, aunque ambos llegan a soluciones idénticas, con la salvedad de que cada uno dibuja el desarrollo de las plantillas de forma simétrica al otro, pero tanto la forma y dimensiones de las plantillas de intradós como los ángulos y longitudes de las saltarreglas proporcionan los mismos valores, lo que evidencia el acierto del autor del código al dibujar ambos alzados superpuestos y realizar los giros de modo inverso, esto es, en el alzado.

El procedimiento que emplea Vandelvira es el mismo con el que el autor del código resuelve una de las primeras trazas analizadas, la *pechina en biaje*, que posteriormente abandona para adoptar el ahora descrito, aunque hay que considerar que en aquel caso no existía la diferencia de cotas entre embocaduras y los giros en planta se realizaban de tal modo que la obtención de la diferencia de cotas en el alzado resultaba inmediata, sin más que mover la punta del compás.

$$\begin{aligned}\overline{AC} &= m \\ \overline{AI} &= r \\ \overline{AL} &= u \\ \overline{AE} &= y\end{aligned}$$

Figura 292. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en el manuscrito Mss.12686 de la BNE, para la decenda de cava

Figura 293. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento de Alonso de Vandelvira, aplicado a la decenda de cava de iguales características a la del Mss. 12686 de la BNE.

Directamente relacionada con las trazas de Vandelvira están las dos decendas que contiene el manuscrito 12744 de la BNE, a las que denomina *decenda de caba*, una de ellas esviada y la otra recta, que es la estudiada por analogía con la traza del código²⁰⁷. Comparte las características comunes mencionadas: embocaduras de medio punto, división en siete dovelas e intradós cilíndrico elíptico [Fig. 295].

Dibuja únicamente uno de los alzados, elevado sobre la planta la distancia equivalente a la diferencia de alturas y las plantillas obtenidas aparecen desarrolladas a partir de la jamba derecha, al igual que en Vandelvira, con la diferencia de incorporar también al desarrollo integrada la plantilla de la clave.

No contiene texto pero se ha empleado el mismo procedimiento que Vandelvira, como puede apreciarse en el dibujo del desarrollo de las plantillas y en las marcas horizontales, iguales en ambos casos, trazadas en puntos intermedios de las líneas auxiliares que bajan los plomos a la planta, que permiten obtener la diferencia de alturas de los vértices de ambas embocaduras.

El manuscrito de Portor y Castro incluye también una pieza esviada, una abierta en muro curvo y una recta, el *arco cuadrado en ascende de cava*²⁰⁸, con embocaduras de medio punto, dividido en cinco dovelas, con intradós cilíndrico elíptico, que presenta la particularidad de sustituir el alzado de una de las embocaduras por un alzado lateral o proyección de perfil del arco, que permite obtener las alturas de los vértices [Fig. 296].

Las plantillas están dibujadas sobre la planta, pero a diferencia de los anteriores, se comienza por la jamba de la izquierda, alineando con ella la arista de arranque de la primera dovela con lo que el desarrollo de las plantillas se solapa con la planta.

Respecto de los autores franceses, la traza de Philibert De L'Orme (1567, 59v.), *porte descente de cave* es, cronológicamente, la primera de todo el conjunto [Fig. 297]. Se plantea una pieza sensiblemente diferente a las que nos encontraremos en los tratados hispánicos. Se trata de cubrir un espacio entre dos puntos situados a diferentes alturas, con una bóveda de cañón cilíndrica, de directriz semicircular y eje inclinado. En el acceso correspondiente al punto más alto, se plantea un paramento vertical, sobre el que se

²⁰⁷ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744. Contiene una traza esviada, denominada *viaxe contraviaxe en decenda de caba*, (f. 16r.) en la que el texto adjunto remite para su solución al arco abocinado esviado, con la salvedad de que se han de considerar las diferencias de nivel, y una traza correspondiente a una decenda de cava recta, sin explicación ni título, que por analogía con la esviada se puede entender nominada como *decenda de caba* (f. 28r.).

²⁰⁸ Portor y Castro (c.1708 ff. 16v.; 18v; 47v.). La última de ellas es la que corresponde a una decenda de cava recta.

producirá una embocadura elíptica, mientras que en el punto más bajo la bóveda acomete sobre la bóveda de una bodega, de eje ortogonal a ella.

Fig. 294. Alonso de Vandelvira, *Decenda de caba*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 28v.

Fig. 295. *Decenda de caba*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 28r.

Fig. 296. Juan de Portor y Castro, *arco cuadrado en ascende de cava*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 47v.

De L'Orme emplea un sistema de representación completamente diferente a los autores hispánicos, dibujando las secciones longitudinal y transversal de la bóveda; dibuja las plantillas superpuestas en una construcción realizada bajo la sección longitudinal,

omite dibujar los arcos de embocadura y comete errores significativos, puestos de manifiesto por Sanabria²⁰⁹.

Posteriormente, los autores de mediados del XVII, incluirían en sus tratados, un buen número de *descentes*, y en todos ellos aparece una pieza de características geométricas similares a la del códice.

Derand (1643, 23) plantea la *Descente droite rachetant un berceau par testes egalles et en plein cintre* [Fig. 298], en la que la parte inferior de la bóveda inclinada se encuentra con una bóveda de cañón de eje ortogonal al suyo, al igual que en la traza de De L'Orme, a cuyo dibujo recuerda, con la representación de la sección longitudinal de la pieza, sobre la que se traza la sección de la decenda por un plano ortogonal a su eje. Las plantillas de intradós aparecen dibujadas sobre la planta, en construcción independiente.

Fig. 297. Philibert de L'Orme, *Porte descente de cave*, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 59v.

Fig. 298. François Derand, *Descente droite rachetant un berceau par testes egalles et en plein cintre*, *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 23.

Jousse (1642, 56), en la línea de representación de De L'Orme, incluye la *voute descalier ou descente de Cave droite en demie Circonference testes égales*, en la que no dibuja la planta; se apoya de una sección ortogonal al eje del cilindro [Fig. 299]. En el alzado dibuja, separados por el eje de simetría, en la parte izquierda la mitad del arco de medio

²⁰⁹ En su análisis de los problemas relativos a la estereotomía, particularizados para piezas planteadas por De L'Orme, Sanabria (1989, 284-288), estudia específicamente la decenda de cava que plantea el francés y pone de manifiesto los importantes errores que, a pesar de sus conocimientos probados, comete especialmente en la determinación de las plantillas de las dovelas del arranque del arco elíptico y achaca dichos errores al hecho de omitir los dibujos de los alzados de las embocaduras. Ver también Sanabria (1984, 208-211) sobre la confusión de De L'Orme suponiendo semicirculares las dovelas de la embocadura elíptica.

A este respecto, Potie (1996, 84-88) en sus incertidumbres geométricas, indica la puesta en duda, de las mentalidades de la época de De L'Orme sobre la suficiencia de sus conocimientos para trazar la *escalier des Tiuleries* y pone de manifiesto el trazado parcialmente erróneo de la *voûte en descente biaise*, claramente definido en sus textos y dibujos complementarios por Sakarovitch (1998, 156-158)

punto de embocadura y en la parte derecha, una construcción que refleja las cuerdas y tiranteces de las dovelas. Obtiene las plantillas de las plantas y los lechos, que aparecen dibujadas en construcción independiente por su procedimiento habitual, de trazar paralelas separadas el equivalente a la longitud de las cuerdas tomada del alzado–sección, y sobre ellas, ir situando la separación de los vértices respecto a una línea de referencia.

Bosse (1643), que recoge y desarrolla los conocimientos de Desargues (1640)²¹⁰, además de incorporar un dibujo en perspectiva (pl. 8), que refleja las diferentes situaciones de los arcos que va a determinar mediante la aplicación de las once operaciones que describe, en relación a la aplicación de escuadras y saltarreglas en función de los ángulos formados por suelo, paramentos de embocaduras e intradós del arco, incluye tres versiones de la decenda recta.

Las dos primeras, tituladas *Descente droite sans talus* (pl. 56) [Fig. 301], y *Montée drete sans talus* (pl. 57) [Fig. 302], son en realidad dos versiones de la misma pieza, en las que la única diferencia es la situación de la pendiente en relación a ambas embocaduras. En su línea de abstracción proyectiva, se limita a dibujar el alzado del arco directriz, sobre el que incorpora la línea que indica la pendiente, que servirá para aplicar las operaciones descritas con anterioridad en los capítulos previos de su tratado.

La tercera pieza, incorporada en el capítulo *Autre maniere encore de faire les panneaux*, se titula *descente drete sans talus* (pl. 100) [Fig. 300], y aporta una solución alejada de las anteriores, en la que se representan la planta y el alzado, en la que las plantillas se obtienen por triangulación, empleando el mismo procedimiento de Vandelvira, de realizar giros de las diagonales en la planta, alrededor de ejes verticales para colocarlas frontalmente y determinar a partir del alzado, la diferencia de alturas entre sus extremos, para lo que es precisa la operación previa de marcar, sobre la vertical auxiliar, la altura del otro extremo en el alzado inferior, no dibujado. Se representan en construcciones independientes, las plantas de intradós y las de lechos.

²¹⁰ En relación al modo de resolver la desente biaise por parte de Desargues, basado en un sistema proyectivo a base de cambios de plano, ver el estudio específico realizado por Sakarovitch (1994).

Fig. 299. Mathurin Jousse, *voute descalier ou descente de Cave droite en demie Circonference testes égales*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 56..

Fig. 300. Abraham Bosse, *descente drete sans talus*, *La pratique du traict a preuues de M. Desargues ...*, 1643, pl. 100.

Fig. 301. Abraham Bosse, *Descente droite sans talus*, *La pratique du traict a preuues de M. Desargues ...*, 1643, pl. 56.

Fig. 302. Abraham Bosse, *Montée drete sans talus*, *La pratique du traict a preuues de M. Desargues ...*, 1643, pl. 57.

Algunos ejemplos del uso de decendas de cava abiertas en muros en los que ambas embocaduras poseen una diferencia de alturas, salvada por algunos peldaños, de modo análogo a la traza contenida en el códice, los constituyen las existentes en los accesos al patio circular en el palacio de Carlos V en Granada, en las que ambas testas son semicirculares [Fig. 303], o en el acceso a la escalera en la planta primera del Monasterio de Uclés [Fig. 304], que presenta la complicación adicional del esviaje en sus jambas, con lo que la embocadura recayente a la escalera se resuelve mediante un arco rebajado²¹¹.

²¹¹ En relación al Palacio de Carlos V, Salcedo y Calvo (2016, 55) en su estudio de la bóveda anular, a la que dan acceso las decendas referidas, se hacen eco de los problemas de autoría y datación respecto del Palacio, puestos

En el entorno de Uclés, se pueden encontrar otros ejemplos en los que se ha empleado una decenda para solucionar los huecos de paso de las escaleras de subida a los coros. Es el caso de la iglesia de la Asunción en Pareja, de probable traza de Pedro de Alviz, aunque la zona del coro se habría construido durante la segunda mitad del s. XVI, que presenta un arco en decenda en la embocadura, tras la que se dispone una bóveda de cañón inclinada [Fig. 305]. También obedece a esta disposición el de la iglesia de la Asunción de Jorquera, despiezada en siete dovelas que presente un intradós moldurado con estrías, en el que se ha empleado, al igual que en el anterior, la solución contenida en el código, con la que coincide incluso en el número de dovelas que la componen [Fig. 306]²¹².

En algunos ejemplos, el ámbito de la decenda no se limita a la apertura del hueco en un muro, sino que se extiende longitudinalmente para cubrir con una bóveda de cañón de directriz inclinada uno o varios tramos encadenados de escalera, como es el caso de las existentes en escaleras del Monasterio de El Escorial [Fig. 307], o, en tierras lusas, en el Monasterio de los Jerónimos de Belém, en Lisboa [Fig. 308].

En estos casos, el tramo intermedio se puede resolver mediante una bóveda convencional, ya sea de revolución o elíptica, disponiendo las juntas entre las dovelas consecutivas en planos ortogonales a la directriz inclinada del cilindro, siendo las embocaduras las que precisarán salvar la oblicuidad del eje respecto a los paramentos del muro²¹³. Un ejemplo interesante, citado por Zaragoza (2000, 154; 2003, 153), es el de la escalera del Monasterio de la Trinidad de Valencia, que en su zona superior enlaza con una bóveda de arista, en un magnífico ejemplo del dominio de la estereotomía por parte de los maestros valencianos, ya a mediados del siglo XV.

de manifiesto por estudios precedentes, si bien las atribuciones respecto de la bóveda corresponderían a Pedro Machuca en su concepción y a su hijo Luis Machuca en lo referente a la ejecución, en torno a 1562, por lo que la fecha en la que se realizaron las decendas debería ser algo anterior. Rosenthal (1988), atribuye el patio circular a Luis Machuca entre 1556 y 1568, pero opina que no se pueden atribuir a los Machuca la ejecución de la decenda, a la que denomina *vano deforme*, y la data en el primer tercio del siglo XVII. Ver también Gómez-Moreno ([1892] 1982, 109-118); Chueca (1953b, 211-221); Tafuri (1988); Rodríguez Ruiz (2001, 417-449).

Para el Monasterio de Uclés, ver Azcárate (1956, 181-188); Rokiski (1985, 119-122), Herrera y Zapata (2009).

²¹² Para Pareja, Rokiski (1985, 100). Para Jorquera, Gutiérrez Cortines (1987, 385-390), que data el coro y la escalera en torno a 1550-1570; García-Saúco, Sánchez y Santamaría (1999, 156-158; 2012, 11); Belda y Hernández (2006, 151).

²¹³ Para las bóvedas cilíndricas de El Monasterio de El Escorial ver López Mozo (2005, 667-668); (2009); Rabasa y López Mozo (2011, 149-80); Rincón (2010). En relación a El Escorial: Nieto, Morales y Checa (1989); Bustamante (1994); Ortega (1999). Para los Jerónimos, França, Morales y Rincón (1986, 62; 70; 92-96; 187-189); Navascues (2000, 321-324).

Fig. 303. Decenda de cava, palacio de Carlos V en La Alhambra, Granada, principios s. XVII.

Fig. 304. Decenda de cava esviada, Monasterio de Uclés, segundo cuarto s. XVI.

Fig. 305. Decenda de cava, iglesia de la Asunción, Pareja, segunda mitad del s. XVI.

Fig. 306. Decenda de cava, iglesia de la Asunción, Jorquera, 1550-1570.

Fig. 307. Decenda de cava, Monasterio de El Escorial, tercer cuarto s. XVI.

Fig. 308. Decenda de cava, Monasterio de los Jerónimos de Belém, Lisboa, primera mitad del s. XVI.

Fig. 309. Decenda de cava, Monasterio de la Trinidad, Valencia, tercer cuarto s XV.
(Foto www.monasteriotrinidad.es).

Las troneras y los capialzados

Tras las decendas de cava, en las que aparecía incorporada la dificultad de la inclinación de la superficie del intradós, el repertorio de piezas de cantería del manuscrito continúa con otros dos conjuntos caracterizados por esa misma circunstancia, con la complejidad añadida de disponer en ambas embocaduras, elementos diferentes entre sí.

Esta circunstancia, combinada con la inclinación, dará lugar por lo general a superficies de intradós alabeadas, no desarrollables, en las que los cuatro vértices de cada dovela no pertenecen a un mismo plano, aspecto que dificulta la obtención de sus plantillas, aunque como veremos, algunos tratadistas obvian esta circunstancia y no dudan en plantear una labra por el procedimiento de plantas, aunque el modo más razonable para acometer la labra de este tipo de piezas sea, en principio, el de robos.

En relación a ellas, Alonso de Vandelvira apunta dos circunstancias, en primer lugar, la dificultad intrínseca a la propia geometría de la superficie del intradós, que ya había puesto de manifiesto en la *Declaración del rincón del claustro desigual*:

*Toda traza por robos es más dificultosa que la que se labra por plantas y saltarreglas y así son más de darlas a entender, más con todo daré a entender lo mejor que se pudiere [...]*²¹⁴.

Más adelante, al exponer los capialzados, y concretamente en el texto con el que explica el capialzado en puerta cuadrada, deja clara su postura al respecto de la labra por robos, exceptuando aquellos en los que el intradós resulta una superficie plana, que ya había tratado con anterioridad, y aclara que las plantas que obtiene en sus trazas son empleadas como elemento necesario para obtener, a partir de ellas, las saltarreglas.

*Los capialzados todos son por robos que aunque están aquí en los demás las plantas sacadas solo sirven para que por ellas se saquen las saltarreglas [...]*²¹⁵.

Nuevamente hay que poner de manifiesto la coincidencia plena en el orden con el que aparecen las trazas en el código y en el *Libro de trazas* de Vandelvira. Después del capítulo dedicado a las decendas de cava, se acomete el grupo correspondiente a las troneras y tras él, el repertorio de los capialzados. En el código se da la misma

²¹⁴ Comentario con el que Vandelvira (c.1585, f. 26r.) comienza el título XXXIV. La transcripción del texto fue realizada por Barbe-Coquelin (1977, 1: 64).

²¹⁵ Título LXIII en Vandelvira (c.1585, f. 46r.) según transcripción de Barbe-Coquelin (1977, 1: 87). Este planteamiento de Vandelvira ha sido puesto de manifiesto por Calvo (2004, 129-130).

circunstancia; a la única decenda de cava contenida, siguen, por ese mismo orden, las dos trazas tituladas como troneras y tras ellas el grupo de capialzados.

Ambos grupos, troneras y capialzados, comparten características muy similares y la frontera entre ellas resulta difusa, pues frecuentemente en un mismo autor, aparecen dos o más piezas de características análogas a las que se les aplican indistintamente una u otra denominación o incluso la combinación de ambas, como ocurre en el caso de la *tronera a regla capialçada* de Vandelvira (c. 1585, f. 43r.).

Hay una circunstancia adicional relacionada con la ordenación de capítulos y el modo en el que aparecen contemplados ambos conjuntos de piezas en las dos copias conocidas del *Libro* de Vandelvira. En la copia obrante en la biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, no aparecen encabezamientos al inicio de cada capítulo y se pasa directamente de la explicación de la última de las decendas de cava a contemplar en el folio siguiente el texto relativo a las *troneras diferentes*. En el índice que se incorpora al final del manuscrito bajo el nombre de *Tabla de lo entendido en este libro*, quedan claramente diferenciadas y relacionadas las trazas correspondientes a las troneras y tras ellas, los capialzados²¹⁶.

Sin embargo, en la copia que se conserva en la Biblioteca Nacional de España, tras las decendas de cava se incorpora un folio correspondiente a la portada del capítulo que se titula de modo conjunto *Comienzan las troneras y capialçados* [Fig. 310], y en el índice se obra de modo análogo, agrupando troneras y capialçados en un único capítulo²¹⁷.

Debido a la concurrencia de características muy similares a ambas familias de piezas, que implican una equivalencia respecto a los problemas comunes de estereotomía que presentan, se han estudiado de forma conjunta bajo el mismo epígrafe, aunque respetando el orden en el que están contenidas en el código, en el que aparecen las troneras en primer lugar y tras ellas los capialzados, con las particularidades que se verán más adelante.

²¹⁶ En la copia de la ETSAM (Vandelvira c. 1585), se cierran las decendas con el título XXXIV de la decenda de cava viaje que guarda bóveda, contenida en el f. 35 v., y en el folio siguiente, el f. 36r., se incluye el texto que comienza la serie de troneras. El índice con la relación de piezas estudiadas, separando en epígrafes diferentes los grupos de troneras y capialzados figura en los ff. 127v. y 128r.

²¹⁷ La copia del manuscrito obrante en la BNE, realizada por Goiti, (Vandelvira [c.1585] 1646), incorpora portadas al comienzo de los capítulos, correspondiendo la de troneras y capialzados al f. 44v. En el índice, obrante en el f. 100v., se incluyen todos ellos en un capítulo único, aunque se respeta el orden de incluir en primer lugar la relación de troneras y a continuación las trazas de capialzados.

Fig. 310. Alonso de Vandelvira, portada del capítulo de *troneras y capialçados*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, [c.1585] 1646.

Las troneras se caracterizan por ser piezas que plantean dos embocaduras con sendos arcos, habitualmente de medio punto o escarzanos; un arco y un dintel; o dos dinteles, con la particularidad de que tanto las claves, o el dintel en su caso, como las líneas de impostas están situadas a diferentes alturas. A la complicación de la inclinación de las

superficie del intradós, hay que añadirle el alabeo, excepto en el caso de dos dinteles, y la diferencia de cotas de los salmeres.

Vandelvira contempla dos tipos básicos de troneras²¹⁸. El primero corresponde a las que poseen dos arcos de medio punto, en las el arco menor tiene la línea de impostas elevada respecto al mayor, aunque en tres de los casos contempla también la solución inversa, con el arranque del arco mayor más elevado²¹⁹. El segundo caso es el referente a piezas con dos dinteles de diferentes longitudes, en los que el menor de ellos está situado con una cierta elevación con respecto al mayor, pues en el caso contrario, es decir, si el dintel mayor es el más elevado, se incluyen en el capítulo de los capialzados.

El código incluye dos trazas con la denominación de troneras, una de ellas corresponde a una pieza con dos dinteles de distinta longitud, de los que el mayor es el que está más elevado, es decir, del tipo de las que Vandelvira incluye en los capialzados. La segunda tronera posee un arco escarzano y un dintel, de menor longitud que el arco y situado a una altura inferior a su imposta.

En el grupo de los capialzados del código, están incluidas otras dos trazas que poseen las mismas características que la tronera adintelada referida anteriormente, es decir, el dintel más elevado es el de mayor longitud, con la única característica diferenciadora de incorporar en la embocadura inferior, una moldura o batiente destinado a recibir algún elemento de carpintería, lo que da una idea de la sutil frontera existente respecto a la denominación de estas piezas como troneras o capialzados.

Los capialzados, arcos o dinteles más levantados por uno de sus frentes para formar el derrame o declive en una puerta o ventana, se vinculan con la característica ascendente de la superficie del intradós (Rabasa 2007b, 238) y con la correspondencia a superficies regladas cuyas generatrices apoyan sobre un dintel y un arco (Calvo 2004, 129).

Las posibles combinaciones entre los elementos que forman parte de la composición de los capialzados, hacen que sean muy numerosos los tipos diferentes que se pueden plantear, situación que queda reflejada en la tratadística, en la que todos los autores incorporan piezas de este tipo, en mayor o menor cantidad, con un abanico de soluciones muy numeroso.

²¹⁸ Vandelvira (c.1585, f. 36r.), en la introducción a las troneras dice que pueden ser *medias troneras* o *troneras enteras*, si los arcos son de círculo completo, fija su utilidad en función de que sean *para luces* o *para fortalezas* y divide las que poseen arcos en *redondas*, *obales*, y *escarçanas*.

²¹⁹ Palacios ([1990] 2003, 121-135) ha estudiado en detalle los tipos más relevantes incluidos en el *Libro de trazas*.

Partiendo de la condición inicial de que la superficie del intradós presenta una cierta inclinación, las directrices de la superficie serán los arcos de ambas embocaduras, que pueden ser de medio punto, escarzanos, carpaneles, elípticos o dinteles, con las múltiples combinaciones entre ambos.

El hecho de que las luces de los dos arcos de embocadura sean iguales o diferentes, provocará que las jambas sean paralelas entre sí o por el contrario presenten un cierto grado de oblicuidad o derrame.

Otra de las variables posibles es la situación relativa de los puntos medios de los arcos de las embocaduras a la altura de las impostas. Pueden estar en la misma horizontal, como sucede habitualmente, poseer un cierto desnivel entre ellos, o incluso disponerse de tal modo que la imposta de una de ellas esté situada a la altura de la clave de la otra. Adicionalmente la recta que los une puede resultar perpendicular a la directriz principal del muro, lo que por lo general proporcionará una pieza recta, o bien resultar oblicua, con lo que el capialzado presentará un cierto grado de esviaje.

Las condiciones del muro en el que se aloja el capialzado, proporcionan nuevas alternativas: puede poseer espesor uniforme o variable, lo que originará un esviaje respecto de las testas, que no serán paralelas. Si uno o los dos paramentos del muro resultan curvos, la embocadura o embocaduras correspondientes serán en *torre cavada*, en paramentos cóncavos, en *torre redonda* en paramentos convexos o en *torre cavada y redonda* si ambos paramentos son curvos, como es el caso de muros cilíndricos. Análoga situación se produce en el caso de que el capialzado se disponga en el encuentro de muros en los que uno o los dos paramentos constituyan una esquina o un rincón.

No es infrecuente que las embocaduras incorporen algún tipo de molduración, así como batientes destinados a recibir los elementos de carpintería, situados normalmente en el paramento que recibe el dintel, pero que en ocasiones se desplazan hasta una posición intermedia respecto del espesor del muro, llegando a plantear un doble capialzado respecto de ambas testas.

Palacios ([1990] 2003, 137) realiza una división geométrica de los capialzados en cuatro tipos, los dos a los que corresponderían las once trazas contempladas por Vandelvira, que son los capialzados a regla, con dos directrices rectas, y los conoides, con una directriz recta y una curva, que suele corresponder a un arco escarzano. A estos añade otros dos tipos que incorpora adicionalmente en el manuscrito de Ginés Martínez de Aranda, que se corresponden con el que tiene como directrices un arco de medio punto y

uno escarzano, siendo el cuarto, el que plantea dos directrices rectas no paralelas, lo que equivale a una superficie de intradós de paraboloides hiperbólicos²²⁰.

Algunos de los tipos específicos de capialzados han llegado a adquirir denominaciones específicas, ocasionadas por su materialización constructiva en algún edificio o lugar concreto. Calvo (2004, 129-130), describe los capialzados más habituales, comenzando por el denominado *capialzado desquijado*, o abierto, formado entre un arco escarzano y un dintel horizontal situado a la altura de sus impostas y de menor longitud que su luz, lo que provoca el derrame o apertura de las jambas. Como ejemplo, se puede mencionar el existente en los accesos al museo, en la catedral de Astorga²²¹.

El *capialzado de Montpellier*, es semejante al anterior, cuyas directrices son también un dintel y un arco escarzano, pero con el dintel situado a la altura de la clave del arco. Ejemplos tempranos de este tipo de capialzado pueden encontrarse en el *Logis Royal* de Loches [Fig. 312], o en *L'Hotel des abbés de Cluny*, en París [Fig. 313], aunque en este último, la directriz no es un dintel propiamente dicho, sino un arco muy rebajado²²². Como ejemplos más cercanos, se pueden citar los capialzados de Montpellier contruidos en El Escorial, o el existente en las rampas de la torre de la catedral de Murcia²²³.

El capialzado de San Antonio tiene la característica de que la superficie del intradós no se genera entre las directrices como una reglada alabeada, sino como una superficie curva. Un ejemplo de ello es el existente en la portada exterior del *Ancien hôtel d'Angoulême*, en París²²⁴, conformado por dos piezas, un arco exterior moldurado de medio punto que interiormente hace de directriz, conjuntamente con un arco escarzano muy rebajado, de menor luz y situado a cota inferior, para generar un capialzado de San Antonio [Fig. 314].

²²⁰ Como excepción, uno de los capialzados a regla de Vandelvira presenta directrices no paralelas pero concurrentes en un punto, que por tanto conforman un intradós plano.

²²¹ Para la catedral de Astorga, Sarthou y Navascues (1998, 27-30); Gómez-Moreno (1925-26, 320-325); Martínez Frías (1994, 176-177; 196); Rodríguez de Ceballos (1996, 72-74).

²²² Para Logis Royale, ver Ménard (2010); En relación a *L' Hôtel des Abbés de Cluny*, Pérouse (1989, 51-53) incluye la datación y la autoría. Actualmente el edificio es la sede del Museo Nacional de la Edad Media de París.

²²³ Calvo et al. (2005, 105; 120) en su estudio de los capialzados de la torre, hacen referencia a uno de ellos, en el que el dintel se coloca por encima de los arranques del arco.

²²⁴ También denominado hotel de Lamoignon, actualmente la sede de la Bibliothèque Historique de la Ville de Paris. Ver Pérouse (1994, 269-273) y Gady (2008, 180-181).

Fig. 311. Capialzado *desquijado*, catedral de Astorga.

Fig. 312. Capialzado de Montpellier, Logis Royale, Loches.

Fig. 313. Jacques d'Amboise, capialzado, *Hôtel des Abbés de Cluny*, París, 1485-1510.

Fig. 314. Capialzado de San Antonio, *Ancien hôtel d'Angoulême*, París, 1624

El capialzado de Marsella [Fig. 317], formado por un arco de medio punto y un arco escarzano situado a una altura mayor, disposición que permite la apertura de sin problemas de roce, de las carpinterías de las puertas situadas bajo el arco de medio punto, hacia el paramento que contiene al arco escarzano²²⁵, como es el caso del existente en una de las puertas del Claustro del Convento de Santo Domingo en Orihuela [Fig. 315]. El interior de la portada de la iglesia de Santiago, en Logroño [Fig. 316], presenta un capialzado similar al de Marsella, con un arco de medio punto y un escarzano situado más elevado, pero presenta la característica adicional de poseer una superficie del intradós curvada, al modo del capialzado de San Antonio²²⁶.

Fig. 315. Capialzado de Marsella, Claustro del Convento, Convento de Santo Domingo, Orihuela, principios s. XVII.

Fig. 316. Juan Raón, capialzado, portada interior, iglesia de Santiago, Logroño, 1660.

Fig. 317. Philibert de L'Orme, capialzado de Marsella, Le premier tome de l'Architecture, 1567.

²²⁵ A este respecto ver el estudio detallado realizado por Rabasa (2000, 278-284).

²²⁶ Para el Convento de Santo Domingo, ver Chueca (1953b, 276); Gutiérrez Cortines (1987, 514-533), que apunta la posible traza de Jerónimo Quijano, entre 1558 y 1566 así como la intervención de Juan de Inglés; Marías y Bustamante (1998, 205-216). En relación a la iglesia de Santiago de Logroño, Castro (1915-16, 129-133) y Moya et al. (1976, 317), que atribuye la autoría a Raón y data la construcción de la portada de la iglesia. Ver también Belda y Hernández Albaladejo (2006, 164-165).

El caso particular de que en ambas embocaduras dispongan directrices rectas, situadas a distintas alturas, se denomina habitualmente el *capialzado a regla* y por lo general, las longitudes de ambas rectas son diferentes, siendo menor la situada a un nivel inferior, lo que provoca que las jambas presenten un cierto derrame, como es el caso del *capialzado* existente en el palacio de los Castejones en Ágreda²²⁷, en el interior de la portada [Fig. 318].

En ocasiones, se plantean trazas con un carácter excepcional en cuanto a su singularidad y a la dificultad de su ejecución, como es el caso del *capialzado abocinado en vuelta con sus despieces*, de Martínez de Aranda (c. 1600, f. 156) [Fig. 319], también contemplado en un modelo similar por Guardia (c. 1600, f. 78v.) [Fig. 320], el *capialzado abocinado en vuelta*, que ha sido relacionado con el construido en la puerta de la sacristía en la capilla de Junterón en la catedral de Murcia, cuya planta es un sector circular, en la que las juntas del intradós son curvas, y cuya estereotomía guarda relación con la Vis de Saint-Guilles, una bóveda anular en pendiente, considerada habitualmente como la pieza de mayor nivel de pericia de la cantería renacentista²²⁸.

Ahora bien, en lo referente a la generación de las superficies regladas del intradós, no es suficiente con definir las directrices en ambas embocaduras; es necesario añadir una tercera condición que deben cumplir las generatrices, como ha puesto de manifiesto Rabasa (2000, 269). Una primera opción es la habitual en los *capialzados* de Vandelvira o Martínez de Aranda, consistente en dividir en partes iguales las directrices en ambas embocaduras y hacer pasar las rectas de la reglada en la superficie del intradós por los puntos correspondientes de la división.

La superficie del intradós no es desarrollable, pero a pesar de ello ambos obtienen plantillas planas, si bien, como se ha dicho anteriormente, Vandelvira, convencido de que la labra debe realizarse por robos, las emplea como base en la determinación de las saltarreglas, mientras que Martínez de Aranda, al igual que Portor y Castro, según ha puesto de manifiesto Calvo (2004, 130), sí que intentan la labra de las dovelas por plantas.

²²⁷ Para el Palacio de los Castejones, ver Luengo (2004, 48-55) que lo data en el siglo XVI.

²²⁸ Calvo, Alonso Rodríguez y López Mozo (2004, 7-14) han estudiado el *capialzado* construido en la catedral de Murcia; describen los dos tramos de los que se compone: el más próximo a la sacristía, de planta romboidal y el tramo hacia la recapilla de Junterón, en un sector circular cuyas juntas de intradós son curvas, comparándolo con las trazas de Martínez de Aranda y Guardia y ponen de manifiesto su relación con la bóveda construida en la iglesia abacial de Saint –Guilles en el Languedoc, que dio su nombre a la traza. Ver también Vera et al. (1994, 229). Respecto a la *Vis de Saint-Guilles*, De L'Orme (1567, f. 120v.); Perousse (1979, 83-92; 1982, 91; 143-146).

Fig. 318. Capialzado a regla, palacio de los Castejones, Ágreda (Soria), finales s. XVI.

Fig. 319. Ginés Martínez de Aranda, *capialzado abocinado en vuelta con sus despiezos*, Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f.156.

Fig. 320. Alonso de Guardia, *capialzado abocinado en vuelta*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 78v.

Respecto a la obtención de las plantillas de las superficies alabeadas, la disposición de tres de los vértices no ofrece complicación, puesto que siempre definirán un plano; ahora bien, una vez fijados éstos, la determinación del cuarto ofrece dos posibilidades: proyectarlo ortogonalmente sobre el plano determinado por los tres primeros, o bien la opción elegida por los autores citados, consistente en situar el cuarto punto por triangulación, a partir de la diagonal obtenida para los tres primeros y las verdaderas magnitudes de los dos lados restantes.

De este modo, la plantilla poseerá en verdadera magnitud los cuatro lados y una de las diagonales, circunstancia que permite a Calvo (2000, 269) plantear la posibilidad de que se trate de plantillas flexibles que podrían doblarse por la diagonal que posee la longitud real. Pérez de los Ríos y García Alías (2009), en el análisis relativo a las plantillas que obtiene Jousse para la bóveda de arista, confirmaron que efectivamente se doblan, lo que refuerza la hipótesis.

La segunda opción para generar la reglada es provocar que las aristas del intradós se proyecten en la planta como paralelas, lo que equivale a mantener las generatrices paralelas a un plano director vertical, con lo que la superficie del intradós sea un conoide y los lechos quedan determinados por los planos, ortogonales al plano del arco directriz, formados por las aristas del intradós y las juntas de testa.

Una tercera opción consiste en plantear los lechos mediante un haz de planos radiales que corten ambas directrices. Las testas resultarán concurrentes en un punto, cosa que no ocurre en los dos casos anteriores, y las aristas de intradós serán las que unen las intersecciones del haz de planos con ambas directrices. Es la traza que plantea Hernán Ruiz, puesta de manifiesto por Rabasa (2000, 278).

Por lo general, la mayor parte de los capialzados contenidos en los tratados corresponden a aquellos en los que una de las embocaduras presenta un arco de cualquiera de los tipos mencionados y la otra un dintel situado a la altura de las impostas del arco.

El código contiene en su cuerpo principal cinco trazas de capialzados: uno esviado formado por un arco de medio punto y un dintel; uno despiezado, con un arco carpanel y un dintel; uno adintelado; uno en esquina y rincón, formado por arco de medio punto y dintel; y uno en torre cavada formado igualmente por un arco de medio punto y un dintel. En todos los casos, el dintel se encuentra situado a la altura de las impostas de los arcos. A ellos hay que añadir un sexto, añadido con posterioridad por un autor diferente al del

cuerpo principal, que corresponde con un capialzado adintelado de similares características al contenido en el núcleo principal.

Llama poderosamente la atención el hecho de que en todos los capialzados no adintelados, excepto en el carpanel, se plantea una directriz con un arco de medio punto, pues, como veremos, es muy escaso el número de capialzados de este tipo que aparecen en la tratadística, siendo lo más habitual el empleo de arcos escarzanos, con menor elevación, justificado por los problemas visuales y constructivos que el mayor capialzo de la media circunferencia implica. En la práctica, también se manifiesta esta circunstancia, con excepciones como los capialzados de la iglesia de San Martín Pinario en Santiago de Compostela.

Tronera adintelada

El código incluye tres piezas de características muy similares que corresponden al grupo de troneras o capialzados adintelados, denominaciones entre las que existe una permeable e indefinida frontera, como se ha puesto de manifiesto anteriormente. Dos de ellas pertenecen al núcleo principal del manuscrito y por tanto, fueron realizadas por un mismo autor, estando incluida la primera dentro de las troneras y la segunda dentro de los capialzados.

La tercera es una de las trazas incorporadas en fecha posterior por un autor diferente, que la define como arco capialzado, pero sin embargo, queda dibujada en un folio perteneciente al capítulo de las troneras. La única diferencia relevante entre el planteamiento de las troneras y los capialzados es la existencia, en estos últimos, de un batiente inferior que permite la recepción de los elementos de carpintería, ya sean de puertas o ventanas, destinados a cerrar el hueco.

El dibujo de la primera de las piezas referidas, la tronera adintelada, está ubicado en la parte superior el f. 14r., mientras que en la parte inferior están dibujadas en desarrollo las plantillas y saltarreglas obtenidas [Fig. 322]. Sobre él aparece centrado el habitual signo de encabezamiento bajo el que está el título de la pieza, *tronera a regla*. Al igual que en las dos trazas anteriores, no hay notación incorporada al dibujo ni se acompaña texto explicativo.

Fig. 321. Tronera adintelada.

Fig. 322. Tronera a regla, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 14r.

A este respecto, si se contempla el cuaderno abierto, con una visión conjunta del folio que contiene la traza, el f. 14r., y el folio anterior, el f. 13v., se observa que en ambos aparece un texto escrito, pero dicho texto no pertenece a la *tronera a regla* sino que se trata de la descripción que realizó el autor que incorporó al cuaderno con posterioridad la traza del capialzado adintelado, que aparece dibujado precisamente en la parte superior del f. 13v.

Una vez más se utilizan los dos tipos de línea habituales, la continua, que se emplea para todas las líneas dibujadas, con excepción de la horizontal que marca la altura del trasdós de la embocadura inferior, y de las líneas auxiliares que trasladan en la planta los vértices de la división en dovelas a la embocadura opuesta, dibujadas con línea de trazos. Al margen de los tipos de línea, en esta traza se vuelve a emplear un recurso que había aparecido anteriormente, concretamente en el *arco que llaman de talus*, consistente en señalar con puntos algunos de los vértices de la pieza; en este caso todos los correspondientes a las divisiones de ambas embocaduras en intradós y trasdós. Los puntos son bastante gruesos, realizados con círculos y sin mucha precisión. Los dibujos, el signo de encabezado y el título están realizados con una misma tinta de color gris medio.

El autor mantiene el criterio de dibujar en doble proyección ortográfica, los alzados de ambas embocaduras superpuestos sobre la planta. En ellos aparecen dibujadas las líneas superior e inferior de las testas en las embocaduras, así como las cuatro aristas que definen los lechos de cada dovela: las juntas de las testas y las aristas correspondientes a las juntas en las superficies del intradós y trasdós de la tronera. En la planta están dibujados únicamente el muro, las jambas y la proyección de las aristas del intradós, con las líneas auxiliares que posibilitan su obtención.

Bajo la planta, en una construcción independiente, aparece el desarrollo de las plantillas, comenzando por el triángulo del salmer derecho, a partir del cual se añaden las plantas de las cuatro dovelas de la derecha, sobre las que se han incorporado las saltarreglas,

La pieza corresponde con una tronera abierta en un muro de espesor uniforme en la que ambas embocaduras son adinteladas, pero situadas a distintas alturas. La de mayor longitud es la más elevada, quedando la de menor longitud a un nivel inferior. La línea que une los puntos medios de ambos dinteles es perpendicular al eje del muro, lo que implica que los derrames de ambas jambas sean iguales, por lo que no hay esviaje y existe simetría respecto del plano vertical que contiene los puntos medios de los dinteles.

Se plantea una disposición en siete dovelas, dividiendo ambos dinteles en siete partes iguales, haciendo que las juntas del intradós sean las rectas que unen los pares de vértices equivalentes de los dinteles. Para definir la dirección de las juntas de las testas, se comienza por la embocadura de mayor longitud, situada a una altura mayor, se fija la altura de las dovelas, ligeramente superior a la anchura de cada una de las divisiones, se determina un punto en el que concurren las direcciones, a una altura tal que forma junto

con los extremos del dintel un triángulo que se aproxima a un equilátero, y se unen los puntos equivalentes de intradós y trasdós de cada la testa, con lo que quedan definidas las juntas como segmentos de recta de carácter radial, concurrentes en el vértice indicado.

Para determinar la dirección de las juntas de testa de la embocadura posterior, la situada a un nivel inferior, se fija una altura de dovela igual a la considerada en la embocadura anterior, se trazan desde los extremos del dintel inferior paralelas a las direcciones de las juntas de testa laterales obtenidas en la embocadura anterior, se divide la longitud del trasdós de la testa en siete partes y se unen los puntos obtenidos con sus correspondientes en el intradós. Las direcciones de las testas del dintel posterior resultan igualmente concurrentes en un punto, situado en el eje de la pieza, pero situado a un nivel ligeramente por encima del anterior.

El paralelismo de las juntas de testa de ambas embocaduras garantiza que los lechos sean planos definidos por cada par de juntas y por la arista del intradós. Las aristas del intradós también pertenecen a rectas concurrentes en un tercer punto, situado en el eje, a una altura superior a los dos anteriores. La geometría de la pieza obliga a que los tres puntos de concurrencia de las juntas de ambas testas y de las de intradós, estén situados en una recta inclinada, lo que equivale a que los lechos se generen mediante un haz de planos que pasan por dicha recta inclinada y por cada una de las divisiones de ambos dinteles [Fig. 323].

Al ser las embocaduras líneas rectas horizontales y paralelas, la superficie del intradós es un plano inclinado, lo que permite acometer con facilidad la labra de las dovelas. Puesto que la pieza es simétrica, bastará con obtener las plantillas de intradós y las saltarreglas de la clave y las tres dovelas laterales, más el triángulo correspondiente al capialzo del salmer.

Ante la carencia de textos, el análisis detallado de la traza permite determinar que el autor emplea nuevamente el mismo procedimiento puesto en práctica en las piezas precedentes, con el que había obtenido resultados de una precisión considerable. Las plantillas están obtenidas por triangulación, a partir de las longitudes de las aristas del perímetro y de las diagonales de cada cara.

Figura 323. Perspectiva caballera de la tronera adintelada obtenida a partir del modelo tridimensional de la *tronera a regla* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Se obtiene en primer lugar el triángulo rectángulo correspondiente al salmer, del que se conocen los catetos, que son respectivamente la proyección de la jamba en planta y la diferencia de alturas o capialzo entre ambos dinteles, con lo que quedará definida la hipotenusa, que corresponde además a la arista del intradós de la primera dovela, sobre la que se comienza a dibujar el desarrollo de las plantillas.

Las longitudes de las testas están en verdadera magnitud en el alzado, por tratarse de rectas contenidas en un plano vertical paralelo a la dirección de la proyección, las longitudes de las diagonales se obtienen realizando un giro en el alzado alrededor de la recta de punta que pasa por su vértice inferior, hasta colocarlas en posición horizontal, trasladando esa medida a la línea de la embocadura mayor, desde su punto medio hacia un lado, y desplazando la punta del compás del punto medio hasta el medio de la embocadura contraria, hasta alcanzar una posición en la que la apertura del compás proporciona la verdadera magnitud buscada, que se traslada a la plantilla mediante un arco con centro en uno de los vértices, hasta encontrar su intersección con el arco de radio la longitud de la testa, trazado desde el otro vértice.

La operación se repite sucesivamente para la otra diagonal y para las diagonales del lecho, que proporcionan las saltarreglas, y posteriormente para las tres dovelas restantes. Se adjunta un dibujo obtenido a partir de las proyecciones del modelo tridimensional realizado, sobre el que se han incluido las operaciones necesarias para la obtención de las plantillas, según el método descrito en trazas precedentes del código [Fig. 324]. Se omite la explicación detallada de los sucesivos pasos, por considerarla suficientemente tratada en apartados anteriores.

EL autor, al emplear el procedimiento de la triangulación, aparentemente no es consciente de que la superficie del intradós es un plano delimitado por dos rectas paralelas, y que por tanto, en el desarrollo de las plantillas, las líneas que corresponden a las testas de las dovelas en ambas embocaduras deben ser paralelas, circunstancia que si consideran otros autores, como veremos más adelante. Por contra, en el desarrollo dibujado en el manuscrito, la línea de las testas se manifiesta como una poligonal.

$$\begin{aligned}\overline{EH} &= \overline{RP} = r \\ \overline{GF} &= \overline{RI} = j \\ \overline{QF} &= \overline{RS} \\ \overline{HO} &= \overline{RX}\end{aligned}$$

Figura 324. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en la *tronera a regla* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

La superposición del desarrollo de plantillas obtenido a partir del modelo tridimensional, sobre las dibujadas en el código muestra desviaciones bastante significativas debido a los errores cometidos por el autor [Fig. 325]. En este caso se acumulan dos tipos de errores. Por una parte, los propios de dibujo, que se van acumulando por las sucesivas operaciones necesarias para realizar la triangulación, aunque estos errores, como se ha visto en piezas precedentes, por si solos no deberían resultar relevantes hasta el punto de provocar que las plantillas se desvíen significativamente de su forma real.

Por otra parte, en este caso se han cometido errores adicionales, debido al modo en el que se ha dibujado la tronera. Las dimensiones proyectadas para las testas y la diferencia de altura establecida entre ellas, hacen que en el alzado, las líneas que corresponden al intradós del dintel superior, trazadas con trazo continuo, y al trasdós del dintel inferior, con trazo discontinuo, aparezcan dibujadas con una separación mínima entre ellas. Este hecho ha provocado una sucesión de errores en el dibujo de las plantillas, pues el autor ha confundido ambas líneas y ha tomado, en lugar de las longitudes correspondientes al intradós del dintel del arco mayor, que corresponden a la línea continua, las longitudes de la línea de trazos que son las del trasdós de la embocadura inferior.

Otro tanto sucede con las aristas que definen los lechos de las dovelas. Las direcciones de las testas de las dos embocaduras están tan próximas a la concurrencia, que incluso en alguno de los casos llegan a solaparse, lo que provoca que los vértices de sus encuentros con las dos líneas anteriormente citadas, estén muy próximos, y se cometan errores en la consideración de las diagonales de los lechos, por la proximidad de ambos vértices.

A falta de textos explicativos de la traza que pudieran aclarar si las diferencias se deben a un planteamiento erróneo, cabe incidir en la hipótesis de que el cuaderno sea una copia de otro anterior, y de que el autor de la copia, siga el procedimiento correcto que estuviera descrito en el original, pero cometa los errores mencionados al confundir ambas líneas.

Fig. 325. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo de la *tronera a regla*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

En relación a las trazas de similares características contenidas en el conjunto de tratados analizados, la diferencia más relevante que aparece en ellos respecto a las *troneras a regla* y los *capialzados a regla*, consiste en la incorporación en estos últimos en el dintel inferior del batiente horizontal que permite la colocación de las carpinterías en el hueco. Por ello, se hará referencia en este apartado exclusivamente a las que carecen de batiente, por analogía con la tronera del código, dejando el resto para su análisis dentro de los próximos apartados, correspondientes a los capialzados a regla.

Al margen de la contenida en el código, únicamente se han localizado troneras similares en los manuscritos de dos autores. El primero de ellos es Alonso de Vandelvira, que incorpora una pieza denominada *tronera a regla capialçada* [Fig. 326], formada por dos dinteles de diferentes longitudes, divididos en siete dovelas, de los que el de menor longitud está situado a una altura superior al mayor²²⁹. En la tronera de Vandelvira, las diferencias entre las longitudes de los dinteles y sus alturas relativas son sensiblemente mayores que las correspondientes a la pieza del código.

²²⁹ La traza está contenida en Vandelvira (c.1585, f. 41r.). En la otra copia conservada del manuscrito, la de la BNE, (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 49v.) no se introducen cambios.

Como es habitual en él, Vandelvira dibuja los dos alzados abatidos sobre sus respectivas embocaduras y determina la totalidad de las plantillas del intradós, que aparecen dibujadas bajo el alzado del dintel menor, tomando como base su trasdós. Sobre ellas se incorporan las saltarreglas de las cuatro primeras juntas de la izquierda, mientras que la pieza triangular del salmer se obtiene y dibuja directamente abatida sobre la primera arista en la planta.

Consciente de que el intradós es plano, plantea la obtención simultánea de todas las plantas, [...] *y para capialzar todas las plantas juntas [...]*²³⁰, sin más que determinar la verdadera magnitud de la distancia entre ambas embocaduras en el intradós, dibujar dos paralelas separadas la dimensión obtenida, y trasladar directamente a ellas las divisiones de las dovelas en los dinteles, lo que equivale según ha puesto de manifiesto Palacios ([1990] 2003, 133-134), a un abatimiento del intradós de la tronera sobre el plano horizontal. Las saltarreglas las obtiene por su habitual procedimiento de triangulación, realizando en planta, giros de las diagonales sobre rectas verticales que pasan por uno de los vértices de la arista y obteniendo su diferencia de alturas del alzado, descontando previamente en operación adicional la altura del capialzado.

La segunda pieza de similares características es la contenida en el manuscrito 12744 de la BNE [Fig. 327], una tronera a regla de similares condiciones a la planteada por Vandelvira, con el dintel menor más elevado, despiezada en cinco dovelas²³¹. El texto de la traza refiere la obtención de plantas y saltarreglas a la explicación del capialzado a regla, en el que se explica el procedimiento análogo al de Vandelvira, con el abatimiento de la superficie del intradós y la obtención de las saltarreglas por triangulación.

Ejemplo de pieza que responde a un modelo similar al contenido en el códice, respecto al criterio de división de ambas embocaduras en partes iguales y disposición de las juntas de intradós uniendo los extremos de las divisiones, es el existente en uno de los huecos de acceso al claustro del monasterio de Uclés, que emplea un despiece en siete dovelas, aunque su capialzo es relativamente pequeño, que resuelve en una única pieza el salmer y la primera dovela [Fig. 328]. Una semejante disposición presenta el Convento de Santo Domingo en Orihuela, en una de las puertas del Claustro de la Universidad [Fig. 329],

²³⁰ Texto contenido en Vandelvira (c.1585, f. 41r.), según transcripción de Barbe-Coquelin (1977, 1: 82).

²³¹ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f.33r.

aunque al disponer de carpintería, como en el caso anteriormente citado, añade en la embocadura inferior el batiente horizontal, no presente en la traza del códice²³².

Fig. 326. Alonso de Vandelvira, *tronera a regla capialçada*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 41r.

Fig. 327. *Tronera a regla*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 33r.

Fig. 328. Capialzado a regla, monasterio de Uclés, mediados s. XVI.

Fig. 329. Francisco Raymundo, capialzado a regla, Claustro de la Universidad, Convento de Santo Domingo, Orihuela, 1737.

²³² Para el Monasterio de Uclés, Azcárate (1956, 181-188); Rokiski (1985, 119-122), Herrera y Zapata (2009). En relación al Convento de Santo Domingo de Orihuela, Chueca (1953b, 276); Gutiérrez Cortines (1987, 514-533); Marías y Bustamante (1988, 205-216).

En el monasterio de Ucles aparecen otros huecos para los que se ha empleado una solución diferente, en la que las juntas del intradós de las hiladas intermedias se muestran paralelas, quedando las piezas laterales para absorber todo el derrame de las jambas. Es una solución presente en diversas zonas del monasterio, tanto en el interior, como es el caso del hueco de la sacristía [Fig. 330], como en las fachadas [Fig. 331]. La misma solución fue adoptada en la zona para resolver huecos en la fachada de la iglesia de la Natividad en Carrascosa del Campo [Fig. 332]²³³.

Fig. 330. Enrique Egas y Francisco de Luna, capialzado a regla, sacristía, monasterio de Uclés, 1530-1538.

Fig. 331. Capialzado a regla, monasterio de Uclés, mediados s. XVI.

Fig. 332. Capialzado a regla, iglesia de la Natividad, Carrascosa del Campo, tercer cuarto s. XVI.

²³³ En relación a la iglesia de Carrascosa del Campo, ver Rokiski (1985, 253).

Tronera alabeada

La segunda y última pieza incluida en el código con la denominación de tronera, aparece en el f. 15r. El dibujo ocupa toda su anchura del folio. Es la primera traza del núcleo principal del código en la que no figura el signo de encabezamiento [Fig. 334]. En la parte superior figura el título de la traza, *tronera engaduchida*²³⁴; bajo él aparecen la planta y los alzados que ocupan algo más de la mitad del folio y en la parte inferior derecha, el dibujo de las plantillas desarrolladas. No posee notación ni se acompaña ningún texto, quedando el folio anterior ocupado por la traza del arco abocinado añadido posteriormente por otro autor.

Realizado con dos tipos de línea, se emplea la continua para trazar la embocaduras, del arco con su rosca, el dintel, las tiranteces de ambos, las juntas del intradós en planta, las jambas y todo el desarrollo de plantillas, quedando la línea de trazos para representar en el alzado la línea superior de la embocadura del dintel y las juntas de intradós y trasdós, y en la planta, para proyectar los vértices extremos del dintel a la embocadura opuesta.

Hay una línea adicional, muy fina y tenue, realizada con grafito, que une los puntos medios de las embocaduras y la clave del arco. Tanto para el título como para el trazado de todas las líneas, se ha empleado una tinta de color sepia.

Fig. 333. Tronera alabeada.

²³⁴ El término *engauchido* se empleaba para referirse a inclinación y oblicuidad, así como a las superficies regladas alabeadas. El autor emplea una variante de la grafía habitual y lo escribe *engaduchido*.

Fig. 334. *Tronera engaduchida*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 15r.

El modo de representación está relacionado directamente con el procedimiento para resolver la traza. Se dibuja, en doble proyección ortográfica, la planta, reflejando jambas y juntas de intradós, sobre la que se incorporan los dos alzados de las embocaduras superpuestos, aportando la información de las embocaduras, las tiranteces y las juntas de intradós y trasdós, con lo que quedan definidos los perímetros de los lechos.

La tronera corresponde a un hueco abierto en un muro que no varía su espesor, en el que las embocaduras son un dintel y un arco escarzano cuyo arranque se encuentra situado a una altura superior. El centro del arco y el punto medio del dintel quedan incluidos en un plano vertical ortogonal al muro, que constituye eje de simetría, por lo que no existe esviaje. La longitud del dintel es inferior a la luz del arco, lo que implica un derrame de las jambas que se abren hacia el arco.

Se dividen ambas embocaduras en siete partes iguales, se fija un mismo espesor de las dovelas en las dos testas y la superficie del intradós se genera mediante una reglada cuyas directrices son las embocaduras, y las generatrices se corresponden con las rectas que unen los vértices de sus divisiones. Las generatrices no resultan concurrentes en un punto; debido a la simetría de la pieza, se encuentran dos a dos, en puntos correspondientes al plano vertical que pasa por el eje, pero a diferentes alturas.

Las direcciones de las juntas de testa o *tiranteces*, se obtienen, en el caso del arco mediante un haz de radios del arco, concurrentes en su centro, y en el caso del dintel, se unen los vértices de la división con un punto de concurrencia situado en el eje de la pieza, pero a un nivel inferior al centro del arco [Fig. 335].

Por tanto se trata de una pieza en la que la superficie del intradós es una reglada alabeada no desarrollable, siendo la primera de las contenidas en el código que presenta esta circunstancia. El alabeo del intradós, aunque complica la labra respecto de las superficies planas, cilíndricas o cónicas, en la práctica no supone un gran problema para el cantero, que puede ir apoyándose en las directrices de ambos extremos, comprobando la labra mediante la ayuda de la regla.

Con una superficie alabeada, no desarrollable, o *engauchida*, la plantilla de intradós no puede representar exactamente la cara, y por tanto no puede apoyar en los cuatro vértices, motivo por el que Vandelvira plantea que todos los capialzados se labran por robos.

Figura 335. Perspectiva caballera de la tronera alabeada obtenida a partir del modelo tridimensional de la *tronera engaduchida* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Posteriormente, Frézier sugirió una idea intermedia, consistente en emplear la plantilla obtenida para labrar una superficie intermedia que se aproxima a la definitiva y después afondar la dovela para obtener la superficie no desarrollable, aunque para un cantero, no debía haber mucha diferencia entre esta operación y la labra ordinaria con plantillas rígidas. Calvo (2000, 3: 80) analiza el procedimiento descrito por Martínez de Aranda, en el que distingue entre, *plantar de cuadrado*, es decir, a colocar la plantilla en una superficie provisional, en ocasiones vertical y *plantar al justo*, que equivale a apoyar la plantilla en los cuatro vértices de la cara de intradós.

Tal y como se ha dibujado la pieza, para una misma dovela, las dos juntas de testa no son paralelas, lo que implica que las tres aristas que definen el lecho: la junta del intradós y las dos testas, no pueden pertenecer a un mismo plano, por lo que la superficie de los lechos necesariamente es alabeada. Al contrario que en el intradós, el hecho de plantear los lechos como superficies alabeadas sí puede suponer un problema significativo de cara a la labra, pues para garantizar la adecuada transmisión de los empujes, las superficies de contacto de dos dovelas contiguas deberían corresponder con la mayor fidelidad posible a las dos caras de la superficie alabeada, lo que implica una complicación, pues una desviación al labrar implicaría reducir el contacto a zonas puntuales.

Esta situación no se daría si para dibujar las tiranteces del dintel se hubiera considerado el centro del arco en lugar de un punto situado a un nivel inferior. En todo caso, la diferencia de direcciones, aunque significativa, no es demasiado importante. El hecho de que esta circunstancia no se haya tenido en cuenta puede deberse a una falta de conocimiento del autor en relación a los problemas de no igualar las inclinaciones, pero también cabe la posibilidad de que se pase por alto a nivel de traza en el cuaderno, relegando la resolución a la labra.

Un posible modo de acometerlo podría consistir en labrar el lecho plano con la inclinación del arco y posteriormente eliminar en el ámbito del dintel una cuña correspondiente a la diferencia de tiranteces. La mayoría de autores, como veremos, obvia el problema omitiendo el dibujo del alzado de la embocadura en el dintel, con lo que la labra del lecho de la dovela en todo el espesor del muro se realizaría empleando la tirantez en el arco.

Para salvar la diferencia de alturas entre el dintel y el arranque del arco, se plantean unos salmeres, dibujados en el alzado de la embocadura del arco, cuyos lechos superiores tienen la inclinación de la última dovela, para apoyar con lechos horizontales sobre el

plano de arranque. En la planta, están dibujados los arranques del salmer mediante dos líneas paralelas correspondientes al intradós y al trasdós, pero aunque no se dibuja el espesor de las dovelas en el dintel, esta disposición es contradictoria con el planteamiento dibujado en el alzado. Un paralelismo en las aristas del salmer, debido al derrame de las jambas, implicaría que la dovela del salmer presentara en la embocadura del dintel una arista lateral inclinada, lo que parece poco probable.

En el alzado se observa que inicialmente se había dibujado el arco escarzano del trasdós en la embocadura de tal modo que sus arranques estaban situados en la misma horizontal que los del arco del intradós, y desde ellos, las aristas laterales del salmer descendían hasta el nivel del dintel. En estas condiciones, los lechos del salmer si tendrían sus aristas paralelas. Por alguna razón, después de haberlo dibujado así, el autor decide borrar los tramos finales del arco del trasdós y la correspondiente cara del salmer, para dibujar nuevas líneas verticales desde los vértices del trasdós de las dovelas extremas.

Aparentemente, el autor dibujó el alzado y las juntas y jambas del intradós en las condiciones iniciales, y después rectificó el alzado, borró los tramos finales de los arcos y añadió las verticales correspondientes a las caras exteriores de los salmeres, que proyectan sobre la planta los extremos del arco y sus arranques en el trasdós, trazando paralelas a las jambas desde sus extremos inferiores. Un dato que refuerza esta hipótesis es que las cuatro líneas añadidas están realizadas con trazo algo más grueso y con la misma tinta, pero algo más condensada de color que el resto de las líneas.

A pesar de las características de la pieza, en la que las superficies del intradós son regladas alabeadas y los lechos son también alabeados, el autor no tiene problema en abordar la obtención de las plantillas del intradós, que dibuja desarrolladas en una construcción independiente, de derecha a izquierda.

Comienza por la cara interior del salmer, sobre la que se incorporan y las plantas de las tres dovelas de la izquierda y la clave, sobre las están determinadas las saltarreglas de las cuatro juntas intermedias en ambas testas, en un esquema análogo al que figura en la traza de la tronera anterior, la *tronera a regla*, similar, si se exceptúa el salmer debido a su inclinación, al utilizado en *enbozino de escalera*, el *arco biaje contra cuadrado* y el *arco biaje contra biaje*.

De nuevo la ausencia de textos obliga a recurrir al estudio detallado de la pieza y de sus marcas de traza y compás para determinar el procedimiento empleado para obtener las plantillas. El proceso seguido es el habitual, ya empleado en varias trazas anteriores, de

triangulación. Se comienza por obtener en verdadera magnitud el triángulo de la superficie interior del salmer, a partir de su arista horizontal. Dibujado como comienzo del desarrollo, se utiliza su arista inclinada como línea de partida, sobre la que se irán dibujando sucesivamente las plantillas de intradós y saltarreglas.

Para determinar las plantillas de intradós, se parte de las verdaderas magnitudes de las diagonales, obtenidas realizando el giro de su proyección en alzado alrededor de un eje horizontal que pasa por uno de sus vértices, trasladando su longitud sobre la línea plana, poniendo una de las puntas del compás en el punto medio de la embocadura, y desplazando posteriormente la otra punta del compás hasta la proyección sobre la planta, del centro de la embocadura opuesta.

Una vez conocida la diagonal, se triangula, trazando desde los extremos de la arista de la dovela anterior, sendos arcos cuyos radios serán la verdadera magnitud de la diagonal y la cuerda de la primera dovela en el intradós, tomada directamente del alzado. Conocido el tercer vértice de la planta, el cuarto se obtiene por el mismo procedimiento, partiendo de la diagonal opuesta y triangulando desde el tercer vértice obtenido previamente y de su opuesto, con arcos de radios iguales a las longitudes de la segunda diagonal y del dintel de la dovela, obtenido igualmente del alzado.

Para determinar las saltarreglas, de nuevo se emplea el mismo procedimiento, en este caso mediante las diagonales de los lechos, repitiendo dos veces la operación, triangulando desde los vértices de la arista del intradós, con arcos de radios iguales a la diagonal que acomete al trasdós de la embocadura correspondiente y la longitud de la tirantez de la dovela, en el caso del arco, o del dintel en el caso de la embocadura menor.

Se adjunta un dibujo realizado a partir de las proyecciones del modelo tridimensional realizado, en el que se ha representado el procedimiento completo correspondiente a la planta de la primera dovela con sus saltarreglas [Fig. 336]. La descripción en detalle de dicho proceso, se omite por considerarla suficientemente explicada en las trazas precedentes, resueltas de modo análogo.

El autor aplica su procedimiento como si los cuatro vértices de las superficies del intradós y de los lechos estuvieran contenidos en un mismo plano, pasando por alto el hecho de que en esa pieza, ambas son alabeadas, la del intradós en todo caso no es desarrollable, mientras que el lecho, como se ha comentado puede ser no desarrollable, o bien la suma de dos planos oblicuos entre sí.

$$\begin{aligned}\overline{AE} &= \overline{CD} = o \\ \overline{AH} &= \overline{GF} = q \\ \overline{GC} &= s \\ \overline{AJ} &= \overline{GI} = t \\ \overline{AL} &= \overline{DK} = w \\ \overline{GK} &= y\end{aligned}$$

Figura 336. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en la *tronera engaduchada* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

En las superficies alabeadas limitadas por cuatro vértices, tres de ellos formarán parte de un mismo plano, definido por la arista del intradós y por la línea que une los vértices del intradós de la dovela en la embocadura correspondiente, ya sea el arco o el dintel, por lo que, considerados parcialmente pueden ser representados en el desarrollo sin problemas. Con ello quedarán representados en verdadera magnitud, dos de los lados y una de las diagonales, pero no es posible incorporar al desarrollo el cuarto vértice respetando la verdadera forma y magnitud de la cara.

Hay varias posibilidades de plantear el cierre de la plantilla: proyectar el cuarto vértice sobre el plano formado por los otros tres con lo que los dos lados y la diagonal restantes no estarían en verdadera magnitud; obtenerlo por triangulación desde los extremos de la primera diagonal, con radios de longitudes iguales a la distancia entre vértice de la segunda embocadura de la dovela y a la longitud real del intradós de la siguiente dovela, con lo que quedarán en verdadera magnitud los cuatro lados y una de las diagonales, pero la dimensión de la segunda diagonal no se corresponderá con la real; o bien determinar la posición del cuarto vértice por triangulación desde los extremos de la arista del intradós ya conocida, trazando sendos arcos cuyos radios serán la verdadera magnitud de la segunda diagonal y la longitud de la segunda embocadura, con lo que quedarán en verdadera magnitud las dos diagonales y tres de los lados, pero no así el cuarto lado, correspondiente a la segunda arista del intradós.

El autor del manuscrito emplea este último procedimiento, puesto que al dibujar los dos alzados superpuestos y emplear su método habitual, le resulta más fácil la obtención de verdaderas magnitudes de las diagonales que determinar la longitud de las aristas del intradós.

Se ha realizado una superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, para compararlas con las obtenidas por el autor del manuscrito, de la que se desprende una precisión bastante elevada, pues aunque en el conjunto del desarrollo se aprecian desviaciones debidas a los errores de dibujo acumulados por las triangulaciones, si se comparan las plantillas del intradós y las saltarreglas de cada una de las dovelas, la aproximación es muy elevada. Se han añadido adicionalmente sobre la traza, las líneas que debieran corresponder al trasdós del salmer, tanto en la solución dibujada como en la dibujada inicialmente, que fue borrada [Fig. 337].

Fig. 337. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo de la *tronera engaduchida*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

La observación detallada del manuscrito revela además un dato significativo. Al margen del desarrollo dibujado con tinta, se aprecian marcas de traza en las que aparecen definidos el salmer y la primera de las plantas, en un punto más bajo del folio, pero con las mismas longitudes y direcciones que las dibujadas definitivamente.

La razón obedece al hecho de que al partir de un punto tan bajo del folio, tras completar los trazos del arranque y de la primera dovela, se percató que, de continuar, la construcción del desarrollo se saldría del folio por la parte inferior, por lo que decidió abandonar dicha construcción sin haber dibujado las líneas con tinta sobre las marcas y comenzar de nuevo en un punto más elevado.

Adicionalmente este hecho revela el procedimiento empleado en la realización de los dibujos, en una primera fase, se realizarían sobre el papel las incisiones con las puntas del trazador y el compás, más finos y que permiten minimizar los errores y obtener una mayor precisión, y a continuación, se dibujarían con tinta las líneas deseadas.

La *tronera engaduchida* tiene un carácter singular y único en el conjunto de la tratadística hispánica contemporánea al código, pues no se han localizado piezas con las mismas características, consistentes en disponer en las embocaduras un dintel y un arco escarzano, de mayor luz, cuyo arranque este situado más elevado que el dintel. Sin embargo, los autores franceses del siglo XVII sí incluyen piezas con estas características.

Dentro del numeroso grupo de capitalizados de su tratado, Jousse (1642, 212) incluye el *Arriere-voulsure reiglée droite par devant, en descente pour les escaliers* [Fig. 338], en el que la longitud del dintel es igual a la flecha del arco escarzano, cuyas impostas quedan elevadas, lo que no queda reflejado en el alzado frontal, pero sí en los alzados laterales de las aristas del intradós incluidas a ambos lados, correspondientes a los paneles de los lechos. Se plantean una labra por robos, dibujando en el alzado las envolventes de las dovelas, pero también se determinan las plantillas de intradós, que junto con la del salmer quedan dibujadas en construcción independiente.

Otro de los capitalizados de Jousse (1642, 214), titulado *Arriere-voulsure reiglée de pieces par devant* [Fig. 339], es análogo al anterior, pero sitúa el dintel a la misma altura de las impostas del arco.

Las juntas de intradós se manifiestan en planta paralelas a las jambas, por lo que la anchura de las dovelas se mantiene, lo que facilita al autor la obtención de las plantillas, por el método de trazar a partir del dintel, líneas perpendiculares en cada una de las

divisiones entre las cinco dovelas y trasladar sobre ellas las longitudes reales, tomadas del alzado lateral.

Una disposición análoga de las generatrices es adoptada también por Derand (1643, 129) en *le lamier réglé, ou quarré par dedans oeuvre, et bombé par delors*, que dibuja alzado y sección longitudinal, omite la planta e incorpora una perspectiva de la primera dovela [Fig. 340].

El tratado publicado por Bosse (1643, pl. 104) contiene una traza similar [Fig. 341], que contempla el dintel a un nivel inferior que las impostas del arco y de menor longitud que su luz, que se complementa con un arco de medio punto que hace las veces de batiente, tras el dintel. Los lechos se plantean con un haz de planos radiales de canto, y el propio autor explica en el texto que acompaña a la traza, que ofrece dos maneras diferentes de obtener las plantillas de intradós y lechos: una a la manera universal de Desargues, y otra a la que denomina la *ordinaria de la vieja manera*²³⁵.

Al margen de los tres mencionados, a práctica totalidad de tratados incluyen piezas disponiendo en las embocaduras un dintel y un arco escarzano con un eje común, pero con dos diferencias principales respecto al planteamiento del código: la primera se refiere a la altura del arranque del arco escarzano, que queda situada al mismo nivel que el dintel; la segunda, que caracteriza a los capialzados, también incluida en todos los casos, es la disposición en la embocadura adintelada de una superficie horizontal o batiente que posibilite la adecuada colocación de las carpinterías del hueco.

Los problemas de estereotomía que plantean los capialzados con dintel y arco escarzano son análogos a los de la *tronera engaduchida*, aunque la inclusión del batiente, al quebrar la superficie del intradós complica, tanto el planteamiento de la traza como la labra de las dovelas y provoca en numerosos casos que los lechos sean igualmente superficies alabeadas

²³⁵ *Vous aurez cy-apres deux manieres diverses d'ajuster les panneaux de doele & de lit, par un bout a la deuxiesme teste ou voute; l'une au moyen des lignes de foulds-essieu & d'essieu, qui fait la deuxiesme partie, de la maniere universelle de M. Desargues, que vous pourrez voir en un exemple. Et l'autre par le moyen des assietes nivelée & profils des voutes, pratiquez d'une façon plus generale qu'à l'ordinaire de la vieille maniere detrait; ainsi que vous pourrez voir en divers exemples* (Bosse 1643, 104).

Fig. 338. Mathurin Jousse, *Arriere-voulture reiglée droite par devant, en descente pour les escaliers, Le secret d'architecture...*, 1642, 212.

Fig. 339. Mathurin Jousse, *Arriere-voulture reiglée de pieces par devant, Le secret d'architecture...*, 1642, 214.

Fig. 340. François Derand, *lamier reglé, ou quarré par dedans oeuvre, et bombé par delors, L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 129.

Fig. 341. Abraham Bosse, *capialzado, La pratique du trait a preuues de M. Desargues...*, 1643, pl. 104.

Philibert De L'Orme, incluye un capialzado en el que, debido al elevado espesor del muro, se realiza un despiece con siete dovelas en tres hiladas [Fig. 342]. El batiente no presenta la solución habitual de disponer sus jambas como continuación del abocinado, sino que tiene entidad propia, con una luz disminuida respecto del dintel del capialzado. No aporta información del despiece de las dovelas en la testa de la mocheta, por lo que se puede entender la traza como la suma de un capialzado más un arco adintelado.

Justifica su empleo en los casos en los que las luces son importantes y es necesario que, aunque la parte delantera de la puerta sea adintelada, la parte posterior disponga de un arco capaz de transmitir las cargas y empujes a los laterales del muro. Incluye un alzado lateral en el que a línea de trazos plantea la posibilidad de curvar la superficie del intradós para evitar el efecto visual de aplastamiento del capialzado y plantea la labra mediante un método intermedio entre plantas y robos²³⁶.

Hernán Ruiz plantea el trazado de un capialzado que ha sido definido por Rabasa (2000, 276) como cuidadoso y complejo [Fig. 343]. Dibuja la proyección vertical de las juntas de las testas de las cinco dovelas, que se proyectan de modo concurrente para dintel y arco, lo que permite que los planos que definen los lechos presenten convergencia en un eje horizontal. En la proyección vertical incorpora las bases de los prismas contenedores de las dovelas, para realizar los robos, pero también determina sobre la planta las plantillas de intradós, abatidas sobre la horizontal interior del batiente, y las saltarreglas, con la adición de proyecciones verticales laterales de las juntas de intradós, por lo que propone un sistema combinado de plantas y robos.

Las jambas del batiente arrancan de los vértices de las del capialzado, pero no son continuación de ellas, sino que se dibujan ortogonales a la testa lo que permite ajustar la carpintería. En el dibujo de las juntas del batiente en planta, incorpora el efecto del quiebre del intradós al ser seccionado por el plano del lecho, cuestión que la mayoría de autores pasan por alto²³⁷.

²³⁶ De L'Orme 1567, f. 64v. Ver Palacios ([1990] 2003, 146) que interpreta las líneas curvas como una recomendación de De L'Orme para *adulcir* o cavar el intradós del arco. Ver también Rabasa (2000, 278) que plantea la concavidad como precedente de lo que derivaría en el capialzado de San Antonio.

²³⁷ Hernán Ruiz (c.1550, f. 47r.). Ver el estudio detallado de la monte y labra del capialzado, así como de las proporciones de sus medidas en serie de $\sqrt{2}$, realizado por Rabasa (2007b, 138-151). Ver también Rabasa (2000, 276). Morales (2015, 242), plantea la división del manuscrito de Hernán Ruiz en cuatro grupos temáticos, en el segundo de los cuales estaría incluido el capialzado.

Fig. 342. Philibert de L'Orme, *porte biaise pour les entrées*, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 64v.

Fig. 343. Hernán Ruiz, *capialzado*, *Libro de arquitectura*, c. 1550, . 47r.

El *capialzado en puerta quadrada* de Vandelvira²³⁸, al igual que en varias de las trazas precedentes, se encuentra en una línea más próxima a las soluciones contenidas en el códice. El despiece se realiza en siete dovelas y al batiente horizontal, cuyas jambas son prolongación del intradós, se le añade una mocheta de mayor luz, de la que se aporta únicamente su disposición en planta, pero que aparentemente no afecta al planteamiento del capialzado. La rosca del trasdós del arco, se prolonga hasta la horizontal del arranque del intradós, con igual disposición a la dibujada inicialmente en el códice y borrada posteriormente [Fig. 344].

Vandelvira incluye en su explicación que la labra de los capialzados debe realizarse por robos, y justifica la obtención de las plantillas por la necesidad de determinar las saltarreglas, en un planteamiento mixto de ambos sistemas. Coincide con el códice en dibujar las plantillas de intradós de las cuatro dovelas de la derecha, sobre las que incorpora las saltarreglas, pero lo hace en construcción desarrollada a partir de la jamba cuando en el códice aparecen en construcción independiente, que recoge además el salmer inclinado, que en el caso de Vandelvira no procede al coincidir el arranque del arco con el dintel.

Se mantiene la similitud con el códice en la obtención de las plantillas de la superficie alabeada por triangulación a partir de las dos diagonales, con lo que están en

²³⁸ Vandelvira (c.1585, f.46r.). En la copia del *Libro de trazas*, conservada en la BNE (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 48r.) se omite la línea de la tercera dovela, correspondiente al abatimiento sobre la planta de la sección del capialzado por un plano vertical que contiene al eje, que sí figura en la copia de la BNE. En relación a la traza y al procedimiento de labra, ver Palacios ([1990] 2003, 144-147).

verdadera magnitud las dos testas, las dos diagonales y una de las aristas del intradós, pero no así la otra, lo que en el caso de Vandelvira se acusa en mayor medida. Pues en el desarrollo, las aristas de las testas del arco se muestran prácticamente como una línea recta. Los procedimientos de triangulación de ambos autores, como se ha puesto de manifiesto en trazas precedentes, son análogos pero inversos. Vandelvira realiza los giros de las aristas en planta y toma la diferencia de alturas del alzado, mientras que el autor del código gira las aristas en el alzado y toma la diferencia de alejamientos de la planta.

Vandelvira, además de obtener y dibujar las saltarreglas de las testas del arco en el desarrollo de plantillas, para obtener las saltarreglas del dintel o bajas, dibuja sobre la planta, desde el eje, un alzado lateral del intradós en el que representa la proyección de las tres aristas, recurso también empleado por Alonso de Guardia, que Calvo (2015, 242) asocia con plantillas de lecho que permitirían realizar en la labra una aproximación a la dovela, de una forma que guarda cierta analogía con lo que Vandelvira había planteado anteriormente en el *capialçado a regra*, respecto del uso de saltarreglas que no representan el ángulo que forman las aristas del intradós con las de testa, sino con la vertical, lo que denomina *acoplarla en cuadrado*²³⁹.

El modo de obtener el dibujo de este alzado lateral tiene interés, pues se da una circunstancia, ausente en trazas precedentes, que estrecha la relación entre ambos manuscritos. Toma del alzado la altura del vértice inferior de la dovela respecto al dintel y la traslada a la embocadura desde su punto medio, para unir el extremo con el centro de la embocadura opuesta, diagonal que proporciona el alzado de la arista. El procedimiento es análogo al del autor del código, tomando la longitud del alzado, girándola y trasladándola a la planta desde el punto medio de la embocadura, y desplazando el compás al punto medio de la embocadura opuesta, que proporciona la diferencia de alejamientos, con la salvedad de que Vandelvira no lo emplea para las diagonales, sino para líneas verticales.

En la misma línea se puede incluir el *capialçado escarçano* contenido en el manuscrito 12744 de la BNE²⁴⁰, con una división en cinco dovelas y el batiente en prolongación de las jambas, obtiene por triangulación las plantillas de las tres dovelas de la derecha, que en un principio dibuja en desarrollo a partir de la jamba, cometiendo el error

²³⁹ Vandelvira (c.1585, f. 44r.), en la descripción del *capialçado a regra* había planteado la posibilidad de labrarlo con una única saltarregla, con la condición de que el brazo de la testa se colocara en vertical [...] Puédese labrar este capialzado con solo una saltarregla teniendo en cuenta de acoplarla en cuadrado [...]. En el caso del *capialçado en puerta quadrada*, serían necesarias tres saltarreglas, pero es evidente la facilidad de su obtención en el alzado lateral frente a la triangulación.

²⁴⁰ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 32v.

de considerar iguales para cada dovela, las longitudes de la testa del arco y del dintel. El mismo desarrollo, considerando las longitudes procedentes, se vuelve a dibujar en la parte superior del anterior [Fig. 345].

El resto de los autores abordan la misma pieza de un modo diferente. Alonso de Guardia, incorpora cuatro trazas de capialzados con dintel y arco escarzano divididos en cinco dovelas²⁴¹. En el mismo folio aparecen el *capialçado despezado* [Fig. 346] y bajo el otro titulado *capialçado* [Fig. 347].

En ambos aparecen dibujadas sobre la planta líneas perpendiculares a las embocaduras, lo que en un principio podría entenderse como una disposición de aristas de intradós paralelas, pero Calvo (2015, 421-422) aclara que dichas líneas no representan las proyecciones de las aristas del intradós, sino que corresponden a las intersecciones de los planos de los lechos con el plano de las impostas. Plantea un sistema mixto de labra por robos y saltarreglas, para lo que abate las aristas del intradós sobre la horizontal, dibujándolas sobre la planta, superpuestas, a partir del vértice del arco.

Una tercera traza, de las mismas características y planteamiento que las anteriores²⁴², que titula igualmente *capialçado* [Fig. 348], incorpora los abatimientos de los lechos, tomando como charnela la intersección de su plano con el de impostas, y sobre las aristas del intradós en el abatimiento, dibuja unos arcos similares a los planteados por De L'Orme, proponiendo una curvatura de la superficie del intradós²⁴³.

Finalmente, en el *capialçado desquixado* [Fig. 349], dibuja en el alzado, los prismas contenedores de la dovela para los robos y en planta, a diferencia de los tres anteriores, si representa las juntas del intradós, sus proyecciones sobre el plano de perfil, y obtiene las plantillas del intradós²⁴⁴.

²⁴¹ Guardia c. 1600, f 72v.

²⁴² Guardia c. 1600, f 73v.

²⁴³ Calvo (2015, 421) considera las curvas como precedente del *arrière-voussure de Saint-Antoine*.

²⁴⁴ Guardia c. 1600, f 85v. En relación con la obtención de las plantillas del intradós, Calvo (2015, 422) considera que las caras de la dovela se emplearían en una fase intermedia de la labra, para realizar una aproximación.

Fig. 344. Alonso de Vandelvira, *capialçado en puerta quadrada*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 46r.

Fig. 345. *Capialçado escarçano*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 32v.

Fig. 346. Alonso de Guardia, *capialçado despeçado*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f.72v.

Fig. 347. Alonso de Guardia, *capialçado*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f.72v.

Fig. 348. Alonso de Guardia, *capialçado*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f.73v.

Fig. 349. Alonso de Guardia, *capialçado desquixado*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f.86v.

Martínez de Aranda, en el *capialzado desquijado cuadrado* [Fig. 350], aborda el problema con un método exclusivo de plantas, sin recurrir a los robos, a pesar del alabeo del intradós, empleando un complejo procedimiento de abatimientos sucesivos para la obtención de las plantillas de intradós y de lecho. Una segunda pieza relacionada es la *puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco* [Fig. 351], en la que incorpora, además del batiente una mocheta de menor luz, ambos con jambas ortogonales al eje del muro, que resuelve igualmente por plantas, determinando las de intradós y testa²⁴⁵.

Fray Laurencio de San Nicolás plantea otras tres versiones de la pieza, en todos los casos dividida en siete dovelas. En el *arco mixto* [Fig. 352], dispone los lechos en planos radiales, concurrentes en un eje horizontal, e incorpora de manera simultánea dos opciones de considerar el derrame y batiente: con la luz reducida, haciendo mocheta, a la que denomina *deramo con alfeizary* con derrame hacia el vértice del dintel.

Obtiene los alzados laterales de los lechos, planteando robos a partir de ellos. En el siguiente folio, añade dos capialzados más, con iguales características, disponiendo batiente y mocheta de luz reducida. La diferencia entre ambos radica en la disposición de los lechos; en el *capialzado, igual las piezas* [Fig. 353], plantea los lechos para que las juntas del intradós se proyecten paralelas en la planta, mientras que en el *capialzado a lo pechina* [Fig. 354], la reglada se genera dividiendo las embocaduras en partes iguales. En ambos, obtiene las plantas por abatimiento sobre la arista interior del batiente y sobre ellas incorpora los lechos, abatidos sobre su arista²⁴⁶.

Las tres variantes que plantea Joseph Gelabert tienen en común la disposición de los lechos en planos radiales concurrentes en el eje del arco, de modo análogo a lo comentado para la traza de Hernán Ruiz, y algunas de las de Guardia y Martínez de Aranda²⁴⁷. Plantea su labra a partir de las plantillas de los lechos obtenidas. La solución más sencilla añade al batiente la mocheta adintelada de menor apertura, y dispone una superficie plana en el trasdós [Fig. 355]. La segunda añade una complejidad al plantear molduras en ambas embocaduras [Fig. 356].

²⁴⁵ Martínez de Aranda (c. 1600, ff. 148; 169). En relación a ambos capialzados, y al modo en que Martínez de Aranda plantea los abatimientos, ver Calvo (2000, 3: 66-67; 105-106).

²⁴⁶ San Nicolás (1639, I: 65r.; 66r).

²⁴⁷ Las trazas contenidas en el manuscrito de Gelabert (1653, ff. 34r.; 95r.; 96r.) son respectivamente el *portal roma volt y revolt tot duna pesa*; el *portal roma volt y revolt tot duna pesa y lo revolt es mollura crexent y te tambe mollura ala duella*; y la *ravolt mollura crexent*. Rabasa (2011, 82-83; 250-253) ha estudiado las piezas e incluye unas perspectivas militares que definen claramente la geometría de los capialzados y de las distintas molduras incorporadas en las embocaduras.

Fig. 350. Ginés Martínez de Aranda, *capialzado desquijado cuadrado*, Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f.148.

Fig. 351. Ginés Martínez de Aranda, *puerta cuadrada a regla contra capialzado cuadrado desquijado de arco*, Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f.169.

Fig. 352. Fray Laurencio de San Nicolás, *arco mixto*, *Arte y uso de arquitectura*, 1639, l: 65r.

Fig. 353. Fray Laurencio de San Nicolás, *arco capialzado igual las piezas*, *Arte y uso de arquitectura*, 1639, l: 66r.

Fig. 354. Fray Laurencio de San Nicolás, *arco capialzado a lo pechina*, *Arte y uso de arquitectura*, 1639, l.66r.

Una tercera, mantiene la moldura en el arco, suprime la mocheta, plantea la rosca en la embocadura del arco y presenta la particularidad de dibujar en la planta las líneas ortogonales correspondientes a las trazas de los planos de los lechos con el plano de las impostas, como había hecho Guardia en el capialzado comentado anteriormente [Fig. 357]. La molduración de la embocadura correspondiente al arco escarzano provoca, como ha puesto de manifiesto Rabasa (2011, 252) una deformación del círculo del bocel, haciéndolo elíptico, que Gelabert traza con óvalos.

Finalmente, en el manuscrito de Portor y Castro (1708, ff. 37v.; 44v.), se encuentran dos capialzados, con cinco dovelas, que responden a las mismas características. El *capialzado engauchido por plantas* [Fig. 358], que es prácticamente una copia de la propuesta de Martínez de Aranda en el *capialzado desquijado cuadrado*, con un método de labra puro por plantas, obtenidas por abatimientos sobre las proyecciones horizontales de las aristas del intradós, para las plantas, y del batiente, para los lechos.

La segunda traza, el *capialzado engauchido ganado el cuadrado en el salmer por plantas* [Fig. 359], está resuelta por el mismo método, pero se diferencia de la primera en la orientación de las juntas del intradós, que se disponen paralelas entre sí, ortogonales al dintel, absorbiendo el derrame de las jambas en las dovelas laterales.

El empleo de este tipo de capialzado es muy habitual para resolver los haces interiores de huecos de portadas o de ventanas, ampliando la superficie hacia el interior, a la vez que se permite el correcto abatimiento de las hojas de los elementos de carpintería. Ejemplos de ello se pueden encontrar en la iglesia de San Esteban, en Murcia [Fig. 360], con cinco dovelas entre un escarzano bastante rebajado y un dintel, que sustituye la habitual meseta horizontal por una mocheta diferenciada, de menor luz, con arco de medio punto²⁴⁸.

²⁴⁸ Para la iglesia de San Esteban, ver González Simancas (1905-1907, 195-203); Gutiérrez-Cortines (1976, 21-26; 1987, 502-513), que da como fecha de finalización de las obras de la iglesia 1569; y Belda y Hernández Albaladejo (2006, 164).

Fig. 355. Joseph Gelabert, *portal roma volt y revolt tot duna pesa, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 34r.

Fig. 356. Joseph Gelabert, *portal roma volt y revolt tot duna pesa y lo revolt es mollura crexent y te tambe mollura ala duella, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 95r.

Fig. 357. Joseph Gelabert, *ravolt mollura crexent, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 96r.

Fig. 358. Juan de Portor y Castro, *capialzado engauchido por plantas, Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 44v.

Fig. 359. Juan de Portor y Castro, *capialzado engauchido ganado el cuadrado en el salmer por plantas, Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 37v.

El acceso al claustro de la concatedral de San Pedro, en Soria posee un capialzado dividido en nueve dovelas [Fig. 362], que invierte la disposición, al disponer el arco en la zona exterior y el dintel con la puerta en la cara interior del muro, en el que la labra de la meseta muestra los problemas de resolución de la intersección de los lechos con el plano horizontal, comentados anteriormente en relación a este tipo de trazas²⁴⁹.

En la iglesia de San Cosme y San Damián de Arnedo [Fig. 363], la portada se resuelve interiormente con un capialzado de nueve dovelas en el que frente a la división en partes iguales de las directrices, las anchuras de las dovelas se han ido ajustando a la disponibilidad de las piedras, aunque manteniendo el criterio en cuanto a su orientación²⁵⁰.

Otros huecos en los que se han dispuesto capialzados que obedecen a una disposición similar son las existentes en el claustro del monasterio de Uclés, resueltos por lo general con tres dovelas centrales de mayor tamaño y dos laterales, menores, que asumen además la función del salmer [Fig. 364]. En su zona de influencia, la iglesia de la asunción en Pareja, cuya autoría puede ser atribuida a Pedro de Alviz, incorpora en el hueco de acceso a la sacristía un capialzado similar, resuelto con cinco dovelas [Fig. 365], con división en partes iguales de las embocaduras y juntas de intradós entre los puntos obtenidos. Por lo singular cabe mencionar el doble capialzado de la antigua portada de acceso de la iglesia de la Natividad en Carrascosa del Campo, en la que los capialzados, resueltos con siete dovelas [Fig. 366], disponen adicionalmente en su zona exterior un arco carpanel que recibe la carpintería²⁵¹.

Más tardíos, pero de una muy buena ejecución y labra, son los capialzados interiores de los huecos del claustro de la catedral de Astorga [Fig. 367], con aristas nítidas y definidas en sus siete dovelas²⁵².

²⁴⁹ Cabré (1916-17, 8: 17) da como fecha de finalización el año 1577. Ver también Chueca (1953b, 88-91), Higes (1963, 29-63). Martínez Frías (1980, 371-378) expone la participación de Juan Martínez de Mutio y San Juan de Obieta, comenzando las obras en 1551. Alonso Ruiz (2003, 136) les atribuye a ambos la traza del templo, datando el comienzo de sus trabajos en 1548 y citando a los maestros que continuaron los trabajos: Rodrigo Ezquerria Villa y los cántabros Pérez de Villaviad. Ver también Míguez, Garcinuño y Rodríguez en relación a la reconstrucción del siglo XVI y a las hipótesis formuladas en relación a la reconstrucción del templo románico.

²⁵⁰ Las obras de la iglesia comenzaron en 1540 y se prolongaron hasta finales del siglo (Moya et al. 1975, 129), siendo conocida la intervención de Pedro de Alzaga, Martín de Saracibar, Francisco de Zumista y Juan de Juaristi.

²⁵¹ Para el Monasterio de Uclés, ver Azcárate (1956, 181-188); Rokiski (1985, 119-122), Herrera y Zapata (2009); para la iglesia de Pareja, Rokiski (1985, 100). En relación a Carrascosa del Campo, Rokiski (1985, 252-253).

²⁵² En relación al claustro de la catedral de Astorga, Gómez-Moreno (1925-26, 325), relata la reforma barroca, con la autoría respecto al claustro, de Gaspar López, con datación hacia 1755; Sarthou y Navascues (1998, 27) datan el claustro en el siglo XVIII, y lo atribuyen también a Gaspar López; Ribera (1996, 176-177; 196); Rodríguez de Ceballos (1996, 72-74).

Fig. 360. Capialzado, iglesia de San Esteban, Murcia, c. 1569.

Fig. 361. Capialzado, claustro de la catedral, León, c. 1566.

Fig. 362. Capialzado, claustro de la concatedral de San Pedro, Soria, c. 1577.

Fig. 363. Capialzado, iglesia de San Cosme y San Damian, Arnedo. 2ª mitad s. XVI.

Fig. 364. Enrique Egas y Francisco de Luna, capialzado, monasterio de Uclés, c. 1538.

Fig. 365. Pedro de Alviz, capialzado, iglesia de la Asunción, Pareja, 2º cuarto s. XVI.

Fig. 366. Doble capialzado, iglesia de la Natividad, Carrascosa del Campo, mediados s. XVI.

En otras ocasiones, se aborda este tipo de capialzado de forma diferente a los vistos anteriormente, disponiendo los planos de los lechos de tal modo que las juntas del intradós se proyectan paralelas en la planta, en una disposición que recoge en su tratado Fray Laurencio de San Nicolás (1639, I: 66r.), como *capialçado, igual las pieças* [Fig. 353]. Esta solución equivale a tomar en el arco, en la parte central, una parte cuya cuerda coincida con la longitud del dintel; dividir dicha cuerda en tantas partes como se divida el dintel y unir los pares de vértices equivalentes, para añadir dos dovelas en las impostas, que son las que absorben el derrame de las jambas. Ejemplo de esta disposición es el existente en los pies de la ermita de la Virgen de la Plaza, situada en Santo Domingo de la Calzada [Fig. 368], o el que resuelve interiormente la portada de la iglesia de Santa María del Palacio en Logroño [Fig. 369]²⁵³.

²⁵³ Respecto a la ermita de la Virgen de la Plaza, está documentada una intervención de los canteros Pero Gil de Rasines y Sancho Gil de Pancorbo para hacer dos paños de iglesia y para trasladar la puerta. Si la situación inicial de la puerta estaba en los pies de la iglesia, la autoría del capialzado pudiera corresponder a dichos canteros, aunque se siguieron realizando actuaciones posteriores, siendo reformada a partir de 1710. Ver Abad (1990, 136-137).

En relación a Santa María del Palacio, la atribución de las autorías de los maestros que intervinieron en las diversas partes de la iglesia, así como la datación, está recogida en Moya et al. (1976, 310-311).

Fig. 367. Gaspar López, capialzado, claustro de la catedral de Astorga, 1755.

Fig. 368. Capialzado, ermita de la Virgen de la Plaza, Santo Domingo de la Calzada, s. XVI.

Fig. 369. Juan de la Riba hijo, capialzado, iglesia de Santa María del Palacio, Logroño, 1627.

Capialzado a medio punto esviado

Con esta pieza se inicia el conjunto de los cinco capialzados incluidos en el códice, aunque, como se ha comentado, están directamente relacionados con las dos trazas precedentes, incluidas como troneras, pero es en esta en la que el autor emplea por primera vez el término capialzado.

Fig. 370. *Capialzado engaduchado en biaje*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 16r.

El dibujo se encuentra en el f. 16r., y el arco queda ligeramente desplazado hacia el lado derecho, aunque los paramentos del muro se extienden en toda la anchura del folio. En vertical, en la parte superior aparece nuevamente el habitual signo de encabezamiento, ausente en la anterior traza, y bajo él, centrado, está escrito el título de la traza: *Capialzado*

*engaduchado en biaje*²⁵⁴. El conjunto de planta y alzado posee una altura equivalente a la mitad de la del folio, pero el dibujo está centrado.

Como ocurre en las trazas del núcleo principal, a partir del *arco que llaman de talus*, contenido en el f. 9r., no se escribió ningún texto explicativo ni se incorporó notación sobre los dibujos, que aporte información acerca del procedimiento seguido. Todas las líneas de la traza están dibujadas con un tipo de línea continua, excepto las auxiliares para *bajar los trasplomos*, o proyectar sobre la planta los vértices del trasdós del arco, dibujadas con línea de trazos. Se emplea por segunda vez el recurso, ya descrito en el *arco que llaman de talus*, de señalar algunos de los vértices singulares con puntos realizados con pequeños círculos. En este caso, se aplican a los extremos de las saltarreglas de las dovelas de la derecha, no así las de la izquierda, y a los puntos de incidencia de la plantilla obtenida con la línea de embocadura en el batiente.

Fig. 371. Capialzado a medio punto esviado.

Se observan dos tintas diferentes: una de color sepia, con la que se escribe el encabezamiento, el título y las líneas principales y auxiliares correspondientes a la planta y el alzado; y la tinta roja, que se emplea de nuevo para dibujar las líneas de las plantillas y saltarreglas obtenidos.

Aparecen dibujados, en doble proyección ortográfica, el alzado, que incluye la embocadura con su rosca, las tiranteces y las líneas auxiliares para proyectar los vértices

²⁵⁴ El término *engaduchado* hace referencia al alabeo del intradós y *biaje* se refiere al esviaje u oblicuidad del capialzado. Nuevamente el autor emplea una grafía diferente a la habitual, que es *engauchido*. Por otra parte, se trata de un término que no emplean ni Vandelvira ni Martínez de Aranda para denominar estas piezas, y si se encuentra, en el manuscrito 12744 de la BNE y en el de Portor y Castro.

de las testas sobre la planta, pues serán puntos necesarios a emplear en la determinación de las plantillas; y la planta, en la que figuran las jambas y las juntas del intradós [Fig. 370].

La pieza se forma mediante la apertura en un muro, cuyo espesor no varía, de un hueco cuyas directrices en las embocaduras son un arco de medio punto y una recta horizontal situada en el plano diametral del arco. El punto medio de la recta o dintel y el centro del arco están situados en un mismo plano horizontal, pero la recta que los une no es ortogonal a las embocaduras, sino que presenta una cierta oblicuidad, por lo que la pieza es esviada y no existe un eje de simetría como en el caso de la traza precedente.

La longitud del dintel es menor que el diámetro del arco, por lo que además del esviaje, las jambas presentan un derrame hacia la mayor apertura en el arco. Las dos embocaduras se dividen en siete partes iguales que corresponden al número de dovelas que conforma el capialzado. En el caso del arco, se fija el espesor de su rosca, pero no se ofrece información de la testa en el dintel.

La superficie del intradós es alabeada reglada, y se obtiene haciendo pasar las rectas generatrices por los puntos obtenidos de la división de las directrices, arco y dintel, en las siete partes. El propio nombre con el que el autor titula la pieza hace referencia al alabeo. El dintel queda ligeramente avanzado respecto del plano de testa para rematar el intradós con una meseta final horizontal, destinada a recibir el correspondiente elemento de carpintería, que caracteriza a los capialzados, además de la inclinación de su intradós.

En la embocadura correspondiente al arco de medio punto, las juntas de testa son radiales y por tanto, sus tiranteces concurren en el centro del arco. El hecho de que en este caso, contrariamente a lo habitual en el código, no se dibuje la línea del trasdós ni las tiranteces correspondientes al dintel, sugiere que la intención del autor es que el capialzado finalice en la recta horizontal ligeramente avanzada, dejando en el ámbito del batiente un arco adintelado que se podría resolver de forma independiente.

Los lechos son planos que quedan definidos por la arista del intradós y la tirantez de cada una de las dovelas. En este caso, las aristas del intradós son concurrentes, de dos en dos, en tres puntos situados en una recta inclinada, contenida en el plano vertical que pasa por la horizontal que une el centro del arco y el punto medio del dintel. Estos planos de los lechos se intersecan con el plano horizontal del batiente en líneas que convergen en el centro del arco [Fig. 372], aunque, como veremos, el autor no es consciente de esta condición.

Figura 372. Perspectiva caballera del capialzado a medio punto esviado, a partir del modelo tridimensional del *capialzado engaduchado en biaje* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Nos encontramos de nuevo ante una propuesta de labra pura por plantas. A pesar del alabeo de la superficie del intradós, el autor no se plantea el empleo de robos, que pasará por alto en todos los capialzados y utilizará exclusivamente en posteriores trazas correspondientes a bóvedas de intradós cilíndrico. Obtiene las plantillas de intradós de todas las dovelas, necesarias pues son diferentes, y las saltarreglas de las seis juntas intermedias, dibujando todas ellas directamente sobre la planta, a partir de la arista interior del batiente.

El procedimiento empleado para obtener las plantillas ha sido deducido a partir de las marcas ciegas existentes en el folio, correspondientes a puntas de compás e incisiones en líneas rectas y arcos, dado que no aparece ningún texto explicativo al respecto. En este capialzado, el autor omite el dibujo del alzado de la embocadura adintelada. Ello le impediría aplicar el método descrito en varias de las trazas precedentes, de realizar giros de las rectas en el alzado y contemplar su diferencia de alejamientos en la planta para determinar su verdadera magnitud, al menos a las saltarreglas, puesto que los vértices del intradós de las dovelas quedan definidos con la planta y el alzado del arco.

Pero a pesar de ello, en este capialzado se ha intentado aplicar un procedimiento de giros y triangulaciones, similar al definido en la *pechina en viaje*, que realiza las operaciones a la inversa, es decir, gira las aristas en la planta para colocarlas en posición frontal, sobre la línea de la embocadura y posteriormente *capialza* o eleva el vértice situado en la charnela hasta su proyección en el alzado, con lo que obtiene una diagonal que proporciona la verdadera magnitud de la recta. El procedimiento es análogo al que habitualmente usa Vandelvira para obtener las verdaderas magnitudes de las rectas con las que posteriormente se realizan las triangulaciones que proporcionan las plantillas.

El problema que se encuentra el autor al aplicar un procedimiento de probada eficacia en el caso de plantas correspondientes a figuras planas, es precisamente el alabeo de la superficie del intradós que impide desarrollarla y por tanto representar su forma y dimensiones en verdadera magnitud. No es consciente de ello y trabaja en la hipótesis errónea de que con su construcción se mantienen las longitudes reales de las aristas.

Comienza por obtener la plantilla de la primera dovela de la derecha. Dos de sus lados, la jamba "BE" y la arista del dintel "BG" se encuentran en la misma horizontal, por lo que definen un plano y además tanto ambas aristas como la diagonal que une sus vértices, "GE", están en la planta en verdadera magnitud. Seguidamente intenta determinar la posición del cuarto vértice "F", sobre la plantilla.

Existen tres opciones para hacerlo, que proporcionarán resultados diferentes como consecuencia del alabeo de la cara. La primera consiste en abatir, sobre el plano formado por los otros tres vértices, el plano formado por el cuarto vértice y la diagonal opuesta. Equivale a triangular desde los vértices de la diagonal conocida "GE", tomando arcos cuyas longitudes sean la cuerda de la testa en el alzado "o" y la longitud real de la cuarta arista "GA", que sería necesario determinar previamente. Con esta opción quedarían en verdadera magnitud los cuatro lados de la plantilla y una de las diagonales, la que es previamente conocida.

El autor opta por otra opción diferente, consistente en abatir el plano que definen la diagonal que acomete al cuarto vértice "AB" y uno de los dos lados que acometen a él, en este caso la cuerda de la testa "o" triangulando con sus longitudes reales desde los vértices de la jamba.

Para determinar la verdadera longitud de la diagonal "AB", la gira en planta tomando charnela en la vertical que pasa por "A" hasta colocarla frontal en "AC". Subiendo la punta del compás desde el punto "A" hasta su proyección en el alzado "D", la recta "CD" proporcionara la longitud "n" buscada. Trazando dos arcos en los extremos de la jamba, "B" y "E" con radios equivalentes a la diagonal "n" y la cuerda de la testa "o" queda definida la posición del punto buscado "F". Con esta construcción, quedarán en verdadera magnitud las dos diagonales y tres de las aristas del intradós, la jamba y las dos testas, pero no así la arista superior del intradós, que se mostrará con una longitud menor que la real.

La saltarregla del arco se obtiene por el mismo procedimiento, girando en planta la diagonal del lecho "GH" hasta colocarla frontal en "JH" y trasladando la punta del compás desde "H" hasta el vértice del trasdós del lecho "K". La longitud real de la diagonal será "r" equivalente a "JK". Triangulando en la planta desde los extremos de la arista superior "G" y "F" con radios iguales a la diagonal "r" y la testa "s" se determina la posición del punto "L" que proporciona la saltarregla buscada.

El error cometido respecto a la longitud de la arista del intradós se va acrecentando por el hecho de que para obtener la plantilla de la segunda dovela, se parte precisamente de esta arista errónea. Para clarificar la explicación, se adjuntan dos dibujos independientes, en los que se ha realizado el proceso de obtención de plantillas de la primera y segunda dovela respectivamente, siguiendo el procedimiento empleado en el manuscrito [Fig. 373].

Figura 373. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en la *capialçado engaduchado en biaje* contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

La obtención de la plantilla de la segunda dovela comienza por abatir la arista inferior del intradós en el plano que la contiene hasta colocarla horizontal. Para realizar esta operación, el autor toma su longitud obtenida en la plantilla de la primera dovela, "GF" y prolonga su proyección en planta "GA" hasta alcanzar la longitud obtenida, en "GM". Como se ha dicho, esta diferencia de longitudes es mínima en el caso de esta primera junta, lo que se traduce en el código en un pequeño trazo de color rojo que prolonga la línea, pero en las juntas superiores, la diferencia se hace más relevante.

Se parte, de un dato erróneo, pues como se ha puesto de manifiesto, esa arista es precisamente la única que no está en verdadera magnitud en la plantilla de la dovela inferior. A partir de este punto, el autor vuelve a realizar el mismo procedimiento ya explicado, reflejado con detalle en el dibujo adjunto, pero comete un nuevo error; considera que la arista del intradós "GA" abatida sobre la horizontal en "GM" está en el mismo plano que la arista del dintel "RG", lo que en el caso de la primera dovela si ocurría, al ser la jamba horizontal, pero en este caso, las dos rectas se cortan pero no son coplanares, por lo que si se gira la posición de la junta del intradós, en la testa de la embocadura, el vértice común "G" no se moverá, pero el vértice opuesto "R" sí elevaría su posición en el espacio, por lo que el ángulo que se muestra en planta entre ambas no corresponde con su verdadera magnitud.

Al tomar como base de la construcción de la plantilla dos aristas que contienen errores en sus longitudes, la repetición de toda la construcción provoca que en la siguiente dovela, las diferencias se incrementen y en la clave sean aún mayores.

Para completar las plantillas, el autor intenta reflejar una cuestión que casi todos los autores pasan por alto, que es la consideración del efecto que produce el plano de lecho inclinado, al intersectarse con el plano horizontal. Si se analiza geoméricamente el capialzado, los planos de los lechos son radiales, por lo que sus trazas con el plano de impostas pasarán obligatoriamente por el centro del arco de embocadura.

Los puntos correspondientes a la división del dintel pertenecen también a los planos de los lechos y además están en el mismo plano horizontal, lo que implica que la traza de cada uno de los planos de los lechos con el plano horizontal de las impostas pasa por el centro del arco y por el extremo de las juntas del intradós en la horizontal interior en la que comienza el batiente, lo que equivale a que las direcciones de las intersecciones de los lechos con el plano horizontal del batiente deben ser concurrentes en el centro del arco, como puede observarse en la perspectiva caballera realizada [Fig. 372].

En el código, las líneas representadas no corresponden a las líneas de intersección de los planos de lecho con la meseta horizontal, sino a sus saltarreglas. Para obtenerlas se realiza una aproximación, un tanto intuitiva, a la situación real, dividiendo la mitad del dintel en cuatro partes iguales y uniendo cada división con los vértices de las juntas del intradós de las dovelas. El resultado se aproxima al ángulo real en el caso de la clave, pero difiere significativamente en el resto.

Para determinar el grado de precisión y la aproximación a las dimensiones reales de las plantillas, se ha realizado el modelo tridimensional del capialzado con las condiciones geométricas definidas en el código, y a partir del mismo se ha procedido a obtener las plantillas del intradós con el mismo criterio, proyectando el polígono definido por sus vértices sobre un plano horizontal, de tal modo que se conserven las longitudes de las dos diagonales, las dos testas y la arista inferior del intradós. Las plantillas obtenidas, se han colocado sobre el dibujo del código en la misma posición relativa, es decir, se ha hecho coincidir en ambos casos la línea del intradós prolongada, tomando como punto común el vértice del dintel.

Se aprecian diferencias relevantes en las plantillas de intradós, especialmente las dos dovelas intermedias a cada lado, mientras que las dovelas de arranque resultan bastante más cercanas, debido al hecho, ya puesto de manifiesto, de que dos de sus aristas, jamba y dintel están ya en planta en verdadera magnitud al ser horizontales. Para las saltarreglas, las diferencias son menores, puesto que los lechos son planos y no plantean los problemas del alabeo [Fig. 374].

Nos encontramos de nuevo ante una pieza de carácter singular, pues en el conjunto de tratados y manuscritos analizados no se han encontrado piezas de las mismas características, cuyas embocaduras sean un arco de medio punto y un dintel, con derrame en las jambas y que presente esviaje, aunque si se han analizado piezas que contienen algunas de estas características.

El capialzado más aproximado en cuanto a planteamiento y resolución es el *arco por de fuera adintelado y por de dentro de medio punto y capialçado* de Fray Laurencio de San Nicolás²⁵⁵, que coincide en todo, incluso en la división en siete dovelas, con el del

²⁵⁵ San Nicolás (1639, I: f. 68v.) se remite, respecto del modo en el que se resuelven los capialzados, a los tres capialzados escarzanos que incluye con anterioridad. En uno de ellos no propone la obtención de plantas, sino que determina los perfiles de los lechos; en los otros dos, resueltos por plantas y saltarreglas se limita a dar algunas explicaciones sobre el dibujo de la planta y alzado, sin entrar a definir el procedimiento de obtención de plantillas. [...] *Tu lo podrás hazer con su demostración, ayudándote de los tres capialçados que quedan referidos, y de sus inteligencias harás quantos capialçados quisieres hazer, tengan la buelta que tengan.*

código, excepto en el esviaje. Los puntos medios de las embocaduras están en la horizontal perpendicular al muro y existe simetría. Simplifica el dibujo al no dibujar las juntas del intradós ni en la planta ni en el alzado y propone una labra por plantas, obteniendo las plantillas de intradós y saltarreglas de las cuatro dovelas de la izquierda, que dibuja directamente sobre la planta de modo muy similar al código [Fig. 375].

Fig. 374. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del *capialçado engaduchado en biaje*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

El procedimiento de obtención presenta algunos aspectos comunes, empleando abatimientos y triangulaciones, pero Fray Laurencio obtiene las plantillas de forma independiente, con un primer abatimiento tomando como charnela la embocadura del dintel, y a partir de él realiza la triangulación para obtener el cuarto punto. Esto le lleva a

obtener para una misma arista dos longitudes diferentes en las dos plantillas en las que se manifiesta. Asimismo, intenta determinar las direcciones de las intersecciones de los lechos con el plano del batiente. Comete un error significativo al dibujar la plantilla de la clave, pues en lugar de cerrarla con la línea simétrica a la obtenida previamente, traza una paralela al eje de simetría desde el vértice superior.

Se han localizado capialzados esviados con arcos de embocadura distintos del semicircular. Vandelvira incluye entre los suyos el *capialçado en viaxe*²⁵⁶, que tiene por embocaduras un arco escarzano y un dintel y presenta esviaje y derrame en las jambas. Con división en siete dovelas, añade la particularidad de posibilitar un despiece, dibujando una sección vertical por el punto de despiece y los alzados de las testas intermedias.

Se propone su labra por robos, dibujando los prismas capaces en el alzado, pero como es habitual en sus capialzados, obtiene las plantas para determinar las saltarreglas, y las dibuja al igual que en el *capialçado en puerta quadrada*, al que se remite para su obtención, desarrolladas sobre la planta, a partir de ambas jambas, pues al no haber simetría no le basta con obtener la mitad de las plantas como en el caso anterior. El procedimiento, por tanto, es el habitual de Vandelvira descrito en la traza precedente.

Sin embargo, Vandelvira comete un error de relevancia, pues obtiene un desarrollo de plantillas que se aproxima mucho al que correspondería a una superficie plana, dibujando el desarrollo del dintel como una línea recta, lo que implicaría que las aristas del intradós de dos dovelas consecutivas deberían solaparse en lugar de estar en concurrencia, como aparecen dibujadas [Fig. 376].

El manuscrito 12744 de la BNE contiene dos capialzados esviados²⁵⁷, mostrándose una vez más en la línea de conocimiento de Vandelvira, hasta el punto de que el primero de ellos es muy similar en su propuesta, con un arco escarzano y despiezado en tres hiladas [Fig. 377].

²⁵⁶ Vandelvira (c.1585, f.47r.) explica: *El capialzado en viaje se traza por la misma orden que el pasado y si lo quisieres despezar harás como tengo dicho y así lo que hay del 1. Al 2. Es lo que hay del 3. Al 4.* La transcripción está contenida en Barbe-Coquelin (1977, 1: 88). La copia del manuscrito obrante en la BNE, realizada por Goiti, (Vandelvira [c.1585] 1646, f 56r.) dibuja en la planta el trasdós de la jamba izquierda que no figura en la copia de la ETSAM. Palacios ([1990] 2003, 144-147), no incorpora el estudio específico de este capialzado pero puede consultarse el estudio sobre el capialzado en puerta cuadrada, al que el propio Vandelvira remite.

²⁵⁷ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744. El primero de los capialzados citados aparece en el folio 31 r., con el título de *capialzado escarzano en viaxe*, y el segundo, está en el folio 32r., con el título de *capialcado en viaxe sarpanel*.

Fig. 375. Fray Laurencio de San Nicolás, *arco por de fuera adintelado y por de dentro de medio punto y capialçado*, *Arte y uso de Arquitectura*, 1639, f. 68v.

Fig. 376. Alonso de Vandelvira, *capialçado en viaxe*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 47r.

Propone un procedimiento de plantas, sin que aparezcan los robos en alzado, y obtiene las plantillas de intradós y saltarreglas las cinco dovelas desarrolladas a ambos lados de la planta, a partir de las jambas, pero a diferencia de Vandelvira, si contempla un cierto quiebre en el desarrollo respecto a las embocaduras del dintel en cada dovela.

Ambos omiten considerar el efecto del quiebro de los planos de lecho en el batiente y dibujan las aristas del intradós prolongadas hasta el exterior del muro. El segundo presenta las mismas características, pero en él se elimina el despiece y el arco de la embocadura es carpanel en lugar del escarzano [Fig. 378].

Hay un tercer capialzado, también despiezado, en este mismo manuscrito que plantea en las embocaduras un arco semicircular y un dintel, pero no presenta esviaje y se aleja del modelo del código puesto que sus jambas no presentan derrame, son paralelas, y las juntas del intradós son igualmente paralelas a ellas y ortogonales al muro²⁵⁸.

Por último, entre el amplio número de capialzados que presenta, Martínez de Aranda plantea el *capialzado desquijado viaje por cara*, con un arco escarzano y un dintel, que presenta esviaje, pero no derrame, es decir, sus jambas son paralelas entre sí y oblicuas al eje del muro [Fig. 379]. Obtiene mediante abatimientos sucesivos, las plantillas de las plantas, tomando charnela en la horizontal interior del batiente, y de los lechos, de los que dibuja la plantilla de su perímetro de forma independiente, tomando charnela en la traza del plano vertical que contiene a la junta del intradós y considerando la verdadera magnitud de la diagonal²⁵⁹.

Uno de los huecos situados en la transición desde la escalera al corredor de la planta primera en el Monasterio de Uclés [Fig. 380], presenta un capialzado esviado con un arco de medio punto como directriz, similar al del código y poco frecuente en la práctica constructiva. Al quedar exento, sin recibir carpinterías, el dintel se remata en ambos extremos con impostas que quedan ligeramente redondeadas, que además de evitar la arista de esquina, resuelven la transición hacia los salmeres²⁶⁰.

²⁵⁸ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 36r. La pieza aparece titulada como *capialzado despeñado por una parte a medio punto y por otra a regla*.

²⁵⁹ Martínez de Aranda (c. 1600, f 151). Ver estudio de la traza en Calvo (2000, 74-76).

²⁶⁰ Para el Monasterio de Uclés, ver Azcárate (1956, 181-188); Rokiski (1985, 119-122), Herrera y Zapata (2009).

Fig. 377. *Capialçado escarçano en viaxe*, manuscripto 12744, BNE, c. 1600, f. 31r.

Fig. 378. *Capialçado en viaxe sarpanel*, manuscripto 12744, BNE, c. 1600, f. 32r.

Fig. 379. Ginés Martínez de Aranda, *capialzado desquijado viaje por cara*, Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f.151.

Fig. 380. Capialzado esviado, Monasterio de Uclés, segundo cuarto s. XVI.

Otro ejemplo interesante es el doble capialzado esviado existente en la *Iglesia Vieja* o *Iglesia de Prestado*, del Monasterio de El Escorial. Ambos presentan por directrices un dintel y un arco carpanel, pero el que pertenece al hueco izquierdo [Fig. 381], no presenta despieces de hiladas en las nueve dovelas que lo conforman²⁶¹, en una solución análoga a la contenida en el manuscrito 12744 de la BNE, anteriormente comentada²⁶².

Con menor elevación de la clave, según la disposición más habitual, de generar los capialzados entre arcos escarzanos, más o menos rebajados, y dinteles, pueden citarse los contruidos en el interior de la puerta de la Olma en Orihuela, a continuación del arco esviado, ya comentado [Fig. 140], en el que las juntas de intradós se disponen uniendo las divisiones de ambas embocaduras, que no son uniformes, acoplándose las dovelas al tamaño de piedra disponible en cada caso, y que presenta además la característica de que

²⁶¹ A la muerte de Juan Bautista de Toledo, en 1567, el Patio de los Evangelistas se hallaba ya a la altura del primer piso (Chueca 1953b, 367), por lo que la iglesia Vieja estaría ya cubierta y cabría atribuirle la autoría de la traza de los capialzados. López Mozo (2009, 148; 344; 357), data la construcción de los arcos de la iglesia de Prestado en 1566, levantados por el maestro de cantería Pedro del Carpio. Nieto. Morales y Checa (1989, 292-294; 306) se refieren al nombramiento de Juan Bautista de Toledo en 1561 como arquitecto regio del monasterio, y que a su muerte en 1564, solo emergían de los cimientos algunos elementos, pero el patio de los Evangelistas estaría resuelto casi por completo. Fijan su finalización con anterioridad a 1569. Ortega (1999, 199-205) menciona que el claustro de la Iglesia de Prestado fue el primero en concretarse como imagen construida. Ver además Bustamante (1994, 116-117).

²⁶² S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 32r.

las tiranteces del arco no tienen una disposición única, radial o paralela, sino que igualmente se van acoplando en cada caso²⁶³.

Fig. 381. Capialzado carpanel esviado, *Iglesia de Prestado*, Monasterio de El Escorial, 1566.

Fig. 382. Capialzado esviado, Puerta de la Olma, muralla de Orihuela, 1548.

²⁶³ Canales, Salazar y Crespo (1992, 150), datan la construcción de la puerta en 1548.

La iglesia de Santiago de Jumilla contiene ejemplos de capialzados esviados, en los que el arco queda muy rebajado; uno de ellos, despiezado, en las dependencias anejas a la sacristía [Fig. 383], y otro, perteneciente a las posteriores actuaciones del siglo XVIII en la sacristía nueva [Fig. 384], en el que el rebaje del arco es tal, que se aproxima en gran medida al dintel²⁶⁴. En ambos casos la disposición de las juntas del intradós se realiza mediante la división de las embocaduras en cinco partes aproximadamente iguales.

²⁶⁴ Moreno García (2011, 17), data la construcción de la sacristía vieja en 1589 y de la sacristía nueva en torno a 1750. En relación con la iglesia de Santiago de Jumilla, Ver González Simancas (1905-1907, 529-539); Gutiérrez-Cortines (1987 237-250), que data la sacristía antigua antes de 1589; Antolí (2000); De la Hoz, Cañadas y De la Hoz (2006); Belda y Hernández Albaladejo (2006, 147-148), datan la construcción de la iglesia entre 1520 y 1570; Alonso Rodríguez, Calvo y Martínez Ríos (2008); Delicado (2009b).

Fig. 383. Capialzado esviado, sacristía, iglesia de Santiago, Jumilla, 1589.

Fig. 384. Capialzado esviado, acceso a sacristía nueva, iglesia de Santiago, Jumilla, c. 1750.

Capialzado carpanel despiezado

El capialzado está contenido en el f. 17r., centrado horizontalmente y ocupando casi toda la altura en vertical, con la línea superior del arco rozando el borde superior del folio. Se ha omitido el signo habitual de encabezamiento; y el título de la pieza, *Capialzado despezado*, no figura como es habitual en la parte superior, sino en la zona inferior del dibujo, que no posee ni notación ni texto explicativo [Fig. 386].

Todas las líneas se han dibujado continuas con excepción de las auxiliares utilizadas para trasladar a la planta los *traspomos* o vértices del trasdós del arco de testa, realizadas con línea de trazos. Las tintas utilizadas en la traza son dos, coincidentes con las que figuran en la traza precedente, y utilizadas con criterio análogo. Se emplea la tinta de color sepia para todas las líneas, reservando la tinta de color rojo para destacar líneas correspondientes a las plantillas obtenidas, aunque en este caso no se dibujan de color rojo todos los perímetros de las plantillas, como en la traza precedente, sino únicamente algunas de ellas, las correspondientes a las saltarreglas, a las aristas de las testas, tanto interiores como en la embocadura, y a las líneas que tratan de representar las intersecciones de los lechos con la meseta horizontal.

Fig. 385. Capialzado carpanel despiezado.

Fig. 386. *Capialzado despezado*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 17r.

Los recursos gráficos empleados son análogos a los de la traza previa. Se dibuja la planta y sobre ella el alzado de la embocadura del arco, que contiene el arco del intradós con su rosca, las juntas de testa y las líneas auxiliares que proyectan sus vértices sobre la planta, en la que se han dibujado el muro, las jambas, las líneas del intradós y las juntas intermedias correspondientes al despiece de las dovelas.

Además, abatidos sobre la planta, se dibujan los alzados intermedios correspondientes a las dos líneas de juntas del despiece, con sus testas, y simultáneamente las plantillas de intradós y saltarreglas obtenidas. Bajo la planta, en un dibujo independiente, se incluye un alzado lateral que representa las líneas del intradós y las verticales de los planos del despiece.

Esta pieza incorpora dos nuevas variantes respecto de las anteriores. Por una parte, en lo referente al arco de embocadura, si en la *trонера engaduchida* se había empleado un arco escarzano y en el *capialzado engaduchido en biaje* el arco era de medio punto, ahora se plantea un nuevo tipo, el arco carpanel, cuya aparición pone de manifiesto nuevamente la singularidad del código, pues es altamente infrecuente en la tratadística la aparición de capialzados con carpaneles, hasta el punto de que se ha localizado únicamente un caso más.

Además, se introduce una condición que no se había contemplado en las trazas precedentes, consistente en dibujar el muro de un espesor muy superior al habitual, en relación a la luz de las embocaduras, para plantear el despiece de las dovelas en hiladas. Esta es la única pieza del código, dejando al margen las bóvedas de intradós cilíndrico, en la que figura el despiece de dovelas.

Se plantea, por tanto, un capialzado en un muro de gran espesor en el que las directrices son un arco carpanel y una recta horizontal, situada en el plano diametral del arco y cuya longitud es inferior a la luz del arco. Las jambas presentan derrame respecto a los paramentos del muro, pero no existe esviaje, pues sus oblicuidades son iguales respecto de la recta que une los puntos medios del dintel y de la cuerda del arco, que es perpendicular a las testas, lo que implica la simetría del capialzado respecto del plano vertical que contiene a los puntos medios de las embocaduras.

El dintel queda ligeramente avanzado respecto del plano de la testa para posibilitar el remate del intradós con una meseta final horizontal. El dovelaje se reparte mediante la división de ambas embocaduras en siete partes. En el caso del dintel la división se realiza

en siete partes iguales; en el caso del arco, al tratarse de un carpanel, se toman iguales las longitudes de los segmentos del arco en cada una de las siete partes.

La superficie reglada alabeada del intradós se genera mediante rectas que pasan por los vértices correspondientes de las sucesivas divisiones del arco y del dintel. Dada la importante longitud del intradós, se plantea un despiece para las dovelas, generando dos líneas de juntas situadas respectivamente a un tercio y dos tercios de profundidad. Las dovelas se plantean contrapeadas, con buen criterio constructivo que permite una adecuada traba.

Las hiladas primera, tercera, quinta y séptima, disponen una primera dovela desde la testa adintelada hasta la línea de juntas situada a dos tercios de profundidad y una segunda dovela, cuya longitud es la mitad de la primera, desde esta junta hasta la embocadura del arco. El resto de las dovelas, la segunda, la cuarta y la sexta se disponen de forma inversa, es decir con una dovela desde la embocadura del dintel hasta la primera línea de juntas, situada a un tercio de profundidad, y una segunda dovela, de doble longitud, situada desde esta línea hasta la embocadura del arco [Fig. 387].

El arco carpanel de la embocadura en el intradós está realizado con tres segmentos de arcos circulares, y por tanto con tres centros. Los dos primeros, correspondientes a los segmentos de arco laterales, están situados en la línea de impostas del arco con una relación cercana a la raíz de dos entre la separación entre ambos centros y la distancia de estos al vértice del arco. El segmento central del arco posee su centro sobre el eje y está situado en el punto medio correspondiente al espesor del muro.

La línea correspondiente al trasdós, que define la rosca de la embocadura, está realizada con los mismos centros que la del intradós, por lo que ambas son concéntricas, manteniendo un espesor uniforme. En una primera impresión, la apariencia es de haber realizado el trasdós con cinco segmentos de arco, pues no se aprecia un trazo uniforme en el tramo central, pero aparentemente las ondulaciones que se aprecian son debidas a problemas con la apertura del compás o a posibles ondulaciones en el borde superior del folio que al hecho de haber empleado arcos con centros diferentes.

Figura 387. Perspectiva caballera del capialzado carpanel despiezado obtenida a partir del modelo tridimensional del *capialzado despiezado* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

La disposición de las tiranteces o direcciones de las juntas de las testas del arco, que en los casos anteriores, al tratarse de arcos circulares, se realizaron con el criterio lógico de hacerlas radiales, ahora no resulta tan evidente. La decisión en relación a su disposición, tomada con criterios geométricos, plantea las alternativas de disponer las juntas convergentes en un punto, o bien trazarlas de modo que resulten ortogonales a la curvatura del arco en cada una de las divisiones²⁶⁵.

En este caso el autor adopta un criterio mixto. Respecto a las seis juntas de testa, las dos inferiores primera y sexta, dirigen sus tiranteces a los centros laterales de los segmentos de arco, con lo que la perpendicularidad respecto de la curva queda asegurada, al igual que ocurre con las juntas de la clave, tercera y cuarta, dirigidas hacia el centro del segmento medio del arco y por tanto perpendiculares a él. Sin embargo, en las dos juntas restantes, la segunda y la quinta, que pertenecen al ámbito del segmento central del arco, no se usa la dirección del centro del arco, que garantizaría la perpendicular, sino que se traza una tirantez cuyas direcciones se aproximan a las perpendiculares respecto a la cuerdas que unen respectivamente los vértices anterior y posterior. Dicha líneas se apartan ligeramente de la ortogonalidad respecto del arco.

Se manifiesta la situación, ya apuntada en la traza precedente, de no dibujar la testa del dintel, por lo que aparentemente se plantearía como límite del capialzado el inicio de la meseta. Los planos de los lechos quedan definidos por las dos aristas conocidas correspondientes a la tirantez de la embocadura del arco y a la junta del intradós. En este caso, no existe concurrencia.

El hecho de despiezar las dovelas implica que en el interior del muro se producirán juntas de testa entre las dos dovelas consecutivas de la misma hilada. El autor define las condiciones geométricas de estas situaciones, para lo que, en primer lugar dibuja un alzado lateral del capialzado en el que únicamente representa las líneas correspondientes a las juntas del intradós, desde la embocadura del arco hasta la meseta, excluyendo ésta, y las líneas verticales que se corresponden con los planos en los que se producen las dos bandas de juntas. En el alzado lateral quedan definidas en verdadera magnitud, las alturas de cada uno de los vértices de las juntas del intradós en los tres puntos en los que se producen juntas entre dovelas.

²⁶⁵ En relación a las repercusiones respecto a la elección de las direcciones de las juntas y a la relación entre la geometría, la mecánica y la estereotomía, ver Aita (2003).

Esas alturas son trasladadas a la planta, a la posición de cada vértice, en sus planos intermedios respectivos, y con ellas se obtienen abatidos, los arcos correspondientes a las secciones transversales del intradós por dos planos verticales que pasan por las líneas de junta intermedias. Sobre los vértices obtenidos, se dibujan las tiranteces intermedias, de igual longitud y dirección que las de la embocadura.

El autor aborda la pieza con el mismo criterio empleado en el capialzado precedente, de plantear una labra exclusivamente por plantas, a pesar de ser la superficie de intradós reglada alabeada y no desarrollable, con la complejidad añadida, en este caso, de la existencia de juntas intermedias como consecuencia del despiece.

El procedimiento seguido para obtener las plantillas es el mismo empleado en el precedente *capialzado engaduchado en biaje*, deducido de la observación directa de las marcas existentes en el código, ante la carencia de explicación escrita. Considerando el polígono formado por los cuatro vértices del intradós de la dovela, tres de ellos, los correspondientes a los extremos del dintel y el vértice inferior del intradós, están contenidos en un mismo plano, por lo que la obtención de la plantilla parcial correspondiente al triángulo que forman no plantea problema.

Para obtener la posición del cuarto vértice en la plantilla, caben dos opciones, como se ha visto: determinar por triangulación a partir de la segunda diagonal, con lo que se obtendrá la verdadera magnitud de las dos diagonales y de tres de los cuatro lados, pero el cuarto lado, correspondiente a la junta del intradós superior no mostrará en la plantilla su longitud real; o bien triangular desde los vértices opuestos obtenidos en la plantilla parcial a partir de las longitudes reales de los dos lados restantes, con lo que la plantilla mostrará la verdadera magnitud de los cuatro lados pero no así de una de las diagonales.

El proceso seguido implica para cada dovela, realizar tres abatimientos por triangulación. En primer lugar, se abate el polígono de los cuatro vértices del intradós tomando como charnela la arista que une los dos vértices del dintel, hasta colocar el vértice inferior del intradós en la misma horizontal que la charnela, con lo que queda determinada la plantilla parcial correspondiente a esos tres vértices. En el caso particular de la dovela de arranque, este abatimiento no es necesario, al estar la jamba en posición horizontal.

El segundo abatimiento se realiza tomando como charnela la diagonal que une los vértices ya determinados, para colocar el cuarto vértice en el mismo plano que los otros tres, triangulando a partir de las longitudes de la segunda diagonal y de la cuerda del arco

de testa. Como se ha comentado, con este recurso, la longitud de la arista superior del intradós de la dovela no reflejará su verdadera magnitud en la plantilla.

Por último, para la obtención de la saltarregla, se realiza el tercer abatimiento, del plano del lecho, sobre el plano horizontal, triangulando a partir de su diagonal y de la longitud de la testa.

Adicionalmente al ángulo formado por las aristas del intradós con la testa de la embocadura del arco, se dibujan saltarreglas que reflejan el ángulo que forman con la meseta horizontal. En este último caso, las marcas de traza no permiten afirmar que las líneas se hayan obtenido por triangulación; más bien parece que se ha realizado una división en siete partes sobre el dintel exterior de tal modo que las tres particiones de cada lado poseen una longitud igual y la partición central multiplica por vez y media dicha longitud. Los ángulos obtenidos para las cuatro juntas centrales se aproximan bastante a la realidad, mientras que en el caso de las dos juntas extremas, se manifiesta una diferencia significativa.

La obtención de las dimensiones reales de las diagonales se realiza por el procedimiento ya descrito, análogo al empleado en la traza precedente y coincidente con el que habitualmente emplea Vandelvira, de girar sus proyecciones en la planta hasta colocarlas en posición frontal y seguidamente *capialzar* o tomar la diferencia de alturas entre sus extremos del alzado.

El autor desconoce que el procedimiento le lleva a obtener unas plantillas en las que las aristas superiores del intradós tienen longitudes inferiores a las reales y comete el mismo error ya analizado en el *capialzado* precedente. Para dibujar las plantillas directamente sobre la planta, prolonga la arista inferior del intradós, traslada sobre ella la longitud obtenida, que como se ha indicado es inferior a la real, y a partir de dicha longitud determina la posición del cuarto vértice y de la saltarregla. El problema surge cuando, una vez determinada la plantilla de la primera dovela y obtenida la longitud, errónea, de la arista superior del intradós, toma esta longitud como buena, la traslada a la plantilla de la segunda dovela como arista inferior y a partir de ella obtiene la nueva plantilla.

A pesar de los errores cometidos en el procedimiento, hay dos elementos que minimizan su repercusión a los efectos prácticos: el empleo del arco carpanel, que hace que el *capialzo* o altura de la clave respecto del dintel sea de menor magnitud que el correspondiente al arco de medio punto, y el elevado espesor del muro en relación a la luz del hueco, por lo que las diferencias entre las longitudes reales de las aristas de intradós y

sus proyecciones sobre la horizontal son relativamente pequeñas, al igual que las diferencias respecto a las longitudes obtenidas en las plantillas, lo que para un cantero resultará prácticamente despreciable de cara a la labra de la dovela.

Respecto al modo de dibujar las plantillas abatidas sobre la planta, se incorpora en esta traza una simplificación respecto del modo en el que se había realizado en la anterior. Si en aquel caso está dibujado todo el perímetro de la plantilla, en este caso, en el que hay que añadir las líneas correspondientes a los alzados de las juntas intermedias, probablemente con el objetivo de reducir el número de líneas dibujadas y clarificar la solución, en lugar de pasar a tinta todo el perímetro de la plantilla, se trazan sobre una de las aristas, las líneas correspondientes a las testas, intermedias y final, y la saltarregla en la embocadura, omitiendo el dibujo de la segunda arista de intradós, que aparece señalada con trazo ciego, pero no pasada a tinta.

El autor apenas contempla la incidencia del despiece en el procedimiento. Contempla toda la superficie del intradós de la hilada como si se tratara de una única dovela y se limita a la obtención de una única plantilla por hilada sobre la que dibuja las juntas intermedias. Como hemos visto, esto no responde exactamente a la realidad, pues el alabeo provoca que no se conserven en la plantilla las verdaderas magnitudes de todas las aristas, por lo que la introducción del despiece y la obtención independizada de plantillas para cada una de las dovelas que lo integran aportaría resultados diferentes.

Este hecho ha sido tenido en cuenta solo en el caso de la dovela despiezada correspondiente al arranque izquierdo, para la que el autor ha determinado la plantilla individualizada, y es la única que aparece dibujada con todo su perímetro. Se aprecia un error cometido durante el procedimiento, pues en un primer momento se dibujó la plantilla correspondiente a una dovela que abarcara desde la embocadura del arco una profundidad de dos tercios del muro, pero al percatarse de que dicha dovela alcanza únicamente un tercio de profundidad, se borró la línea de la plantilla correspondiente al segundo tercio.

Como en el caso de las piezas precedentes, se ha procedido a realizar un modelo tridimensional del capialzado, y a obtener, a partir de él, las plantillas de intradós y saltarreglas, aplicando el criterio seguido por el autor del código, de mantener en verdadera magnitud las dos diagonales y las tres aristas inferiores de cada dovela.

Fig. 388. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del capitalizado despezado, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Con el fin de comparar los resultados, se ha realizado una superposición de las plantillas obtenidas sobre el dibujo contenido en el manuscrito. El resultado indica nuevamente un grado de precisión más que apreciable en las plantillas del código, tanto de plantas como de saltarreglas, siendo la única desviación digna de señalar, la menor

longitud de las aristas del intradós en las plantillas del código, producto del error de planteamiento, mencionado con anterioridad [Fig. 388].

Como resultado de la búsqueda de piezas de características similares en el conjunto de los tratados estudiados, únicamente se han localizado trazas en las que el arco de embocadura sea carpanel en el manuscrito 12744 de la BNE, en el que aparecen dos ejemplos diferentes. El primero de ellos es una pieza en esviaje²⁶⁶, cuyas características fueron mencionadas en el estudio del capialzado a medio punto esviado [Fig. 378]. El segundo se relaciona de un modo más directo con la traza del código, pues corresponde a un capialzado sin esviaje, con un dintel y un arco carpanel de mayor luz como embocaduras, con meseta horizontal, aunque carece de despiece [Fig. 389]. Presenta un despiece en cinco dovelas, pero las dos correspondientes a los arranques son de dimensión vez y media mayor que el resto²⁶⁷. Presenta diferencias respecto del contenido en el código en cuanto al planteamiento y a su resolución.

Las tiranteces de las juntas de testa se hacen convergentes en un punto situado en la mitad del espesor del muro, pero los planos de los lechos no son convergentes en una recta horizontal, pues las juntas del intradós son paralelas entre sí y perpendiculares a las embocaduras. Para salvar el derrame de las jambas, se divide el dintel en tres partes iguales, y se disponen las generatrices de la reglada uniendo las divisiones con los vértices correspondientes de la división del arco.

Con esta solución, las dovelas de los laterales, para completar las cinco, son los salmeres cuyo intradós posee únicamente tres vértices: el extremo del dintel y los extremos del segmento de arco en el intradós. Los tres vértices pertenecen a un mismo plano, con lo que el triángulo que forman es perfectamente desarrollable y la obtención de su plantilla es inmediata, abatiendo sobre la jamba.

Esta disposición, combinada con la mayor dimensión de los salmeres, pretende trasladar a las piezas triangulares de arranque la mayor parte del alabeo del capialzado, pues de las tres dovelas restantes, la clave también posee una plantilla plana, al ser horizontal la cuerda del arco, y las otras dos presentan un alabeo reducido, pues la diferencia de alturas entre los extremos de la cuerda es relativamente pequeña.

²⁶⁶ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744. El capialzado citado aparece en el folio 32r., con el título de *capialzado en viaxe sarpanel*.

²⁶⁷ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744. El capialzado citado aparece en el folio 35r., con el título de *capialzado sarpanel*.

Fig. 389. *Capialzado sarpanel*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 35r.

Fig. 390. *Capialzado escarcano*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 35v.

Se plantea igualmente una labra pura por plantas. Se obtienen por triangulación las plantas de las tres dovelas de la derecha, suficientes por la simetría de la pieza, que se dibujan desarrolladas sobre la planta a partir de la jamba, y sobre ellas se obtienen las saltarreglas de la embocadura del arco, en la línea de Vandelvira, como es habitual en este manuscrito.

Al margen de la ausencia de más ejemplos de capialzados con arcos carpanel, se han localizado ejemplos de capialzados despiezados sin esviaje. Todos ellos presentan algunas características comunes: Sus directrices en las embocaduras son un arco escarzano y un dintel de menor longitud que la luz del arco; disposición del intradós reglado mediante la división de las embocaduras en partes iguales y la unión de sus vértices con las generatrices; obtención de las secciones del intradós por planos verticales coincidentes con las líneas de despiece; disposición contrapeada de las dovelas despiezadas con un sentido constructivo e inclusión de tercera proyección con un alzado lateral de las aristas del intradós que permite determinar las alturas de las dovelas en cada punto del despiece. Sin embargo, respecto al modo de plantear la labra, como es habitual, aportan planteamientos distintos. El propio manuscrito 12744 de la BNE contiene uno de ellos, despiezado en cinco dovelas [Fig. 390], en el que se propone, al igual que en el códice, la labra por un sistema puro por plantas, empleando para su obtención el habitual procedimiento de los abatimientos y la triangulación y dibujando en la planta las plantillas en desarrollo a partir de la jamba²⁶⁸.

²⁶⁸ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 35v. Se trata del *capialzado escarcano despiezado*. Ver también Salmerón (2015, 603).

Vandelvira, ante la pieza análoga, el *capialzado despeçado* [Fig. 391], se mantiene en la misma línea respecto al procedimiento de la obtención y dibujo de las plantas, aunque como se ha dicho, las emplea no para la labra, sino como medio para determinar las saltarreglas, pues el método de labra propuesto es el de robos, para lo que dibuja los prismas contenedores, tanto en el alzado de la embocadura, como en los alzados intermedios correspondientes a las líneas de despiece de las siete hiladas de dovelas, en las que igualmente determina las saltarreglas. En la copia del manuscrito conservada en la BNE, están dibujadas en la meseta, las líneas que tratan de resolver la incidencia de los planos de los lechos al intersecar con el plano horizontal, que en la copia de la ETSAM no figuran²⁶⁹.

En una línea diferente, Martínez de Aranda también aborda esta traza [Fig. 392], que divide en cinco dovelas, para la que propone un procedimiento diferente respecto a sus habituales; si anteriormente en los capialzados había abordado la labra por plantas, en este caso propone un sistema mixto en el que comienza planteando la labra por plantas de un bloque envolvente de las caras planas para continuar labrando por robos hasta llegar a la dovela definitiva²⁷⁰.

También Gelabert aborda este tipo de capialzado despiezado, del que aporta dos versiones, aunque en realidad ambas se corresponden con la misma, ya que el propio Gelabert, decide al final de su manuscrito, incorporar una modificación que mejora la planteada inicialmente²⁷¹.

En una primera versión, había dividido arco y dintel en siete partes iguales, pero la luz del arco se igualaba a la longitud del dintel, aunque se disponen en ambos lados, salmeres que absorben los derrames de las jambas, con intradós triangular [Fig. 393], en

²⁶⁹ Vandelvira (c.1585, f. 46v.), incluye en su explicación el modo de capialzar los despiezos, además de las embocaduras, con ayuda del alzado lateral del intradós. La copia del manuscrito obrante en la BNE, realizada por Goiti (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 55v.), es la que incorpora las líneas del intradós de las mesetas, omitidas en la copia de la ETSAM. Palacios ([1990] 2003, 144-146), no realiza un estudio específico del capialzado despiezado, pero es de aplicación lo dicho para el capialzado en puerta cuadrada, al que igualmente se remite Vandelvira en relación a los procedimientos de obtención de las plantillas y saltarreglas.

²⁷⁰ Se trata del capialzado desquijado con sus despieces (Martínez de Aranda c. 1600, f. 152). Respecto al modo de labra propuesto por Aranda, así como los procedimientos para determinar las plantillas empleadas en la primera fase de la labra, ver estudio de la traza en Calvo (2000, 76-81).

²⁷¹ La primera de las trazas se titula *Ravolt fondo* (Gelabert 1653, f. 104r.) modificada posteriormente por el *Ravolt fondo mollura crexent* (Gelabert 1653, ff. 155r-156r.), que justifica la modificación [...] *Así, después de haber compuesto ciento treinta y una trazas, me pareció que no se podían mejorar, y después de haber pensado medio año, encontré que el capialzado profundo de número 90, aunque sea verdad que construyéndolo de esa manera está muy bien, y todo coincide, podría perfeccionarse más, y para no guardar nada en el corazón, y poder presumir de que las trazas que he compuesto no se pueden mejorar, he determinado poner ese capialzado profundo de otra manera en la página siguiente; así que, aunque no aparezca con los demás, al estar en el libro, es fácil de encontrar [...]*. La transcripción y traducción puede consultarse en Rabasa (2011, 420).

una solución análoga a la comentada anteriormente para el *capialçado sarpanel* contenido en el manuscrito 12744 de la BNE.

Fig. 391. Alonso de Vandelvira, *capialçado despeçado*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 46v.

Fig. 392. Ginés Martínez de Aranda, *capialzado desquijado con sus despieces*, *Cerramientos y trazas de monte*, c. 1600, f.152.

Fig. 393. Joseph Gelabert, *ravolt fondo*, *Verdaderes trazas de l'art de picapedrer*, 1653, f. 104r.

Fig. 394. Joseph Gelabert, *ravolt fondo mollura crexent*, *Verdaderes trazas de l'art de picapedrer*, 1653, f. 156r.

Posteriormente aporta la nueva versión, en la que mantiene la igualdad de luces y los salmeres triangulares, pero incorpora una molduración en la embocadura del arco y hace que las testas sean planos concurrentes en una misma recta horizontal, conforme a su propia recomendación que no había seguido en un inicio, e incluso dibuja en el alzado las proyecciones de las líneas del intradós y de sus correspondientes despieces. Aunque aparecen dibujadas en la planta líneas de intradós paralelas entre sí y perpendiculares a

las embocaduras, Rabasa (2011, 423) ha aclarado que se trata de proyecciones provisionales del intradós si las piezas continuaran hasta el plano de la base [Fig. 394].

Otros capialzados en los que se plantea el despiece, de los que se omite su análisis por haber sido tratados en trazas precedentes son la *porte biaise pour les entrées* de Philibert De L'Orme (1567, f. 64v.) [Fig. 342], y el *capialçado despeçado* de Alonso de Guardia (c. 1600, f.72v.) [Fig. 346], comentados en el apartado de la tronera alabeada; así como el *capialçado en viaxe* de Alonso de Vandelvira (c. 1585, f. 47r.) [Fig. 376], y el *capialzado escarçano en viaxe* [Fig. 377], contenido en el manuscrito 12744 de la BNE²⁷², analizados en el apartado del capialzado a medio punto esviado.

El interior de la portada de la abadía de Saint Benoit sur Loire en Fleury, contiene un capialzado despiezado con un arco carpanel [Fig. 395], en el que las jambas quedan ligeramente curvadas y cuya superficie del intradós, en la que se ha labrado una decoración avenerada, presenta igualmente una suave curvatura²⁷³.

El capialzado situado a la derecha, que completa el conjunto de dos piezas dispuestas con un criterio de simetría en la *Iglesia de Prestado*, del Monasterio de El Escorial, conjuntamente con el mencionado en el apartado anterior [Fig. 381], responde igualmente a los criterios de estar generado por un arco carpanel y un dintel.

A diferencia del situado a la izquierda, en el que las dovelas alcanzan ambas embocaduras en pieza única, está despiezado en hiladas con el mismo criterio que aparece en la traza del código, estableciendo las dos líneas del despiece a un tercio y dos tercios de la profundidad del muro, con una disposición contrapeada de las hiladas, de buen criterio constructivo [Fig. 396]. Frente al modelo del código, en el que los derrames son iguales en ambas jambas, el construido en El Escorial presenta derrame únicamente en una de ellas, lo que implica esviaje²⁷⁴.

El interior del hueco de la portada del monasterio de Uclés, presenta un capialzado con un arco escarzano, muy rebajado, dividido en siete dovelas, en el que el despiece no se corresponde con hiladas propiamente dichas, quedando las dovelas de la parte exterior del hueco, labradas de una manera un tanto desigual [Fig. 397].

²⁷² S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 31 r.

²⁷³ Para la abadía de Saint Benoit sur Loire, ver Rocher (1865, 469-524).

²⁷⁴ Datos para la atribución en (Chueca 1953b, 367). Ver también Nieto, Morales y Checa (1989); Bustamante (1994); López Mozo (2005); (2009, 344).

Fig. 395. Capialzado despiezado carpanel, abadía de *Saint Benoit Sur Loire*, Fleury.

Fig. 396. Capialzado carpanel despiezado, *Iglesia de Prestado*, Monasterio de El Escorial, c. 1566.

Fig. 397. Enrique Egas y Francisco de Luna, capialzado carpanel despiezado, monasterio de Uclés, c. 1538.

Capialzado adintelado

Esta pieza está directamente relacionada con la tronera a regla, ya estudiada, aunque aparece dibujada en el código cuatro folios después. Comparte con ella muchas de sus características.

Fig. 398. *Capialzado a regla*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 18r.

La traza figura en el f. 18r. Centrado en la parte superior se encuentra el signo de encabezamiento, bajo el que aparece escrito el título que el autor le da a la traza, *capialzado a regla*. Ocupando toda la anchura del folio y en una altura que supera su punto medio, está dibujada la planta y los alzados del capialzado, e inmediatamente bajo ellos, en una construcción independiente, en la parte derecha, ligeramente girada con respecto a las líneas horizontales del alzado, se dibujan las plantillas obtenidas desarrolladas.

Fig. 399. Capialzado adintelado.

Las líneas de los dibujos están realizadas con trazo continuo, excepto en el caso de las líneas auxiliares que proyectan hacia la planta los *trasplomos*, o vértices del trasdós de las dovelas en las embocaduras. Se han utilizado igualmente los puntos gruesos realizados con pequeños círculos, que en este caso aparecen exclusivamente en los vértices de las saltarreglas correspondientes a la embocadura superior. La tinta utilizada en encabezamiento, texto y dibujos es de color sepia, ligeramente más oscura que la empleada en trazas anteriores, a la que hay que añadir una segunda tinta de color rojo que en este caso se ha usado solo para los pequeños segmentos que definen la inclinación de los lechos en el batiente, y una tercera tinta de color gris oscuro, con la que aparentemente se han repasado las líneas de las jambas y el batiente en la planta.

Se plantea una proyección ortográfica múltiple, dejando la habitual superposición de los alzados de ambas embocaduras, para dibujarlos de modo independiente, abatidos

sobre las líneas que limitan los paramentos del muro en la planta, recurso que en las trazas anteriores había sido utilizado en una sola ocasión, en el *arco que llaman de talus*.

En los alzados se incluyen las líneas que definen las testas de las dovelas y en el caso del dintel más elevado, su capialzo o elevación respecto del inferior. Adicionalmente se dibujan las líneas auxiliares correspondientes a la proyección sobre la planta de los vértices de trasdós, que como veremos, resultarán necesarios para determinar las saltarreglas. En la planta aparecen exclusivamente los paramentos del muro, las jambas y las proyecciones de las juntas del intradós [Fig. 398].

El capialzado plantea la apertura de un hueco en un muro de espesor uniforme, con dos embocaduras adinteladas de diferentes longitudes situadas a distintas alturas, de tal modo que la menor de ellas se encuentra a una altura inferior respecto a la de mayor longitud.

La diferente longitud de los dinteles provoca que las jambas presenten derrame u oblicuidad respecto de las testas. La pieza no presenta esviaje puesto que los puntos medios de ambos dinteles se encuentran en una recta perpendicular al eje del muro, por lo que el plano vertical que la contiene divide al capialzado en dos partes simétricas.

Ambos dinteles están divididos, como es habitual en todas las trazas, en siete dovelas, de tal modo que la altura del trasdós de la testa de menor altura queda al mismo nivel que el intradós de la embocadura mayor, cuyas dovelas poseen una mayor altura en la testa. Aparentemente, la intención del autor es dimensionar la pieza de tal modo que la longitud de cada una de las testas de las dovelas en el trasdós del dintel inferior, sea igual a la longitud de la testa de la dovela correspondiente en el intradós de la embocadura mayor.

Midiendo sobre el dibujo, se observa que esto sucede individualmente para cada dovela; sin embargo, la longitud total del dintel superior resulta ligeramente mayor que la del trasdós del dintel inferior, probablemente por un error de dibujo al ir tomando las dimensiones de dovela en dovela, lo que a efectos prácticos resulta más sencillo, en lugar de partir de la longitud total y dividirla en las siete partes.

Como consecuencia de las dos condiciones mencionadas anteriormente, al ir uniendo los vértices de las divisiones en ambas embocaduras, se obtendrían las direcciones de las juntas de testa, con la particularidad de que en ambos casos son concurrentes en puntos situados a distancias sensiblemente iguales de los paramentos de la planta. Este recurso gráfico, espialmente implica que los dos puntos en los que

concurrir las direcciones de las testas se encuentran en la misma horizontal y la recta que los une, que además es perpendicular al muro, es común a los planos que generan los lechos.

Por tanto, los lechos se obtienen mediante un haz de planos radiales que pasan por la horizontal mencionada y por cada una de las divisiones de los dinteles. Dichos planos aparecerán en el alzado como planos de canto, proyectándose como rectas concurrentes con las direcciones de las juntas de testa.

La particularidad que presenta el capialzado, que lo diferencia de la tronera, es la existencia de un batiente en la embocadura inferior. Esta superficie, habitualmente horizontal, está destinada a alojar con facilidad los marcos de las carpinterías de puertas o ventanas dispuestas para el cerramiento del hueco. La superficie del intradós, que en el caso de la tronera era un plano definido por las dos embocaduras adinteladas, ahora presenta una situación diferente. La existencia del batiente, añade al dintel inferior una segunda directriz, también horizontal y paralela a él, que define su límite [Fig. 400].

Las plantillas obtenidas corresponden a las cuatro dovelas de la parte derecha y aparecen desarrolladas, con la incorporación de los correspondientes saltarreglas, en una construcción independiente, ligeramente girada respecto a las horizontales del alzado. Al contrario de lo que sucedía en la *tronera a regla*, el triángulo que define el salmer aparece en este caso de forma independiente respecto del desarrollo de las plantillas, abatido directamente sobre la jamba derecha de la planta.

El intradós del capialzado está formado por dos planos: un plano inclinado definido por el dintel de la embocadura mayor y la horizontal que limita el batiente en el ámbito del espesor del muro, y un segundo plano, horizontal, definido por el límite del batiente y el dintel inferior.

Pero la incorporación del batiente introduce un factor de complejidad adicional en la geometría de la pieza y en la disposición de las juntas del intradós. En el caso de que no existiera el batiente, como ocurre en las troneras, los lechos quedarían definidos por la arista del intradós y por las dos juntas de testa, situadas en dos planos verticales de las embocaduras. Para que el lecho sea plano, la mera división de los dinteles en partes iguales no es suficiente; es condición que las dos juntas de cada dovela en las testas sean paralelas.

Figura 400. Perspectiva caballera del capialzado adintelado obtenido a partir del modelo tridimensional del *capialzado a regla* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Tal y como aparece dibujado el capialzado, si la proyección de las juntas del intradós en el plano inclinado y en el batiente corresponde a una línea recta continua, entonces los cinco vértices que conforman el lecho de cada dovela del lecho no pueden pertenecer al mismo plano. La única posibilidad de que fueran coplanares pasaría por que los lechos estuvieran en planos verticales, con lo que la su intersección con los planos de intradós y batiente sería concurrente. Por tanto, los lechos no son superficies estrictamente planas, sino que poseen un alabeo. La superficie alabeada del lecho se podría formar mediante la adición de dos planos, el correspondiente a toda la longitud del intradós de la dovela hasta alcanzar el batiente, y un plano adicional hasta la embocadura.

En el caso de que los lechos quedaran definidos por la arista del intradós en el plano inclinado y por las dos juntas de testa paralelas en las embocaduras, para que con esa disposición los lechos fueran planos, las juntas del intradós en el ámbito del batiente, no serían paralelas, se irían abriendo progresivamente de tal modo que las longitudes del intradós de las dovelas en la embocadura no podrían ser iguales. Tendiendo a ser menores las situadas en los extremos de la pieza.

Este problema existe únicamente en la zona del batiente. Hasta la arista inicial que marca el comienzo del batiente, podrían mantenerse los lechos planos y las longitudes del intradós de las dovelas iguales.

La labra de dovelas, contemplando que los lechos fueran superficies alabeadas, implicaría una complejidad importante, considerando que para un adecuado acoplamiento de las dovelas, los lechos adyacentes deberían presentar una labra relativamente uniforme en sus caras alabeadas, invirtiéndose el alabeo de una respecto a la contigua. Parece más lógico pensar que las circunstancias referidas en relación a la continuidad de las juntas en la proyección de la planta, respondan a una cuestión teórica, que en la práctica se resolvería directamente por el cantero, labrando los lechos planos y eliminando posteriormente las cuñas sobrantes para ajustar el lecho en la zona del batiente. En cualquier caso, la dimensión del batiente es relativamente pequeña en relación al espesor total del muro, por lo que las diferencias son de escasa entidad y probablemente poco relevantes en la práctica.

Respecto a esta cuestión, Calvo (2000, 3: 16) ha puesto de manifiesto que, ante esta misma situación, Vandelvira pasa de puntillas, mientras que Martínez de Aranda intenta a pesar de ello, obtener las plantillas de los lechos con sucesivos abatimientos.

En lo referente al modo en el que se han obtenido las plantillas, una vez más la carencia de texto obliga a realizar hipótesis en base a la observación de las marcas de traza existentes en el códice. La primera operación consiste en determinar el perfil triangular correspondiente al capialzado en el salmer. Para ello, se realiza un abatimiento de la arista del intradós de la jamba, "UM" trazando desde "M" una perpendicular a ella y determinando su intersección con un arco de centro "M" y radio "n" tomado del alzado en "MN". Una vez conocida la verdadera magnitud de la primera arista, se dibuja bajo la traza una recta arbitraria "RQ" de igual longitud, que será la base sobre la que se comenzará el desarrollo de las plantillas.

A partir de este momento, el autor muestra de nuevo un problema que ya se había puesto de manifiesto en la resolución de la *tronera a regla*: la falta de recursos gráficos para trabajar con la superficie plana del intradós. En efecto, si conociera el modo de abatir el plano inclinado sobre la horizontal, podría obtener simultáneamente las plantillas del intradós de todas las dovelas, sin más que obtener la distancia entre ambos dinteles en verdadera magnitud, con un abatimiento similar al que realiza para determinar el salmer, y posteriormente, trazar dos líneas paralelas separadas esa medida y sobre ellas trasladar las dimensiones de ambos dinteles, procedimiento conocido y empleado por Vandelvira en la *tronera a regla capialçada* [Fig. 326].

El desconocimiento del modo de abatir el plano lleva a utilizar un procedimiento de triangulación complejo y laborioso, que se ve complicado adicionalmente, pues al haber renunciado a dibujar los alzados superpuestos, no se puede aplicar el mismo recurso simplificado puesto de manifiesto en trazas precedentes.

Para determinar las plantillas, a partir de la primera arista ya obtenida, "QR" comienza por obtener por triangulación el perímetro correspondiente al conjunto de las cuatro dovelas. Para ello emplea el procedimiento ya utilizado en la *pechina esviada*, consistente en girar en planta las diagonales hasta colocarlas en posición frontal y considerar la diferencia de alturas entre sus vértices en el alzado. Gira la diagonal "MW" alrededor de "M" hasta colocarla sobre la embocadura en la posición "MY" y posteriormente eleva el punto "M" hasta el dintel "N" con lo que la línea "YN" de longitud "u" proporciona la verdadera magnitud de la diagonal, que se traslada a la construcción del desarrollo con un arco de centro en "Q" y radio "u" [Fig. 401].

Figura 401. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional, según el procedimiento empleado en el *capítulo a regla* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Desde el vértice opuesto "R" se traza un segundo arco cuyo radio "w" es la longitud del intradós de las cuatro dovelas de la embocadura inferior, en el punto anterior al batiente. La intersección de ambos arcos proporciona el tercer punto del cuadrilátero "Z".

Para obtener el cuarto vértice, se repite la misma operación con la diagonal opuesta "US" que se gira hasta la posición frontal "SV" y subiendo el punto "S" hasta el dintel en "X" se obtiene la longitud "r" de la diagonal "XV", con la que se traza un arco con centro en "R". Se traza el segundo arco con centro en "Q" y radio "p" equivalente a la longitud de la embocadura de las cuatro dovelas en el dintel mayor. La intersección de ambos arcos proporciona el cuarto vértice "T". Se realiza este trapecio para determinar el ángulo que forma la arista inicial "QR" con las de ambas embocaduras "QT" y "RZ".

Una vez obtenido el tercer vértice, hubiera bastado con trazar una paralela a la línea obtenida desde el otro extremo de la arista inicial, y trasladar la longitud de la embocadura. Es más, a partir de este punto, en el que se ha determinado el perímetro de las cuatro plantillas, sería suficiente con dividir ambas en partes iguales, o trasladar a ellas directamente las longitudes de las dovelas en las embocaduras, todas iguales, y unir los puntos equivalentes.

Pero el autor muestra de nuevo que no es consciente de la superficie con la que está trabajando y continua determinando el resto de las aristas por triangulación. Aplicando el mismo método descrito anteriormente, determina la posición de los puntos "E" y "C" y sucesivamente, el resto de las aristas. Para determinar el batiente, puesto que al ser horizontal se muestra en planta en verdadera magnitud, basta con trazar en el desarrollo una paralela a la arista de la embocadura menor, a la distancia igual al espesor del batiente y prolongar las líneas del intradós, aunque como se ha puesto de manifiesto, en este tramo con lechos planos, no seguirían la misma dirección.

Una vez obtenidas las plantillas de intradós por este laborioso procedimiento, se acomete la determinación de las saltarreglas, que plantean la complejidad del tramo horizontal del batiente. Se comienza por la saltarregla del dintel más elevado, que no plantea problemas. El procedimiento es el mismo empleado para obtener las plantas, pero ahora se emplearán las proyecciones sobre la planta de los vértices del trasdós que previamente se habían determinado con las líneas discontinuas auxiliares.

Se gira la primera diagonal del lecho sobre la planta, "AI" hasta colocarla frontal en "IH" y subiendo el punto "I" hasta el trasdós de la testa mayor en "F", se obtiene la longitud "f" de la diagonal "HF". Con ella, se traza sobre el dibujo del desarrollo de plantillas un arco

de centro en "G" y desde el vértice opuesto "E" se traza otro arco cuyo radio es la longitud de la junta de testa de la dovela "g". Con ello, queda determinada la saltarregla de la dovela en la embocadura mayor con el ángulo que forman "CE" y "EK".

Para obtener la saltarregla de la embocadura menor, se pasa por alto inicialmente la existencia del batiente. Puesto que las *tiranteces* o direcciones de las juntas de testa son paralelas y se encuentran en sendos planos verticales, en el desarrollo de la planta de lecho serán igualmente paralelas, por lo que basta con trazar desde el vértice del dintel menor "G" una paralela a la primera saltarregla hallada, "EK" y trasladar sobre ella la longitud "m" de la testa de la dovela en la embocadura menor, con lo que se determina el punto buscado "O".

El punto considerado en la embocadura inferior "G" no es exacto, pues en realidad estará ligeramente más elevado de lo que le correspondería en el caso de que no existiera el batiente, pero el error es mínimo y poco relevante a efectos prácticos.

El último paso, consiste en considerar el efecto de los batientes. Para ello, se trazan sobre en la figura que representa los planos de los lechos abatidos, perpendiculares desde los puntos en los que finaliza el intradós, como en este caso es el "C" hasta la línea de saltarregla obtenida para la dovela en el dintel inferior "GO" con lo que se incorpora a la construcción el efecto del batiente plano. Estas líneas perpendiculares están trazadas sobre las líneas grises que dan continuidad a las aristas del intradós del plano inclinado, por lo que aparentemente corresponden a una corrección realizada sobre el dibujo inicial para tener en consideración el efecto del batiente horizontal.

Se ha procedido a modelar tridimensionalmente la pieza y posteriormente a obtener, a partir del modelo, las plantillas de intradós y de los lechos para todas las dovelas. Para determinar el grado de precisión alcanzado en la traza del código, se han superpuesto ambos resultados, dando como resultado, una vez más, que a pesar de lo laborioso del procedimiento utilizado y de la reiteración de operaciones gráficas necesarias, la solución del código se aproxima en gran medida a la real, tanto en lo relativo a las plantillas de las plantas, como a las direcciones de las saltarreglas [Fig. 402].

Fig. 402. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del *capialzado a regla*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

El conjunto de los capialzados adintelados que aparecen en los tratados analizados pueden agruparse en dos líneas diferentes respecto a su planteamiento y modo de obtención de las plantillas, que se corresponderían respectivamente con las de Alonso de Vandelvira y Ginés Martínez de Aranda.

En todos los casos, se plantean las mismas características que en la pieza del código: muro de espesor uniforme; dos dinteles de diferentes longitudes de los que el mayor queda situado a una altura superior al menor; simetría en el derrame de las jambas respecto de la perpendicular al muro; existencia de batiente en la embocadura inferior; concurrencia de las direcciones de las juntas de las testas en un punto situado en el eje de simetría y salvo excepciones, obtención de las juntas del intradós mediante la división en partes iguales de ambos dinteles y la unión de los vértices correspondientes, con lo que resultarán igualmente concurrentes en un punto, situado sobre la misma recta que une los puntos medios de las testas.

Del numeroso conjunto de capialzados contenidos en el *Libro de trazas* de Vandelvira, dos guardan relación directa con el capialzado adintelado, aunque ambos son versiones de una misma pieza, contemplando o no el despiece de las dovelas a lo largo del intradós. El *capialçado a regla* [Fig. 403], que plantea la división en cinco dovelas y su estudio pormenorizado aporta interesantes datos en relación al código²⁷⁵, y el *capialçado a regla despeçado* [Fig. 404].

Con pequeños matices, en ambos casos se emplea un procedimiento idéntico. Vandelvira comienza por determinar el perfil de la primera dovela, que denomina *pedra del capialço*, realizando el abatimiento sobre la primera junta del intradós. Con la longitud real obtenida de la arista, prolonga en planta la arista del otro arranque, el derecho, hasta que alcance dicha longitud, tomando esta línea como base del desarrollo de plantillas. A partir de dicha línea, obtiene el perímetro del conjunto de las dovelas laterales más la clave, empleando su habitual procedimiento de triangulación, girando las diagonales en planta para colocarlas en posición frontal y tomando del alzado la diferencia de cotas.

Hasta ese punto, los procedimientos de ambos autores son idénticos, con la salvedad de que Vandelvira dibuja la dovela de arranque en el lado izquierdo y el desarrollo de plantillas a partir de la primera arista de la planta en lugar de hacerlo en construcción independiente.

Una vez obtenido el perímetro, Vandelvira indica claramente que basta con dividir los dinteles en tres partes iguales, pues son tres las dovelas incluidas, y unir las divisiones para obtener las plantas. En el código, sin embargo, no se contempla esa circunstancia y se

²⁷⁵ Las dos trazas referidas de Vandelvira (c.1585, ff. 44r.; 44v.) son el *capialçado a regla* y el *capialçado a regla despeçado*. En la otra copia del *Libro de trazas*, conservada en la BNE (Vandelvira [c.1585] 1646, ff. 53r; 53v) aparecen cambios en la notación de algunos vértices y aristas. En relación al *capialçado a regla*, Palacios ([1990] 2003, 138-143), aporta unos dibujos interesantes en relación a la labra planteada por Vandelvira.

continúa triangulando para determinar las plantillas dentro del trapecio perimetral, siendo esta la única diferencia entre ambos procedimientos.

Para la obtención de las saltarreglas, se procede de igual manera, se obtiene la mayor por triangulación y posteriormente, para obtener la menor, se traza una paralela desde el vértice opuesto del intradós, pasando por alto la existencia del batiente²⁷⁶. Por último se incorpora el efecto del batiente trazando una perpendicular desde su vértice interior a la línea obtenida para la saltarreglas menor, procedimiento que como se ha comentado anteriormente, no es exacto pero a efectos prácticos su incidencia es poco relevante.

Fig. 403. Alonso de Vandelvira, *capialçado a regra*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 44r.

Fig. 404. Alonso de Vandelvira, *capialçado a regra despeçado*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 44v.

Existe una sorprendente igualdad en la traza de Vandelvira con la del código, en el planteamiento y resolución, en el modo de dibujar las plantillas y saltarreglas y especialmente en el modo de obtener y dibujar este efecto mencionado del batiente. Ambos prolongan las líneas del intradós hasta la embocadura como si este no existiera y trazan posteriormente las perpendiculares que pretenden reproducir el perímetro de la testa.

Descartando que las coincidencias en planteamiento y sobre todo en el dibujo, se deban a una mera casualidad, es evidente que existe una relación directa entre las trazas contenidas en ambos manuscritos, por lo que aparentemente uno de los autores debía tener conocimiento de la traza realizada por el otro. El autor del código muestra desconocimiento de algunos aspectos que sí están presentes en Vandelvira, como el abatimiento de la superficie plana y que de haber conocido, habría aplicado en su

²⁷⁶ Vandelvira (c. 1585, f. 43v.) se refiere al batiente como [...] *la faja donde han de estar las quicialeras* [...], como obra en la transcripción de Barbe-Coquelin (1977, 1: 85).

resolución, con importante economía de tiempo y trazos, por lo que la hipótesis más verosímil es que fuera Vandelvira el que tuviera conocimiento de la traza del código y la mejorara en los aspectos referidos²⁷⁷.

El manuscrito 12744 de la BNE presenta soluciones relacionadas con las dos líneas mencionadas. En el *capialçado a regla* [Fig. 405], utiliza análogo procedimiento para obtener las saltarreglas, pero en el caso de las plantas, realiza un abatimiento completo de todo el intradós, al igual que Vandelvira había realizado en la *tronera a regla*²⁷⁸. Dibuja en planta el batiente, con las líneas del intradós prolongadas, pero no lo contempla en las plantillas.

Por el contrario, en las otras dos piezas que incorpora, ambas dibujadas en el mismo folio²⁷⁹, las plantas se obtienen directamente sobre la planta, abatiendo el plano del intradós, con charnela en la arista que delimita el batiente en el interior del muro [Fig. 406]. Se obtiene la distancia real entre dinteles abatiendo la línea que une sus puntos medios, se traza una paralela a la embocadura menor a esa distancia y se prolonga hasta ella las aristas del intradós, con lo que el autor comete un error, pues los puntos superiores deberían desplazarse ortogonalmente a la charnela, dado que los ángulos entre aristas no se manifiestan en la planta en su verdadera magnitud, aunque la diferencia a efectos prácticos es mínima en relación a las dimensiones de la pieza.

El capialzado dibujado en la parte inferior tiene la particularidad de plantear en planta paralelas las juntas del intradós, con lo que son las dos piezas laterales, las que absorben las diferencias de longitudes.

El paralelismo respecto a las juntas del intradós aparece igualmente en el *capialçado cuadrado a regla* de Alonso de Guardia (c. 1600, f. 86v.) [Fig. 407], cuyo planteamiento está en la otra línea apuntada. Guardia no obtiene plantillas de intradós y se limita a obtener una proyección de los cinco vértices del lecho, que no son coplanares, sobre un plano de perfil, en lo que Calvo (2015, 421-422) identifica como un intento de realizar una primera aproximación a la dovela respecto de su labra, para posteriormente quitar la cuña correspondiente a las tiranteces.

²⁷⁷ Como ejemplo, consciente de la geometría de la pieza, Vandelvira (c. 1585, f. 44r.), comenta la posibilidad de labrar el capialzado con una única saltarregla, obtenida abatiendo la sección del intradós por un plano vertical que pase por el eje, con la precaución de acoplarla en cuadrado, es decir ortogonalmente a la testa y no según la línea de las aristas del intradós.

²⁷⁸ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 29v.

²⁷⁹ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 30r. Se trata de dos capialzados a regla que aparecen dibujados en el mismo folio en el sentido invertido, sin título ni textos descriptivos que los acompañen.

Fig. 405. Capialçado a regra, manuscripto 12744, BNE, c. 1600, f. 29v.

Fig. 406. Capialçados adintelados, manuscripto 12744, BNE, c. 1600, f. 30r.

Fig. 407. Alonso de Guardia, *capialzado quadrado a regla*, Rasguños de arquitectura y cantería, c. 1600, f. 86v.

Martínez de Aranda (c. 1600, f. 117), en el *capialzado cuadrado a regla* [Fig. 408], se enfrenta abiertamente con la obtención de una plantilla para los lechos, consciente de que no son perfectamente planos. Obtiene la junta del intradós, abatiéndola sobre la planta y a partir de ella obtiene la plantilla de los lechos mediante un doble abatimiento. Para la obtención de las plantillas del intradós realiza un abatimiento de su superficie tomando como charnela la arista del dintel bajo y desplazando los puntos superiores perpendicularmente a ella, sobre las líneas auxiliares dibujadas para bajar los plomos desde el dintel a la planta²⁸⁰, por lo que no comete el error comentado respecto al capialzado del manuscrito 12744 de la BNE.

Una segunda traza con algunas de las características comentadas, que aparece en el tratado de Aranda es la *puerta cuadrada a regla* [Fig. 409], en la que está considerado el efecto que el batiente provoca en las juntas del intradós si se quiere que los lechos sean perfectamente planos y que presenta la complicación adicional de añadir una segunda molduración en el dintel bajo y la particularidad de que la superficie del trasdós es horizontal²⁸¹.

²⁸⁰ La explicación detallada del procedimiento del doble abatimiento planteado por Martínez de Aranda puede consultarse en Calvo (2000, 3: 15).

²⁸¹ La traza está incluida en los *Cerramientos y trazas....* de Martínez de Aranda (c. 1600, f. 124). Para su análisis detallado ver Calvo (2000, 3: 28), que indica la denominación de *diente de dintel*, que Aranda le da a la segunda moldura.

En la misma línea se puede incluir la puerta a regla capialzada que figura en el manuscrito de Portor y Castro (1708, f.39v.) [Fig. 410], que repite el mismo planteamiento de Aranda, pero al realizar el abatimiento para obtener la plantilla de intradós comete el error, ya mencionado en el manuscrito 12744 de la BNE, de prolongar las aristas del intradós en lugar de desplazar sus vértices ortogonalmente.

Finalmente, aunque ligeramente diferente en su planteamiento, se puede citar la pieza que incluye Gelabert, correspondiente a una ventana en la que el batiente queda situado en la zona media del espesor del muro, con lo que en realidad se plantean dos capialzados adintelados, uno en cada embocadura [Fig. 411]. Obtiene la sección vertical por el eje de la pieza, pero advierte que si se pretende su labra han de obtenerse las plantillas. No se dibuja la planta, por lo que se puede entender que los lechos son planos²⁸².

Algunos de los numerosos ejemplos contruidos de capialzados adintelados se encuentran en los accesos al museo de la catedral de Astorga [Fig. 412], con cinco dovelas intermedias y salmeres que salvan en una pieza el capialzo y la parte inicial del dintel; en una de las ventanas de la iglesia de San Cosme y San Damián en Arnedo [Fig. 413], dividido en siete dovelas, como el del códice, pero con la particularidad de que las cinco centrales poseen juntas de intradós paralelas, siendo las dos extremas las que absorben el derrame, con lo que sus testas inferiores son de menor dimensión que las de las centrales, en la misma disposición recogida en la traza contenida en el manuscrito de Alonso de Guardia (c. 1600, f. 86v), anteriormente mencionada [Fig. 407]; o en la iglesia de San Andrés de Anguiano^{Fig. 414}, que responde a este mismo criterio²⁸³.

²⁸² Gelabert (1653, f. 38r.) la denomina *finestra espendida quadrada*. El estudio realizado sobre ella por Rabasa (2011, 92) incorpora una perspectiva axonométrica de la ventana en la que se contempla la interpretación de que los lechos son superficies planas.

²⁸³ Para la catedral de Astorga, Gómez-Moreno (1925-26, 320-325); Sarthou y Navascues (1998, 27-30); Ribera (1996, 176-177; 196); Rodríguez de Ceballos (1996, 72-74).

Para San Cosme y San Damian de Arnedo, Moya et al. (1975, 129-131) datan el comienzo de las obras a partir de 1540 y su finalización a finales del siglo.

En relación a la iglesia de San Andrés de Anguiano, Moya (1980, 1: 102) se refiere a la posible intervención de Juan Pérez de Solarte padre. Ver también Moya et al. (1975, 99). Arrue (2004, 122) data su concepción durante el segundo cuarto del siglo XVI.

Fig. 408. Ginés Martínez de Aranda, *capialzado cuadrado a regla*, Cerramientos y trazas de montea, c. 1600, f. 117.

Fig. 409. Ginés Martínez de Aranda, *puerta cuadrada a regla*, Cerramientos y trazas de montea, c. 1600, f. 124.

Fig. 410. Juan de Portor y Castro, *puerta a regla capialzada*, Cuaderno de arquitectura, 1653, f. 39v.

Fig. 411. Joseph Gelabert, *finestra espendida quadrada*, Verdaderes traces de l'art de picapedrer, 1653, f. 38r.

El capialzado despiezado adintelado existente en una pequeña ventanilla situada en la fachada del lado de la epístola, en la catedral de Oviedo lleva esta situación hasta el límite [Fig. 415], de tal modo que las tres hiladas centrales son de igual anchura en todo el espesor, mientras que las dos hiladas de los extremos resuelven íntegramente el derrame, con una forma triangular, según el modelo recogido en el manuscrito 12744 de la BNE²⁸⁴, otro de los comentados en este apartado [Fig. 406]. El Monasterio de Los Jerónimos en Lisboa contiene también un capialzado relacionado con esta traza [Fig. 416], pero incorpora en su despiece una particularidad no recogida en los tratados, al disponer hiladas paralelas a las embocaduras que quedan interrumpidas en las piezas triangulares de los salmeres²⁸⁵.

²⁸⁴ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 30r. El capialzado relacionado con el de la catedral de Oviedo es el dibujado en la parte inferior del folio.

²⁸⁵ Para la Catedral de Oviedo, ver (Sarhou y Navascues 1998, 202-208); Caso (1981, 343-352); Caso et al. (1999, 115-128). Para los Jerónimos, França, Morales y Rincón (1986, 62; 70; 92-96; 187-189); Navascues (2000, 321-324).

Fig. 412. Capialzado adintelado, catedral de Astorga.

Fig. 413. Capialzado adintelado, iglesia de San Cosme y San Damián, Arnedo, 2ª mitad s. XVI.

Fig. 414. Capialzado adintelado, iglesia de San Andrés, Anguiano, 2º cuarto s. XVI.

Fig. 415. Capialzado adintelado, catedral de Oviedo, finales s. XV.

Fig. 416. Capialzado adintelado, Monasterio de los Jerónimos de Belém, Lisboa, primera mitad del s. XVI.

Arco capialzado adintelado

*Este arco de aquí arriba mostrado es adintelado y capialzado, su disposición y fábrica es como se ve el término de su demostración es en esta forma, hecha la planta que es las letras **A α** y hecha, se le ha de dar su capialzado que es como se demuestra las letras **d q**; su dovela es de **c** a **d**, el salmer se forma haciendo su cambija por lo que tiene de basa y buscándola en la perpendicular que es el punto **o** letra **c** es el centro de las dovelas para buscar sus tiranteces lechos y sobrelechos. Ahora para la demostración de las dovelas tendidas en el plano se hace en esta forma, tomando la distancia de **q d** y con ella irse a la letra **b** y o se ha de tirar la línea de puntos que es la demostrada **b h** y con la dicha cantidad se ha de ir arriba y tirar las dos líneas paralelas que son las demostradas con **x i** y en ellas se ha de repartir las dovelas que son las demostradas **h q**, esto es en cuanto a las dovelas, para buscar las cabezas que son el norma de las saltarreglas se hacen en esta forma, toma la distancia de **α ℓ** y con ella te irás desde la **ℓ** a la **q** y con la distancia te subirás arriba a la letra **τ** y fijando el compás en la dicha **τ** subirás a la letra **p** y formarás la porción de línea para saber la que ha de hacer cambija para el centro de la línea o extremo de ella; para la cabeza de la primera dovela tomarás la cantidad del primer salmer que es como se demuestra la **o** y **f** y con ella te irás al punto o letra **e** y se cruzará con la letra **p**, y hecha la cambija tirarás la línea **e d** que es lo que le corresponde de cabeza superior, para sacar la cabeza inferior, tomarás la cantidad del primer salmer, que es **υ** y **n** y con esta distancia te irás arriba y pondrás la punta del compás en la letra o número **4** y harás la porción de círculo que en el número **3** y hecho esto tomar la cantidad del número **4** a la letra **e** con ella te irás al punto o encuentro de las dos líneas como se demuestra con la **p** y la cruzarás a la línea que está sobre el número **3** y con esto tendrás formada la primera dovela y con la misma orden harás las demás que son las saltarreglas de que necesitan para labrar dichas piezas.*

Fig. 417. *Arco adintelado capialçado*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 13v.

Fig. 418. Arco capialzado adintelado.

El código contiene un segundo capialzado adintelado [Fig. 417]. Es una de las dos trazas que no pertenecen al núcleo principal, pues fueron añadidas en un momento posterior, por un autor diferente. Plantea una pieza de análogas características que el *capialzado a regla*, analizado anteriormente y está también directamente relacionado con la *tronera a regla*, pues las tres comparten características comunes.

La ubicación de esta traza añadida en el código no parece casual. El autor principal había dibujado la *tronera a regla* en el f. 14r., y al no haberle incorporado texto, el folio precedente, situado a la izquierda con el cuaderno abierto, había quedado en blanco. El responsable de la traza añadida, la incluye precisamente en este folio disponible, el trece vuelto, de tal modo que ambas piezas, con características análogas, la *tronera a regla* inicial y el capialzado adintelado añadido, pueden ser observadas simultáneamente, en lo que parece una intención del autor posterior, consciente de los errores cometidos por el primero respecto a la consideración del plano del intradós y al modo de obtener sus plantillas, de aportar una mejor solución a la traza, aunque como veremos, comete igualmente errores relevantes.

Los dibujos ocupan la mitad superior del folio, quedando la parte inferior para la escritura del texto descriptivo que acompaña al capialzado. La pieza no incorpora el signo de encabezamiento ni está titulada, pero el texto comienza con su descripción: *Este arco de aquí arriba demostrado es adintelado y capialcado [...]*.

El texto ocupa la parte inferior del folio que resulta insuficiente para escribir toda la descripción de la traza, por lo que se utilizó adicionalmente el espacio libre que los dibujos de la *tronera a regla* habían dejado en la parte inferior izquierda en el folio derecho. Ambos cuerpos de escritura presentan características distintas.

En el f. 13v., la caja de escritura, situada bajo los dibujos está limitada por dos líneas verticales dibujadas con grafito, de diferentes longitudes, la izquierda, que dejan márgenes de 3,7 cm a la izquierda, donde se extiende desde la parte inferior del folio ocupando algo más de las tres cuartas partes de la altura, y 3,9 a la derecha, en la que la línea es algo más corta al estar limitada superiormente por el dibujo, quedando una columna de escritura de 21,4 cm.

La escritura contiene quince líneas de texto en una altura de 14,4 cm., siendo la letra de un tamaño mucho menor que la del autor principal. Al texto se le añade en la parte inferior derecha un signo de reclamo que indica continuación, pues se repite en el folio siguiente, en la parte superior y a la izquierda de la primera línea.

En el folio derecho, no hay líneas que delimiten la caja de escritura. Se deja un pequeño margen a la izquierda de longitud variable, pues va disminuyendo a medida que se descende, mientras que en la parte derecha, en las siete primeras líneas se mantiene una anchura uniforme y a partir de la octava línea el texto de cada línea va incrementando su longitud hasta alcanzar la línea en posición oblicua correspondiente al límite del dibujo de la traza previa, hasta el punto que en una de las líneas, la última letra llega a rebasarla. El cuerpo de escritura de esta segunda parte del texto contiene veintidós líneas en una altura de 19,6 cm., con longitudes que van desde 9,5 cm. en la parte superior hasta 19,5 cm. en la última línea.

El grafismo es mucho más preciso que el del autor del cuerpo principal, con líneas más finas y definidas y mayor exactitud en los encuentros y vértices, habiéndose usado tres tipos de línea; la continua, que es la empleada con carácter general en todos los casos, salvo para las auxiliares que proyectan sobre la planta los vértices del trasdós de la embocadura y el abatimiento del plano del intradós, realizadas con línea de trazos, y los arcos de círculo correspondientes a las triangulaciones, realizados con línea de puntos. Tanto en el dibujo como en la notación y en los textos se ha usado una única tinta de color negro.

Se ha empleado proyección ortográfica múltiple, con los alzados de ambas embocaduras abatidos sobre las respectivas líneas de los paramentos de la planta. En los alzados aparecen dibujadas las líneas de embocadura y testas más las auxiliares para proyectar *plomos* y *trasplomos* a la planta, incorporadas únicamente en el dintel mayor. En la planta se representan el muro, las jambas y las líneas del intradós, además de la arista interior del batiente. Sobre los vértices y aristas más significativos se ha incorporado la notación a la que se hace referencia en el texto explicativo.

En una construcción independiente, dibujada en la parte superior derecha, se representa el conjunto de las plantillas obtenidas, correspondientes a todas las plantas, las seis saltarreglas superiores y las tres saltarreglas inferiores de las dovelas de la izquierda, mientras que el abatimiento que permite obtener la longitud del plano del intradós queda dibujado directamente sobre la planta.

Este segundo capitalizado adintelado comparte con el *capitalizado a regla*, y con la *tronera a regla*, las condiciones de disponer en el muro de espesor uniforme, dos dinteles de diferentes longitudes y a distintas alturas, siendo el mayor el más alto, con simetría

respecto al plano vertical que pasa por sus puntos medios y sin esviaje. El espesor de las dovelas del dintel inferior se hace coincidir con la altura del capialzado.

Ambos dinteles están divididos en cinco dovelas, frente a las siete habituales en las trazas del cuerpo principal, y sus testas presentan tiranteces concurrentes en puntos situados en el plano de simetría, pero con una particularidad significativa respecto de las otras dos piezas: las tiranteces o direcciones de las testas, correspondientes a cada junta del intradós, no son paralelas en ambas embocaduras, lo que implica necesariamente que los lechos sean superficies alabeadas, aun en el caso de que se obviara la existencia del batiente dibujado en la traza [Fig. 419].

El texto relaciona las operaciones necesarias para la obtención de las plantillas. En primer lugar realiza un abatimiento de la línea media del intradós "AD" sobre la horizontal, lo que le permite determinar la distancia entre los dinteles en verdadera magnitud "m". A continuación, traslada esa distancia a la construcción de las plantillas para trazar desde sus extremos, dos líneas paralelas, con las longitudes de ambos dinteles, que divide en las cinco partes para unir finalmente sus vértices correspondientes, lo que constituye un abatimiento de todo el plano del intradós sobre la horizontal, como describe en el texto explicativo el propio autor: [...] *Aora para la demostración de las dovelas tendidas en plano se ace en esta forma* [...].

Para obtener la saltarregla de la embocadura mayor, emplea el mismo procedimiento descrito anteriormente, de realizar giros de la diagonal "EF" en planta para colocarla frontalmente en "FA" y tomar en el alzado si diferencia de cotas "FG", con lo que se obtiene su verdadera magnitud "p" en "AG"²⁸⁶. Trazando sendos arcos desde los vértices de la arista "IJ" del intradós en el abatimiento, con la longitud obtenida "p" y con la dimensión de la tirantez de la junta de testa "q", su intersección determina el vértice "H" que proporciona la saltarregla superior.

²⁸⁶ Este último paso necesario para obtener la longitud de la diagonal, consistente en dejar una de las puntas del compás que se desplaza, de la recta girada en posición frontal sobre la línea plana y mover la otra desde el eje de giro hasta su vertical en el trasdós, está correctamente realizado por el autor, pero en el texto se ha omitido su explicación.

Figura 419. Perspectiva caballera del capialzado adintelado, obtenida a partir del modelo tridimensional del *arco adintelado capialzado* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Para la inferior, intenta determinar un lecho teórico cuyos cuatro lados fueran las juntas de testa en ambas embocaduras y las aristas del intradós y trasdós, ignorando la existencia del plano horizontal que constituye el batiente. La construcción se realiza por triangulación, trazando un arco de radio igual a la longitud de las testa inferior “s” con centro en el vértice del intradós “K” y otro desde el vértice superior del trasdós obtenido en la saltarregla superior “H”, cuyo radio debiera ser la longitud del trasdós; pero comete un error significativo: toma como longitud de la arista del trasdós la misma que había obtenido para el intradós, “r”, es decir, supone iguales las longitudes de intradós y trasdós para la dovela, lo que no se corresponde con la geometría de la pieza. El error se extiende a las tres saltarreglas inferiores obtenidas.

Con el fin de ilustrar los aspectos mencionados, se han realizado sendos dibujos sobre los que se ha representado el proceso erróneo seguido por el autor del código, y la construcción que responde a las longitudes reales de ambas aristas, que proporciona la saltarregla correcta [Fig. 420; Fig. 421].

Hay otros aspectos del capialzado que merecen ser mencionados. En lo referente al batiente dibujado en la planta, las aristas del intradós se prolongan en su anchura hasta alcanzar el dintel inferior, lo que implica, como se ha descrito en el capialzado adintelado, un alabeo de los lechos. Sin embargo, el autor pasa por alto esta circunstancia, pues no menciona el batiente en el texto ni lo emplea para la obtención de la saltarregla menor, ni siquiera para obtener una aproximación, como vimos en la traza análoga del cuerpo principal, o en la propuesta de Vandelvira²⁸⁷.

Por otra parte, al margen de los errores en la consideración de aristas, se aprecian errores relevantes de dibujo, a pesar de que a primera vista, las líneas del capialzado añadido son más finas y aparentan mayor precisión que las del cuerpo principal.

Al trazar en la planta la perpendicular al dintel superior desde su punto medio para situar en el eje el dintel inferior, existe una significativa desviación que provoca que la pieza esté deformada. Asimismo existen desviaciones en el trazado de las perpendiculares auxiliares para proyectar sobre la planta los vértices de las juntas de testa. Una superposición de las proyecciones y plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del código, permite observar las desviaciones mencionadas [Fig. 422].

²⁸⁷ Vandelvira (c.1585, f. 44r), en el *capialçado a regla*, traza, al igual que hace el autor del cuerpo principal del código, unas líneas desde los vértices interiores del batiente, perpendiculares a la saltarregla inferior, que intentan aproximarse a la plantilla del lecho proyectando sus cinco vértices sobre un plano.

Figura 420. Obtención de plantillas, según el procedimiento empleado en el *arco adintelado capialçado* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Figura 421. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional, en base a las condiciones geométricas del *arco adintelado capialçado* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Fig. 422. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del *arco adintelado y capialçado*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

La pieza es, como se ha puesto de manifiesto, análoga a la estudiada con anterioridad, el *capialçado a regla*, por lo que lo dicho entonces respecto de la presencia de trazas similares en la tratadística, es de aplicación. No obstante, hay que poner de manifiesto la similitud de la traza del códice con una de las tres que aparecen en el manuscrito 12744 de la BNE, respecto al tamaño de la pieza, al número de dovelas, a la forma de dibujarla, con igual procedimiento para la obtención del abatimiento del plan del intradós y de las saltarreglas de lado mayor [Fig. 423], hecho que pone en relación ambos manuscritos.

Fig. 423. Detalle comparativo de los dibujos correspondientes al desarrollo de las plantillas de intrados, saltarreglas y lechos. Izquierda: *arco adintelado capialzado*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE; Derecha: *capialzado a regla*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 29v.

Dada la coincidencia en la geometría de la traza con el capialzado adintelado y la tronera adintelada, en relación a los ejemplos construidos que responden al modelo, pueden consultarse los expuestos en los apartados correspondientes a las dos trazas mencionadas.

Capialzado en esquina y rincón

El penúltimo de los capialzados incluidos en el código presenta, en relación a su expresión gráfica, dos novedades significativas respecto de las anteriores trazas. Por primera vez aparece una pieza sin el correspondiente título, y es también la primera ocasión en la que los dibujos de una de las trazas del núcleo principal ocupan dos folios. En piezas anteriores en las que se acompaña un texto explicativo, los dibujos de la traza y de sus plantillas ocupan el folio recto mientras que el folio vuelto anterior queda destinado a la escritura del texto.

Fig. 424. Capialzado en esquina y rincón, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, ff. 18v-19r.

En este caso no hay texto, pero se ha empleado el recurso del doble folio con el código abierto, colocando en el f. 19r. los dibujos de planta y alzado del capialzado, que ocupan la práctica totalidad de su superficie, tanto en anchura como en altura, mientras que en el folio anterior, el dieciocho vuelto, están dibujadas las plantillas del intradós y las saltarreglas, en construcciones independientes [Fig. 424].

Una vez más se emplea la línea continua con carácter general, apoyada por líneas discontinuas, utilizadas para trasladar los vértices del trasdós de la embocadura o

trasplomos hasta la planta; para prolongar las líneas del intradós hasta la embocadura adintelada en el ámbito del batiente; y para dibujar una de las dos aristas en el desarrollo de las plantas, en los casos en los que existe una superposición con la arista contigua.

Se mantiene respecto de capialzados precedentes, el empleo de tintas de dos colores, pero en este caso el criterio de uso es ligeramente diferente. En los dibujos de planta y alzado, todas las líneas, ya sean continuas o de trazos, se dibujan con tinta de color sepia; respecto a los dibujos de las plantillas, las líneas correspondientes a las del intradós también están dibujadas con la tinta sepia, mientras que la parte de las plantillas de intradós que se corresponde con la meseta adintelada del capialzado y todas las líneas de las plantillas de las saltarreglas están dibujadas con tinta de color rojo.

Fig. 425. Capialzado en esquina y rincón.

Es interesante destacar que se emplean similares recursos gráficos a los utilizados en el arco por esquina y rincón, que guarda una relación directa con este capialzado por la naturaleza del muro que lo alberga. Se dibuja la planta, que contiene el muro, las jambas y las líneas del intradós. Sobre ella, a partir de una horizontal que une los vértices de las jambas, se dibujan, en la zona izquierda el alzado de la mitad del arco que se proyecta sobre el muro, con su rosca, tiranteces y líneas auxiliares para proyectar los vértices sobre la planta. En la zona derecha está dibujado en desarrollo el alzado real de media

embocadura, con la particularidad de que en este caso, las líneas auxiliares que proyectan los vértices de las tiranteces se interrumpen en la horizontal y no alcanzan la embocadura en la planta.

Comparándolo respecto al modo en el que se dibujó el arco en esquina y rincón, el alzado del arco proyectante se dibuja en ambos casos abatido sobre la horizontal del plano que lo contiene, mientras que el alzado de la embocadura, en aquel se dibujó abatido directamente sobre el muro y ahora se dibuja desarrollado a partir del eje del arco proyectante, en su mismo plano.

A pesar de la carencia de textos, el grafismo empleado en los grosores de las líneas, las tintas y el modo de trazar las líneas a trazos es muy semejante al de las construcciones anteriores, por lo que cabe pensar que esté dibujado por un mismo autor.

La traza corresponde a un capialzado en esquina y rincón, es decir, abierto en el encuentro de dos muros, que en este caso son rectilíneos, de espesor uniforme, y ortogonales entre sí. Las directrices se plantean de tal modo que sus puntos medios están situados en una misma horizontal y pertenecen al plano bisector del encuentro de los muros, lo que implica que se trata de una pieza sin esviaje y simétrica respecto de dicho plano.

La pieza contrasta enormemente con el planteamiento que se realizó para el arco en esquina y rincón, en el que la luz del arco era muy elevada en relación al espesor del muro, resultando una pieza de gran esbeltez y de dudosa viabilidad constructiva. El capialzado, sin embargo, posee un muro cuyo espesor es superior incluso a la luz del arco, por lo que la resultante de los empujes quedará en el ámbito del muro, minimizando los efectos de empuje al vacío y facilitando su materialización en una edificación.

La embocadura del rincón se genera por la proyección de un arco de medio punto dividido en siete partes iguales y contenido en un plano vertical, ortogonal al bisector de los muros, sobre sus paramentos. Como consecuencia, las embocaduras en ambos lados del rincón son cuartos de elipse rebajados y en cada una de ellas hay tres dovelas más la mitad de la dovela de clave, común a ambas.

Para trazar las líneas de las elipses correspondientes a la embocadura y a su rosca, en primer lugar se han obtenido los puntos de paso, trasladando las longitudes, tomadas de los puntos de intersección de los vértices en la planta, y las alturas del arco proyectante. Una vez obtenidos los puntos de paso, se ha trazado un arco de círculo para cada dovela,

tomando como centro la intersección de la perpendicular por el punto medio de la cuerda con el eje del capialzado.

La embocadura de la esquina se obtiene proyectando, con igual dirección que el arco, un dintel contenido en el mismo plano, a la altura de sus arranques, cuyo punto medio es coincidente con el centro del arco y cuya longitud es inferior a su luz, por lo que las jambas presentan derrame. El dintel está igualmente dividido en siete partes iguales, quedando tres a cada lado del muro, mientras que la central es común a ambas embocaduras.

En la esquina adintelada, las líneas horizontales que limitan el capialzado quedan ligeramente avanzadas respecto del paramento, dejando una meseta horizontal que en este caso presenta una novedad respecto de los anteriores, pues está dispuesta a modo de mocheta, dejando un pequeño escalón respecto al dintel del capialzado y en ambas jambas [Fig. 426].

El autor aborda de nuevo la apertura de huecos en el encuentro de dos muros, pero tiene una especial relevancia el modo de plantear las embocaduras. Si en el caso del arco por esquina y rincón se proyectaba una elipse peraltada sobre los muros, obteniendo como embocaduras arcos circulares, en un planteamiento único en la tratadística analizada, en este caso se realiza la operación inversa, es decir, se proyecta un arco circular sobre el muro obteniendo como embocaduras arcos elípticos rebajados, que es la solución que el resto de los autores plantean para los arcos en esquina y rincón.

Las tiranteces del arco proyectante son radiales, concurrentes en el centro del arco, por lo que las de la embocadura también serán concurrentes en el centro de la elipse, situado en el plano bisector a la misma altura del dintel. Las aristas del intradós, generatrices de la superficie reglada alabeada, son el resultado de unir los vértices de la división del arco de embocadura con los del dintel y no son concurrentes en un punto. Ambas rectas, las juntas de testa e intradós, definen los planos de los lechos.

Al igual que sucede en todos los capialzados del código, excepto el adintelado, no se dibuja el alzado de la embocadura adintelada, lo que unido a la existencia de la mocheta, hace pensar que se resuelva de modo independiente al capialzado. Sin embargo, en este caso hay un hecho significativo: están dibujadas en las mochetas, las juntas del intradós, que son perpendiculares al paramento del muro. El autor intenta evitar la discontinuidad que se produciría entre la junta inclinada del intradós y la junta horizontal de la meseta inferior.

Se intenta plantear la labra de la dovela del intradós y del dintel en una misma pieza, aunque con la disposición dibujada de juntas, los vértices de la poligonal que definen los lechos no pueden ser coplanares, pero a pesar de ello, el autor trata de obtener unas plantillas de lechos que incluyen todo el perímetro de las testas y del intradós.

Cabría la opción de disponer una superficie alabeada para los lechos, lo que plantearía serios problemas de labra para el posterior acople de dovelas contiguas, o bien una segunda opción, más probable, es conformar los lechos mediante dos planos: uno en el ámbito del intradós, definido por la tirantez y la generatriz de la reglada; y otro en la zona de la mocheta, definido por la junta horizontal, perpendicular a la embocadura, y por la junta de testa del dintel, no dibujada.

Se mantiene el criterio de intentar abordar la labra de las dovelas por plantas, para lo que se obtienen las plantillas del intradós de las tres dovelas de la derecha, mas la de la clave, que a diferencia de los capialzados con arcos anteriores, no se dibujan directamente sobre la planta, sino desarrolladas en una construcción independiente, que en este caso se dibuja en el folio precedente.

Se obtienen además, las plantillas de los tres lechos intermedios, con el objetivo de determinar los saltarreglas, que no se dibujan sobre el desarrollo de las plantillas de intradós, sino en construcción gráfica individual para cada una de ellas.

Aunque se dibujen de forma independiente, el procedimiento seguido para obtener las plantillas es el mismo empleado en los capialzados precedentes, el *engaduchido en biaje* y el *despezado*, ya explicado en detalle.

Para las plantillas de intradós, se parte del salmer, en el que tres de los cuatro vértices están en un mismo plano horizontal. El cuarto punto se obtiene por triangulación, a partir de la cuerda de la testa tomada del alzado, y de la segunda diagonal, cuya longitud se halla girando su proyección en la planta y tomando del alzado la diferencia de altura entre sus extremos, es decir, lo que *capialza*, análogo al empleado habitualmente por Vandelvira.

Como se ha comentado, al tratarse de una superficie alabeada no desarrollable, el uso de este procedimiento implica que sobre la plantilla obtenida quedan en verdadera magnitud las dos diagonales y tres de los cuatro lados, la arista inferior del intradós y las dos testas, pero no así la arista superior del intradós, cuya longitud en la plantilla será inferior a la real.

A partir de este punto, el autor vuelve a cometer el mismo error de los capitalizados precedentes, pues para continuar con el desarrollo de la plantilla, da por buena la longitud obtenida para la arista superior de la primera dovela y la utiliza como base para trazar la plantilla de la siguiente, cuya determinación requiere un doble abatimiento: uno inicial con charnela en la arista del dintel, hasta colocar la arista inferior del intradós en posición horizontal, con lo que se está en el mismo caso anterior, para realizar el segundo abatimiento mediante la triangulación usando la segunda diagonal y la cuerda de la testa en el arco. A las plantillas del intradós del capitalizado se incorporan las correspondientes a la mocheta, en lo que aparentemente es un intento de labrar ambos en una única dovela.

El hecho de plantear, en el desarrollo de las plantillas, como arista de partida de una plantilla, la resultante de la plantilla precedente contigua, a pesar de constituir un error, como se ha indicado, por tratarse de una longitud inferior a la real, permite simplificar el procedimiento, pues ahorra un abatimiento respecto a los procedimientos empleados por otros autores, como Martínez de Aranda, que precisa realizar un primer abatimiento para colocar en posición horizontal la arista inferior del intradós.

En un primer momento, el autor plantea que, si las aristas del dintel forman una línea recta en la realidad, también la deberían formar en el desarrollo de las plantillas, tal y como lo había contemplado en los capitalizados precedentes, en los que dibujaba las plantillas directamente sobre la planta, obviando que con el abatimiento, se modifica el ángulo aparente en la planta entre las aristas del intradós y del dintel.

Por ello, al dibujar la plantilla de la segunda dovela, lo hace prolongando el dintel de la primera. Posteriormente se percata de que dicho ángulo no se mantiene en la plantilla, y procede a borrar la línea dibujada inicialmente para trazarla de nuevo en su posición correcta.

Las plantillas correspondientes a las testas de las dovelas en la embocadura del arco se obtienen directamente del alzado desarrollado, pues en él se encuentra en verdadera magnitud el cuadrilátero definido por sus cuatro vértices, suficiente para acometer la labra de la cara de testa.

En cuanto a la obtención de las plantillas de los lechos, se dan dos situaciones diferentes. La determinación de la saltarregla de la junta del intradós con la testa en la embocadura elíptica no plantea problema, pues se trata de abatir tres puntos, que por tanto definen un plano, para lo que se utiliza el mismo procedimiento usado en las plantillas de intradós, empleando la longitud de la diagonal que discurre desde el límite del

capialzado en el intradós hasta el vértice del trasdós de la testa, que se obtiene girando su posición en planta hasta colocarla frontal, y tomando la diferencia de alturas entre sus extremos del alzado.

Respecto del otro extremo, en el que se tratan de definir los ángulos que forma la arista del intradós con la mocheta y con el paramento de la testa adintelada, la situación es diferente. Este paso plantea una complejidad importante para los maestros del XVI por la que la práctica totalidad de los autores pasan de un modo muy superficial, pues se trata de determinar intersecciones en las que intervienen planos en posición oblicua.

En el código se aprecian numerosas marcas de compás que indican que el autor realizó diversos intentos de obtener las plantillas. En apariencia, el estudio de la traza, indica que el procedimiento seguido consistió en prolongar las aristas del intradós hasta el paramento exterior de la mocheta, para posteriormente determinar el ángulo que forman con el paramento del muro, suponiendo que la testa del dintel tiene una altura igual a la rosca del arco, y que sus tiranteces son tales que sus vértices de trasdós se encuentran sobre la vertical del vértice de intradós de la dovela precedente.

Con estos datos, se realiza una triangulación, a partir de la diagonal, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, como si no existiera la mocheta, y posteriormente, desde el vértice inferior obtenido, se traza un triángulo rectángulo con dos líneas perpendiculares entre sí cuyas longitudes se corresponden con la altura y el espesor de la mocheta.

En cualquier caso, el autor se encuentra con dificultades que no es capaz de resolver con solvencia. Con independencia de la disposición de las tiranteces de la testa, el plano que delimita interiormente la mocheta es vertical, al igual que el plano de la embocadura, y el plano inferior de la meseta es horizontal. Por tanto, las intersecciones del plano de lecho, en el ámbito del dintel, con los dos planos verticales, serán dos líneas paralelas y ambas, en el abatimiento, deben ser perpendiculares a la arista del intradós de la mocheta, lo que no ocurre en las plantillas obtenidas.

Al igual que en el resto de las trazas, se ha realizado un modelado tridimensional de la pieza con las mismas características que la contenida en el código y a partir del modelo, se han obtenido las plantillas de intradós y lechos, siguiendo el criterio con el que para el autor, es decir, manteniendo las verdaderas magnitudes de las dos diagonales y de tres lados [Fig. 427].

Figura 427. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según la hipótesis del procedimiento empleado en la traza contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

La superposición de las plantillas obtenidas por este procedimiento con las dibujadas en el código muestra que en el caso de las plantillas de intradós, aunque ambas se aproximan bastante, se muestran diferencias de mayor magnitud que las encontradas en trazas precedentes, debido al error ya mencionado de considerar como buena la longitud de las cuatro aristas, dado que en este caso, el efecto del rincón, hace que las diferencias de alturas relativas entre vértices sea mayor, y por tanto también sean mayores las diferencias entre las longitudes reales de las aristas y las obtenidas.

Respecto a las saltarreglas, sin embargo, se ponen de manifiesto las dificultades que se encuentra el autor al abordar la complejidad de la pieza, pues salvo en el caso de la saltarregla de la clave en el arco, obtiene resultados significativamente alejados de la realidad, especialmente en la embocadura de la mocheta [Fig. 428].

Nuevamente el código incorpora una traza cuya aparición es poco frecuente en los tratados; no se ha localizado ningún caso en el que la directriz sea un arco de medio punto, pues los pocos autores que abordan esta pieza emplean arcos escarzanos más o menos rebajados.

La que más se aproxima es la contenida en el manuscrito de Ginés Martínez de Aranda, denominada *puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco*²⁸⁸. En ella se plantea la embocadura en el rincón proyectando sobre los muros un arco escarzano, mientras que en la esquina se dispone un dintel que incorpora un batiente de características similares al del código. La división del dovelaje se realiza en cinco unidades y la embocadura del dintel presenta la característica de que su trasdós se encuentra al mismo nivel que la clave de la rosca del arco [Fig. 429].

Las testas se generan mediante planos de canto, convergentes en una recta horizontal contenida en el plano bisector de los muros, lo que simplifica notablemente la obtención de plantillas respecto de la solución del código. Aranda plantea la labra por plantas, para lo que obtiene las plantas por cara y por lecho mediante abatimientos sucesivos, en los que mantiene la verdadera magnitud de las cuatro aristas de la plantilla y una de las diagonales, como ha puesto de manifiesto Calvo (2000, 3: 170), a la inversa del modo empleado en el código.

²⁸⁸ Martínez de Aranda (c. 1600, f. 210). El estudio pormenorizado del capialzado y del procedimiento empleado para obtener las plantillas está desarrollado por Calvo (2000, 3: 167-170).

Fig. 428. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del capitalizado en esquina y rincón, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Aranda incorpora una segunda traza de capialzado en esquina y rincón [Fig. 430], obteniendo las embocaduras por proyección ortogonal al bisector de los muros, de un arco escarzano y un dintel, en el que se dispone en la embocadura adintelada de una meseta horizontal, pero no de la mocheta o batiente. En todo caso, tanto, el procedimiento de resolución es análogo al citado anteriormente²⁸⁹.

El *capialzado engauchido en rincón y esquina por plantas* contenido en el manuscrito de Portor y Castro (1708, f. 43r.), aunque se asemeja en su planteamiento al capialzado en esquina y rincón de Aranda, con embocaduras por proyección de dintel y arco escarzano, división en cinco dovelas y en el modo de disponer las plantillas de intradós y lechos, obtenidas por abatimientos y triangulaciones, tiene una característica común con el capialzado del código, pues dibuja el alzado del mismo modo, es decir, sobre una misma horizontal se dibuja la mitad del alzado, que refleja la verdadera magnitud de la embocadura desarrollada, y en la otra mitad se dibuja el arco proyectante, coincidiendo igualmente en el hecho de trasladar a la planta los *trasplomos* necesarios para determinar las saltarreglas [Fig. 431].

Para posibilitar la obtención de las saltarreglas en la embocadura adintelada, incorpora abatido sobre la planta el alzado de la testa con sus correspondientes tiranteces.

Gelabert (1653, f. 97r.) también dibuja una traza de capialzado en la que una de las embocaduras se genera proyectando un arco escarzano, aunque muy rebajado [Fig. 432], sobre un rincón, pero la embocadura opuesta adintelada no está en una esquina sino en un paramento recto, por lo que se aleja ligeramente del modelo estudiado²⁹⁰.

²⁸⁹ Martínez de Aranda (c. 1600, f. 206). Se trata del *capialzado por rincón para una puerta por esquina*. Adicionalmente en el amplio repertorio de capialzados, Martínez de Aranda incorpora además las dos piezas que obedecen a la disposición inversa a las citadas, es decir, con la embocadura adintelada en la esquina y con la embocadura obtenida por proyección del arco escarzano en el rincón, con los nombres de *capialzado por esquina para una puerta en rincón* (f. 215) y *puerta por rincón a regla contra capialzado por esquina de arco* (f. 217). El estudio detallado de todas ellas puede consultarse en Calvo (2000, 3: 163-167; 176-180).

²⁹⁰ La traza aparece titulada como *ravolt de raco*. Rabasa (2011, 254-256) detalla los abatimientos de los lechos y aclara la disposición de los planos de lecho en relación a las proyecciones de las líneas de intradós que aparecen dibujadas en la planta.

Fig. 429. Ginés Martínez de Aranda, *puerta por esquina a regla contra capialzado por rincón de arco*, Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f. 210.

Fig. 430. Ginés Martínez de Aranda, *capialzado por rincón para una puerta por esquina*, Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f. 206.

Fig. 431. Juan de Portor y Castro *capialzado engauchado en rincón y esquina por plantas*, Cuaderno de arquitectura, 1653, f. 43r.

Fig. 432. Joseph Gelabert, *ravolt de raco*, Verdaderes traces de l'art de picapedrer, 1653, f. 97r.

De los autores franceses, es Jousse (1642, 220; 222) el que aborda trazas que guardan alguna relación con este tipo de capialzado. Incluye dos soluciones en las que uno de los paramentos del muro es rectilíneo, el que incluye el dintel, mientras que el otro forma una esquina en ángulo obtuso, en la que la embocadura se forma por la proyección de un arco escarzano bastante rebajado, que queda dividido en cinco dovelas.

Las características de las dos piezas son similares, siendo la única diferencia entre ambas que en la primera que se incluye, titulada *arriere-voulsure sous le coin obtus en descente* [Fig. 433], se dispone el dintel a una cota inferior a las impostas del arco, mientras que en la segunda, *arriere-voulsure sous le coin obtus* [Fig. 434], las cotas de impostas y dintel coinciden.

Como es habitual en Jousse, los lechos se disponen de tal modo que las juntas del intradós se manifiesten paralelas en la planta, dejando la absorción del derrame de las jambas, a las piezas del salmer, cuyo intradós tiene únicamente tres vértices, lo que facilita la obtención de las plantillas para la labra por plantas propuesta.

Para ello basta con partir del dintel, trazar sobre él perpendiculares distanciadas en magnitudes equivalentes a las divisiones del dintel, y trasladar sobre ellas las longitudes obtenidas en las secciones longitudinales abatidas que se dibujan. Las plantillas de los lechos se obtienen por un procedimiento similar.

Otras trazas de capialzados en esquina, aunque que se apartan del modelo del código, son las que proyectan dos arcos sobre las embocaduras, de las que Martínez de Aranda (c. 1600, ff. 76; 212), ofrece otras dos soluciones, el *arco por esquina y rincón capialzado* [Fig. 435], y la compleja *puerta por esquina de arco contra capialzado por rincón de arco* [Fig. 436], con un arco de medio punto sobre el rincón, una sucesión de dintel y arco escarzano en el intradós para el batiente y otro arco de medio punto de menor diámetro sobre la esquina²⁹¹.

²⁹¹ Ver el estudio de las trazas de Martínez de Aranda en Calvo (2000, 1: 194-198; 2: 171-173).

Fig. 433. Mathurin Jousse, *arriere-voulture sous le coin obtus en descente*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 220.

Fig. 434. Mathurin Jousse, *arriere-voulture sous le coin obtus*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 222.

Fig. 435. Ginés Martínez de Aranda, *arco por esquina y por rincón capialzado*, *Cerramientos y trazas de montea*, c. 1600, f. 76.

Fig. 436. Ginés Martínez de Aranda, *puerta por esquina de arco contra capialzado por rincón de arco*, *Cerramientos y trazas de montea*, c. 1600, f. 212.

Ejemplos de capialzados en esquina se pueden encontrar en Bergara [Fig. 437], con una interesante solución, dividida en nueve dovelas, con los lechos radiales en las testas, que se formalizan con arcos ligeramente apuntados; o en la casa del Balcón Esquinero en Canales de la Sierra [Fig. 438], un ejemplo más doméstico, con cinco dovelas y arcos bastante rebajados en las embocaduras²⁹². Ambos casos, respecto a la esquina se acercan a la solución contenida en el código, aunque el dintel no se dispone quebrado en el rincón, sino en un único elemento perpendicular a la diagonal, en una solución análoga a la incorporada por Martínez de Aranda (c. 1600, f.214), en la *puerta por esquina de arco contra capialzado por rincón de arco* [Fig. 198]²⁹³.

Fig. 437. Capialzado en esquina y rincón, Bergara. (Foto: José Calvo).

Fig. 438. Capialzado en esquina y rincón, casa del Balcón Esquinero, Canales de la Sierra, s. XVII. (Foto: Rosa Oliván).

²⁹² Para Canales de la Sierra, ver Moya et al. (1975, 265), que describe la fachada de la casa y la data en el s. XVII.

²⁹³ En relación a la traza, ver el análisis realizado por Calvo (2000, 171-173).

Capialzado en torre cavada

El conjunto de los capialzados finaliza con otra de las piezas de mayor complejidad, pues si en la traza precedente se planteaba el hueco en el encuentro de dos muros, en este caso la situación corresponde a un muro en el que uno de sus paramentos es circular. Comparte en lo referente a su disposición, características comunes con el capialzado en esquina y rincón analizado con anterioridad: carece de título y aparece dibujada en dos folios contiguos que se muestran simultáneamente con el código abierto.

Sin embargo, la disposición de los dibujos obedece a criterios diferentes; si en el caso anterior se empleaba el folio derecho para dibujar planta y alzado, reservando el folio izquierdo para las plantillas obtenidas, en este se dibujan en el folio derecho, el veinte recto, la planta, el alzado del arco proyectante y las plantillas, directamente sobre la planta, mientras que en el folio precedente, el diecinueve vuelto, se dibujan los alzados desarrollados de las embocaduras [Fig. 439].

Fig. 439. Capialzado en torre cavada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, ff. 19v-20r.

Para este capialzado, el autor abandona el recurso, empleado en anteriores ocasiones, de usar dos colores de tinta, reservando la de color rojo para destacar las líneas de las plantillas obtenidas, y distinguirlas con claridad de las correspondientes a la planta, cuando ambas aparecen superpuestas. Se emplean dos tintas: una de color sepia oscuro

con la que se dibujan todas las líneas, con excepción de las correspondientes a las plantillas obtenidas sobre la planta, en las que se ha empleado una tinta gris.

Respecto a los tipos de línea, aparecen los dos habituales, la continua, que se emplea con carácter general, y la de trazos, con la que se dibujan algunas de las líneas auxiliares de los dibujos, concretamente las que unen los puntos medios de las cuerdas de intradós y trasdós de cada dovela en los alzados y las que proyectan sus vértices sobre la embocadura en la planta, a las que hay que añadir unas líneas adicionales verticales que unen los vértices de las tiranteces del trasdós del dintel con el intradós.

El modo de dibujar la pieza es similar al empleado con anterioridad en otro de los capialzados, el *engaduchido en viaje*. En la planta aparecen dibujados los paramentos del muro, prolongando el cóncavo hasta dos puntos que serán los vértices de la rosca en el alzado, las jambas, las aristas correspondientes a las juntas del intradós y la línea que define la anchura de la meseta horizontal. Superpuestas sobre la planta, se dibujan las plantillas de intradós y saltarreglas obtenidas.

Fig. 440. Capialzado en torre cavada.

En de los alzados, se incorporan novedades relevantes respecto a piezas anteriores. En el alzado del arco proyectante, dibujado sobre la planta a partir de una línea horizontal, cuyos extremos están sobre la prolongación del paramento curvo del muro, se dibujan las líneas habituales, es decir, la embocadura con su correspondiente rosca, las juntas de testa

correspondientes a cada una de las siete dovelas en las que se divide el arco y las proyecciones de sus vértices hasta el muro curvo en planta.

A ellas se añaden líneas que aparecen por primera y única vez en el códice. Se trata de un arco que pasa por el punto medio entre la embocadura y su rosca, es decir que divide en dos partes iguales el espesor, y de las líneas correspondientes a las tiranteces de los puntos medios de cada dovela, a las que hay que añadir las auxiliares que proyectan sus extremos sobre el muro curvo en planta.

La incorporación de estas líneas, que determinan la posición de los puntos medios en las cuatro aristas de la embocadura de cada dovela, obedece al intento, dada la complejidad del capialzado, de obtener una mayor precisión, tanto en el dibujo del alzado desarrollado como de las plantillas a obtener. Es significativo que en uno de los arcos precedentes contenidos en el manuscrito, el *arco torre cabada y torre redonda*²⁹⁴, que tiene una relación directa con este capialzado debido a la geometría del muro y del arco proyectante [Fig. 259], el autor no había empleado este recurso, obteniendo resultados con errores relevantes.

Hay que señalar las coincidencias y el parecido significativo entre el dibujo que realiza Vandelvira para el *arco en torre cabada*²⁹⁵, en el que aparecen las mismas líneas que determinan los puntos medios [Fig. 441], y el que aparece ahora en el capialzado en torre cavada del códice [Fig. 442], similitudes que se reflejan además en el modo de dibujar planta y alzado, e incluso en el empleo del tipo de líneas, pues en ambos casos las líneas auxiliares, empleadas para proyectar los vértices de las tiranteces sobre la planta, se trazan con línea continua para las juntas entre dovelas y con línea discontinua para las correspondientes a los puntos medios.

Como veremos, Vandelvira también incorpora un capialzado similar, en el que vuelve a emplear los puntos medios de las tiranteces de las dovelas, necesarios para dibujar con mayor precisión el alzado de la embocadura, aunque omite la línea del espesor medio, pues su planteamiento de labra es diferente y no la considera necesaria. Estas similitudes ponen de manifiesto nuevamente la relación directa existente entre ambos manuscritos.

²⁹⁴ S.n., c.1600, Manuscrito de cantería, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12686, f. 12r.

²⁹⁵ Vandelvira c.1585, f. 21v.

Fig. 441. Alonso de Vandelvira, *arco en torre cabada*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 21v.

Fig. 442. Capialzado en torre cavada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 20r.

Para dibujar el alzado desarrollado de la embocadura, producto de la intersección de dos cilindros, uno horizontal correspondiente a la proyección del arco directriz, y el paramento del muro, que es vertical, se parte de trazar la horizontal correspondiente al arranque y la línea vertical que pasa por el eje, pues debido a la simetría del capialzado, basta con obtener la mitad del alzado.

A continuación, se van tomando, sobre la embocadura cóncava en la planta, las longitudes de las cuerdas correspondientes a los vértices de las dovelas y a sus puntos medios, y se trasladan al alzado desarrollado desde el eje. El siguiente paso es tomar del alzado del arco proyectante, la altura real de cada uno de los puntos y trasladarla al dibujo del desarrollo, perpendicularmente desde la línea de arranque. Con esta operación quedan determinados ocho puntos de paso correspondientes a la proyección vertical de la curva intersección de los cilindros.

Conocidos los puntos, para dibujar la curva que los une, el procedimiento habitualmente empleado es el conocido como *adulcir*, consistente en trazar una serie de arcos que pasen por cada tres puntos, obteniendo centro en la intersección de las perpendiculares que pasan por los puntos medios de las cuerdas que unen cada punto con el siguiente.

Sin embargo, el autor, a pesar de determinar los ocho puntos, usa las cuerdas de las dovelas completas, obviando el uso de los puntos medios obtenidos, probablemente con la intención de dejar reflejado en el dibujo el procedimiento a desarrollar a escala real en la monea, pero trazando el dibujo de un modo más superficial, como ya había realizado en

ocasiones precedentes. Si su intención, como parece ser, es la de dejar plasmado el procedimiento correcto, debería haber un texto explicativo en relación al procedimiento para determinar los puntos de paso intermedios de la curva, pues en caso contrario no tiene mucho sentido que la curva dibujada a tinta renuncie a ellos. Este hecho puede ser un indicio de que en el original contuviera todos los textos explicativos de las trazas, pero el autor de la copia, por alguna razón, solo pudo incluir los de las primeras trazas.

Las tiranteces de las dovelas son líneas elípticas, producto de la intersección de la superficie cilíndrica del muro con los planos de los lechos, pero este hecho no se refleja en el alzado, en el que se dibujan uniendo directamente los puntos de paso obtenidos con una línea recta.

Bajo el alzado de la embocadura cóncava está dibujado el alzado de la mitad del dintel, en el que se ha cometido un error significativo. En la planta el dintel queda dividido en siete partes iguales cuyas longitudes pueden tomarse directamente, pues se trata de una horizontal que está en verdadera magnitud. Para dibujar el alzado, se parte del mismo eje de simetría empleado en la parte superior para el arco, y a partir de él se trasladan a la horizontal las medidas correspondientes a las longitudes del dintel en el intradós para las dovelas; pero en lugar de considerar tres dovelas completas y una media, como correspondería, se dibujan cuatro longitudes iguales, lo que implicaría que la dovela de la clave tuviese una longitud doble respecto a las demás, en desacuerdo con la planta, en lo que pudiera ser un error debido a la copia.

A continuación se fija el espesor de las dovelas, ligeramente superior a las del arco, y se trazan sus tiranteces concurrentes en un punto situado en el eje de la pieza a una distancia aproximada de un radio del arranque. Los alzados de ambas embocaduras proporcionan directamente las plantillas de las testas, pero los datos obtenidos en el alzado del dintel no son empleados para obtener las plantillas de intradós ni las saltarreglas, por lo que el error cometido tendría como única incidencia práctica una variación en la plantilla de la testa de la clave.

El planteamiento del intradós del capialzado se realiza mediante la división de las embocaduras en siete partes iguales, en el caso del dintel sobre la planta, pero en el caso del muro cóncavo la división se realiza sobre el arco proyectante, no sobre la embocadura. El efecto de la proyección hace que las tiranteces, que en el arco proyectante son radiales, no se muestren así en el alzado, puesto que como se ha dicho, serían elipses y en todo caso, las líneas rectas que unen sus extremos no pasan por el centro del arco.

La superficie generada es reglada alabeada y sus generatrices son las rectas que unen los puntos resultantes de la división del dintel con los correspondientes a la proyección de la división del arco proyectante sobre el muro cóncavo. En la zona de la meseta, el planteamiento es diferente. El derrame de las jambas del capialzado finaliza en la línea en la que arranca la meseta horizontal, a partir de la cual, las jambas aparecen dibujadas ortogonales al paramento del muro. En esta zona horizontal, todas las líneas del intradós son paralelas entre sí y ortogonales al muro, aunque en un principio se habían dibujado como prolongación de las aristas del intradós, posteriormente fueron borradas para dibujarlas de nuevo con la dirección indicada.

El hecho de que las tiranteces del arco no sean paralelas a las del dintel, unido al cambio en la disposición de las aristas del intradós a partir del inicio de la meseta, impiden que los lechos de cada una de las dovelas estén contenidos en un único plano. La intención del autor, aparentemente, es la de resolver el capialzado mediante dos soluciones diferentes, una en el ámbito del capialzado propiamente dicho, y otra en la zona adintelada de la meseta, haciendo coincidir en ambas las juntas del intradós en la línea que limita interiormente la meseta.

En el capialzado, los planos de los lechos quedan definidos por las rectas correspondientes a las aristas del intradós y a las tiranteces del arco proyectante, mientras que en la meseta, se plantea un haz de planos de canto que quedan definidos por las tiranteces del alzado del dintel y por las juntas horizontales del intradós, perpendiculares al paramento del muro [Fig. 443]. De nuevo el autor plantea la labra por plantas y saltarreglas y regresa al criterio que emplea en los capialzados, del que se había apartado en el precedente, de obtener y dibujar las plantillas directamente sobre la planta.

La ausencia de textos, implica que sea necesario un análisis de las marcas ciegas de traza y de compás existentes en el código, para poder realizar una hipótesis sobre el procedimiento empleado para la obtención de las plantillas. El estudio realizado revela significativas novedades respecto de los procedimientos utilizados en las trazas precedentes, que indican un progreso en el nivel de conocimientos mostrado por el autor. Para explicar el procedimiento seguido, se incorpora un dibujo realizado a partir de los mismos datos contenidos en el código, en el que se han seguido los pasos relativos a la hipótesis descrita [Fig. 444].

Figura 443. Perspectiva caballera del capialzado en torre cavada, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

La novedad más significativa es que por primera vez en el código se emplea el procedimiento del abatimiento directo, sin necesidad de apoyo con la triangulación, aunque se emplea de forma parcial. En la dovela de la clave del capialzado, los vértices de cada una de las embocaduras están en una misma horizontal y por tanto, la recta que los une se muestra en planta en su verdadera magnitud. Para obtener su plantilla, se realiza un abatimiento de la cara del intradós sobre el plano horizontal, tomando como charnela la arista del dintel "AA' ". Los vértices "A" y "A' " permanecerán en su posición, mientras que los otros dos vértices "B" y "B' " se moverán según una dirección perpendicular a la charnela.

Para determinar su nueva posición tras el abatimiento, se halla la longitud de la arista "AB", girándola en la planta hasta colocarla en posición frontal en "CD" y elevando la punta del compás desde "C" hasta su proyección en vertical "E", se obtiene la diagonal "ED" que responde a la longitud "m" buscada. A continuación, el arco con radio "m" trazado desde "A" proporciona sobre la perpendicular del abatimiento la posición final del punto "B" en "F".

Para trazar la arista de la embocadura, a pesar de haber dibujado los puntos medios, estos no se emplean para determinar su posición en el arco; se traza un arco ligeramente cóncavo que no responde a la situación real de la plantilla, pues el efecto del capialzado en la embocadura hace que en la plantilla se invierta la curvatura, al igual que se vio en el apartado correspondiente del arco en torre cavada y torre redonda.

El uso de abatimientos no es la única novedad incorporada al procedimiento. En los capialzados anteriores, se comenzaba por determinar la plantilla del salmer, aprovechando que tres de sus cuatro vértices están en la misma horizontal, y se obtenía el cuarto por triangulación de la superficie alabeada, empleando la verdadera magnitud de la diagonal, con lo que la arista superior obtenida en la plantilla no conservaba su longitud, resultando una dimensión menor que la real.

En este caso, se comienza igualmente por el salmer, pero se utiliza el método inverso, es decir, a partir de los tres vértices que están en el plano de arranque, "G", "H" y "J", la posición en la plantilla del cuarto vértice "I" se determina a partir de la longitud de las otras dos aristas y no de la diagonal. Para ello empleando el procedimiento habitual de determinación de longitudes reales, se gira la arista "GI" hasta la posición frontal en "KL" y elevando desde "K" a "K' ", se obtiene la longitud real "n" en "K'L". La longitud de la arista de la embocadura "o" se toma directamente de la cuerda en el alzado desarrollado.

Los arcos con centro en los dos vértices de la diagonal, "G" y "J" cuyos radios son las longitudes obtenidas para las dos aristas "n" y "o" se intersectarán en la posición sobre la plantilla del cuarto vértice "M". Al igual que en el caso de la plantilla de la clave, para la embocadura se traza un arco ligeramente cóncavo, sin emplear los puntos medios y sin considerar la inversión de curvaturas.

A pesar de que se opera con las longitudes de las cuatro aristas, existen marcas de compás en el folio que indican claramente que el autor intentó en un momento inicial, obtener la plantilla como en los casos anteriores, a partir de la diagonal, pero finalmente desecho dichas marcas para realizar el proceso descrito. La razón del intento inicial y del cambio de procedimiento puede estar relacionada con el hecho de que en este caso, por la geometría de la pieza, la diferencia de longitud de la arista superior, obtenida mediante la diagonal, con relación a la real es bastante significativa y muy superior a la de los capialzados precedentes.

Adicionalmente se observan marcas de traza desde el vértice del arranque "J" perpendiculares a la jamba "HJ" que aparentemente obedecen a un intento de obtener el cuarto vértice por abatimiento tomando como charnela el salmer. El autor quizá consciente de que el cuarto vértice debería quedar sobre esta línea, se percató de la diferencia importante si empleaba la diagonal, que se muestra claramente en las marcas, y decidió cambiar el procedimiento, aunque para asegurar la posición, adicionalmente a la línea de abatimiento, empleó los dos arcos mencionados, cuando hubiera bastado uno de ellos.

Para obtener las plantillas de las dovelas segunda y tercera se continua empleando el mismo procedimiento, de mantener en verdadera magnitud las cuatro aristas, y se sigue con el criterio de trazas anteriores, de emplear la longitud arista superior obtenida en la plantilla para la dovela siguiente, prolongando su arista inferior en la planta hasta alcanzar la longitud obtenida y dibujando a partir de ella la plantilla. Como se ha comentado, con este recurso, el autor evita tener que realizar dos abatimientos por plantilla y se limita a obtener en cada caso la posición de un solo punto.

Al dibujar las plantillas sobre la planta, se vuelve a suponer que las líneas del dintel no se mueven, pero esto no es cierto. De hecho el propio autor así lo contempló en el capialzado en esquina precedente, al dibujar las plantillas desarrolladas, que mostraban claramente el quiebro que se produce por efecto de los abatimientos, pero en este caso, vuelve a obviar el tema, quizá porque lo considere poco relevante a efectos prácticos.

Figura 444. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según la hipótesis del procedimiento empleado en el capitalizado en torre cavada contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Para que el dintel se mantuviera en el desarrollo de las plantillas, debería haber empleado el abatimiento en todos los casos tomándolo como charnela, como hace aquí para la clave, pero en ese caso precisaría de dos abatimientos por plantilla, lo que incrementaría la complejidad del procedimiento.

En el caso de la tercera dovela, no es necesario determinar la longitud de sus aristas, pues al haber hallado previamente la clave "m" y la segunda dovela "q", la plantilla se obtiene de forma inmediata triangulando con la longitud de la embocadura "r" tomada del alzado desarrollado.

El procedimiento para determinar las saltarreglas es análogo, realizando una triangulación de los vértices del plano de lecho. Para la primera dovela, que es la incorporada en el dibujo adjunto, se gira la diagonal de la cara "GV" en la planta para colocarla frontalmente en "WX", se eleva el punto "W" hasta "W'" y la longitud "t" de "W'X" será la buscada.

A continuación se toma del alzado la longitud de la tirantez "u" y se realiza la triangulación con radios "t" y "u" y centros en "G" y "N" respectivamente, cuya intersección proporciona la posición del vértice "Y" buscado. Al igual que en las plantillas de intradós, la arista de la testa, que en este caso es una elipse, se dibuja mediante un arco realizado por aproximación con una mínima flecha, pues tampoco se ha empleado el punto medio dibujado en el alzado para incrementar la precisión.

Para determinar el grado de precisión alcanzado, se ha modelado tridimensionalmente un capialzado que responde a la geometría y dimensiones del contenido en el códice, y a partir del modelo se han obtenido las plantillas, proyectándolas sobre la horizontal, con el mismo criterio que el empleado por el autor del códice, es decir, manteniendo la verdadera magnitud de las cuatro aristas.

Las plantillas obtenidas se han superpuesto en el dibujo del códice, e indican nuevamente un grado de precisión aceptable, con errores de pequeña magnitud respecto a las aristas del intradós, pero con una diferencia más significativa respecto al efecto de inversión de las curvaturas no contemplado por el autor [Fig. 445].

Son varios los autores que incorporan en sus tratados capialzados en torre cavada, pero ninguno de ellos emplea un arco proyectante de medio punto, por lo que nos encontramos de nuevo ante un caso singular.

Fig. 445. Superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del capialzado en torre cavada, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Lo habitual es que las embocaduras se correspondan con la proyección de un arco escarzano, más o menos rebajado, sobre el paramento cavado del muro, y sobre el paramento recto, un dintel de longitud menor que la luz del arco y situado en el plano horizontal de su arranque. En todos los casos, además, se incorpora en la zona adintelada, la meseta horizontal para recibir el elemento de carpintería.

Vandelvira (c. 1585, ff. 47v; 48v) ofrece dos versiones prácticamente iguales de la misma pieza, ambas con dimensiones similares, con despiece en siete dovelas y con determinación de los puntos medios que aportan una mayor precisión en las plantillas. También en ambos casos se plantea, como es habitual en él, una labra por robos, pero se

determinan las plantillas dibujadas en desarrollo en la planta, a partir de la jamba, con el fin de obtener las saltarreglas²⁹⁶.

En la primera de ellas, el *capialçado en torre cabada* [Fig. 446], los prismas contenedores para realizar los robos en las dovelas están dibujados en el alzado del arco proyectante, mientras que en el *capialçado en torre cabada escarçano* [Fig. 447], añade el dibujo del alzado desarrollado de la embocadura cóncava, que no figura en el anterior, trazando sobre él los prismas para los robos. En esta segunda versión se dibujan también sobre la planta los alzados laterales, que aportan la información de inclinaciones y alturas de las juntas de intradós y trasdós.

Hay que señalar que Vandelvira, consciente de la inversión de curvaturas que se produce por efecto de la concavidad y el capialzado, las había determinado con precisión en las plantillas del *arco en torre cabada* [Fig. 269], pero sin embargo, en esta ocasión no lo hace, quizá debido al hecho de que las plantillas no serán empleadas en la labra, que se realizará por robos, por lo que no tiene sentido práctico complicar la resolución.

El manuscrito 12744 de la BNE, en la línea de Vandelvira, contiene el *capialcado en torre cavada* [Fig. 448], similar en su dibujo y en el desarrollo de las plantillas de intradós y saltarreglas, con una división de las embocaduras en cinco dovelas, siendo el único que se aparta, junto con el códice, del arco escarzano, planteando como arco proyectante un carpanel²⁹⁷.

En la otra línea de conocimiento pueden incluirse otros dos de los ejemplos similares. En primer lugar el *capialzado cuadrado desquijado en torre cavada* de Martínez de Aranda [Fig. 449], con división en cinco dovelas, en el que dibuja el alzado de la embocadura del arco desarrollado y plantea la labra por plantas que se obtienen mediante abatimientos sucesivos²⁹⁸. Aranda intenta incrementar la precisión, determinando los puntos medios de los lechos y de las plantas, y como indica Calvo (2000, 3: 131) muestra una insistencia en dejar claro que las testas de las plantas son convexas.

²⁹⁶ La primera traza que aparece es el *capialçado en torre cabada*. En la copia del *Libro de trazas*, conservada en la BNE (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 56v.) aparecen tachadas algunas líneas de la planta correspondientes a juntas del intradós dibujadas erróneamente, a las que se añade la leyenda *las líneas tachadas no intervienen en la traza*. En el alzado también aparece tachada la línea de la tirantez del punto medio de la primera dovela de la derecha, dibujada a línea continua, que se acompaña de las palabras *de puntos*. La segunda traza es el *capialçado en torre cabada escarçano*, que en la copia de la BNE (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 57v.), también posee líneas tachadas, en este caso en las embocaduras de las plantillas, además de incorporar la numeración de las dovelas en el alzado desarrollado.

²⁹⁷ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 31v.

²⁹⁸ Martínez de Aranda (c. 1600, f. 131). El estudio detallado de la traza está realizado por Calvo (2000, 3: 130-133).

Fig. 446. Alonso de Vandelvira, *capialçado en torre cabada*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 47v.

Fig. 447. Alonso de Vandelvira, *capialçado en torre cabada escarçano*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 48v.

Fig. 448. *Capialçado en torre cavada*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 31v.

Cercano al de Aranda, tanto en el dibujo como en la resolución es el que incluye Portor y Castro en su manuscrito [Fig. 450], también con cinco dovelas, aunque en sus plantillas no se utilizan los puntos medios, y las testas de las plantas se dibujan rectilíneas uniendo los vértices del intradós. Sin embargo en las saltarreglas si se incorpora la curvatura²⁹⁹.

²⁹⁹ Portor y Castro (1708, f. 43v.). Aparece titulado como capialzado engauchido en torre cavado por plantas contra cuadrado.

La propuesta por Gelabert [Fig. 451], en su habitual línea de independencia respecto del resto de tratadistas, presenta la particularidad de plantear las proyecciones de las juntas del intradós paralelas en planta, de tal modo que el derrame se hace independiente de las cinco dovelas, para ser encomendado a los salmeres³⁰⁰.

Respecto de los franceses, es de nuevo Jousse (1642, 224) el que plantea una traza relacionada, en la que el arco escarzano se abre en una embocadura convexa [Fig. 452], en lugar de una cóncava, como es el caso del código, de ahí su título *arriere-voulsure en tour ronde*, que se corresponde con la denominación de *torre redonda* dada habitualmente a dichos paramentos.

Se igualan la longitud del dintel y la luz del arco, lo que evita los derrames y permite a su autor disponer las juntas de intradós paralelas a las jambas. La labra se plantea mediante el procedimiento de plantas, determinando las plantillas necesarias de intradós y lecho por el procedimiento habitual de Jousse, descrito en las trazas precedentes. Al igual que el autor del código, determina los puntos medios de las testas y de las tiranteces en cada dovela, lo que le permite trazar con mayor precisión las curvas correspondientes a las aristas de las testas en las plantillas.

³⁰⁰ El capialzado se titula *ravolt da torra radona* (Gelabert 1653, f. 101r). En lo referente a su resolución y al proceso de labra de una de sus dovelas, ver Rabasa (2011, 266).

Fig. 449. Ginés Martínez de Aranda, *capialzado cuadrado desquijado en torre cavada*, Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f.186.

Fig. 450. Juan de Portor y Castro, *capialzado engauchido en torre cavado por plantas contra cuadrado*, Cuaderno de arquitectura, 1653, f. 43v.

Fig. 451. Joseph Gelabert, *ravolt da torra radona*, Verdaderes traces de l'art de picapedrer, 1653, f. 101r.

Fig. 452. Mathurin Jousse, *arriere-voulture en tour ronde*, Le secret d'architecture..., 1642, 224.

Las bóvedas de intradós cilíndrico

Completados los grupos de piezas de cantería cuyo objetivo es afrontar problemas de carácter puntual, como la solución de elementos en vuelo o la apertura de huecos en muros, con el abanico de posibles situaciones en función de las condiciones de partida del elemento base y de la directriz, los siguientes conjuntos de trazas contenidas en el código afrontan el problema de la cubrición de espacios mediante superficies abovedadas.

Si se compara el orden de lo que se podrían considerar como *capítulos* del código, considerando el orden correlativo en el que aparecen, a pesar de que carece de índice y de textos en gran parte de las piezas, con el de los dos manuscritos de referencia de la tratadística hispánica, los de Vandelvira (c. 1585) y Martínez de Aranda (c. 1600), se aprecia a partir de en este punto una discontinuidad.

Hasta el momento existía una coincidencia, con matices, entre todos ellos, en la incorporación sucesiva de capítulos referidos a trompas y arcos, troneras y capialzados. Tanto Vandelvira como Aranda, continúan su repertorio de piezas con los caracoles y escaleras, a los que seguirían los capítulos dedicados a las capillas y ochavos, que recogen las soluciones para espacios abovedados con sus diferentes opciones, que en el caso de Vandelvira, Palacios ([1990] 2003) divide en cinco grupos: las bóvedas en vuelta de horno; las de planta oval; las bóvedas por arista y baídas; las de crucería y los ochavos³⁰¹.

Sin embargo, el código no contiene ninguna de las piezas referentes a escaleras o caracoles, piezas presentes en la práctica totalidad de los tratados de cantería renacentistas. En lo referente a las bóvedas se contemplan, además de las bóvedas nervadas tardogóticas que serán objeto de estudio en el siguiente capítulo, un conjunto de bóvedas de intradós cilíndrico, pero tampoco se incluye ninguna de las bóvedas que se

³⁰¹ Según la división realizada por Palacios ([1990] 2003) las bóvedas en vuelta de horno son las relacionadas con superficies de rotación, relacionadas con esferas o toroides; las de planta oval, en las que se plantea la habitual disyuntiva entre el uso de elipses u óvalos, en las que las superficies del intradós se relacionan por tanto con elipsoides u ovoides; las bóvedas por arista y baídas, referidas respectivamente a superficies de intradós cilíndricas o esféricas; las de crucería, que bajo un aparente planteamiento de bóvedas tradicionales de nervios, en realidad obedecen al planteamiento de bóvedas baídas; y los ochavos, resueltos con superficies lisas o por nervios o cruceros.

Respecto al tratado de Martínez de Aranda, se sabe por el prólogo (Calvo 2000, 1: 3-4) que el texto completo comprendía cinco partes referidas a arcos; capialzados y puertas; caracoles y escaleras; pechinas y bóvedas; y capillas y ochavos. El manuscrito que se conserva incluye únicamente las dos primeras partes y el comienzo de la tercera, pero no incluye ninguna de las bóvedas.

corresponden con los modelos plenamente renacentistas, como las semiesféricas o *de media naranja*, o las baídas, producto de la intersección de superficies esféricas con planos verticales³⁰².

Hacia estos modelos evolucionaron las bóvedas de nervios, fundamentalmente a lo largo del siglo XVI, con independencia de que, aún muy avanzado el siglo, muchos de los maestros se mostraran reticentes a incorporarlos en la práctica, aduciendo motivos estructurales o compositivos. Los recogen el *Libro* de Hernán Ruiz (c. 1550) y el resto de tratados aparecidos en los últimos años del siglo, con la salvedad hecha del caso de Martínez de Aranda, puesto que se sabe que contenía bóvedas, pero no sus características.

Como se ha dicho anteriormente, se ha detectado en el código que existen dos folios que fueron arrancados con posterioridad a la encuadernación, pertenecientes al cuadernillo cuarto, cuya posición estaría entre los ff. 20 y 21. Se da la circunstancia de que estos dos folios, contienen respectivamente al último de los capialzados y a la primera de las bóvedas cilíndricas.

A la vista del contenido del código, parece posible que dichos folios, en caso de haber incluido alguna traza, se refirieran a algún otro capialzado, o contuvieran alguna bóveda de rincón de claustro o de arista de planta cuadrada, pues resulta extraño que, omitiendo la pieza básica, se comience el capítulo de bóvedas con una de planta perlongada que implica mayores problemas en su concepción y resolución. Tampoco puede descartarse que los folios arrancados pudieran contener la traza de alguna escalera o caracol, dada la similitud en la ordenación con el *Libro* de Vandelvira, que los incorpora precisamente a continuación de los capialzados y antes de las trazas correspondientes a las capillas.

El conjunto de piezas contenidas responde a la resolución de los problemas presentados por la intersección de bóvedas de cañón, es decir, de semicilindros. El modelo

³⁰² En relación a la estereotomía de las bóvedas semiesféricas, conocidas como *de media naranja*, o como las denomina Vandelvira, *capilla redonda en vuelta redonda*; así como de la aplicación a la labra de sus dovelas de los métodos directo, con sus variantes, y de escuadrías, ver el estudio detallado de Rabasa (2007b, 10-55) que contempla también sus derivados en las bóvedas baídas, que llevadas al límite respecto a rebajar la semiesfera, darían lugar a las bóvedas planas, de las que uno de los ejemplos más significativos es la existente en el sotocoro de la Basílica de El Escorial, levantada y analizada por López Mozo (2009, 360-365).

El tratamiento específico de las bóvedas semiesféricas y las baídas en el tratado de Vandelvira, está estudiado en los capítulos dedicados a ellas por Palacios ([1990] 2003, 188-284). En relación a las bóvedas aídas, ver la tesis doctoral de Natividad (2017).

Sanjurjo (2013, 47) expone en relación a los caracoles, que desde el cantero más humilde hasta los grandes maestros catedralicios las construyeron y crearon modelos en piedra o papel que mostraran su grado de profesionalidad, lo que les serviría para conseguir trabajos y para obtener el respeto de los compañeros, lo que incide en la extrañeza de su no inclusión en el código.

más sencillo es el correspondiente a dos semicilindros de igual diámetro, cuyos ejes son horizontales, están situados al mismo nivel y además son ortogonales entre sí. En estas circunstancias, las claves de ambas bóvedas también estarán al mismo nivel y la intersección entre ambos cilindros se materializa en elipses rebajadas, situadas en un plano vertical que pasa por los puntos de intersección de las generatrices de los arranques.

Con tal disposición se pueden dar tres posibilidades de bóvedas. La primera de ellas es la correspondiente a la intersección de dos semicilindros en ángulo recto, con forma de codo, sin que ninguno de ellos atraviese al otro. La arista intersección presentará rincón en una mitad y esquina en la otra, a partir del punto de intersección de las claves. Corresponde a la que se conocía antiguamente como rincón de claustro.

En el caso de que los semicilindros se atravesasen mutuamente, si se conserva el espacio que resulta interior simultáneamente a ambos cilindros, las semielipses correspondientes a las intersecciones, desde el interior del espacio se mostrarán como rincones y desde el exterior como esquinas. Estructuralmente la bóveda presentaría apoyos en los cuatro lados que la delimitan y las cuatro embocaduras se muestran como dinteles. Es la bóveda que antiguamente se denominaba esquifada, pero que en la actualidad, habitualmente tiene la denominación de rincón de claustro³⁰³.

Por último, puede darse el caso inverso, es decir, que las aristas de intersección se muestren como esquinas desde el interior y como rincones desde el exterior. El espacio incluido en el ámbito de la bóveda es el interior de al menos uno de los dos semicilindros. Sus cuatro embocaduras son arcos semicirculares y estructuralmente apoya en las cuatro esquinas del cuadrado. Se denomina habitualmente como bóveda de arista.

A los efectos de la estereotomía, ninguno de los tres tipos presenta complicaciones. Si se dividen ambos semicilindros en partes iguales, sus generatrices homólogas estarán en la misma horizontal y se intersecarán en puntos de las semielipses, que como se ha dicho están en planos verticales, que en planta se proyectan como las diagonales del cuadrado que delimita la bóveda. El único problema a los efectos de la labra de las dovelas será determinar la curva correspondiente a la intersección de los cañones y el ángulo que en ella forman las dos superficies cilíndricas de cada una de las dovelas que la forman.

Pero a partir de esta geometría básica, la alteración de cualquiera de las condiciones complica de manera significativa un problema aparentemente sencillo. Si la planta es

³⁰³ Las bóvedas y arcos que reciben en Vandervira y Aranda las denominaciones rincón de claustro o de claustría corresponden a lo que hoy llamamos bóveda acodada.

perlongada³⁰⁴, uno de los cilindros poseería un radio mayor que el otro, las generatrices que pasan por ambas claves están a diferentes alturas y estaríamos en el caso genérico de la intersección de dos cilindros, que es una curva alabeada. Al margen de la complicación que supone determinar la curva intersección, el problema exige establecer condiciones adicionales, pues no es de resolución inmediata.

Fig. 453. Bóveda de arista perlongada, iglesia de San Cataldo, Palermo, c. 1160³⁰⁵.

Respecto de las embocaduras, si se desea mantener la altura de la clave de ambos cilindros, caben dos posibilidades: peraltar el arco de la embocadura menor para igualarlo a la mayor; o bien realizar la operación inversa, es decir, convertir la embocadura de mayor luz en una elipse rebajada tal que su altura sea el radio de la otra embocadura. En cualquiera de los dos casos, uno de los cilindros sería elíptico mientras que el otro se mantendría como cilindro de revolución.

Cabe otra opción, no recogida en la tratadística, pero con ejemplos contruidos, como el estudiado por Freire (1998, 176) y posteriormente por Taín (2003, 346-347; 2003b, 1892-1893), y Guerra (2012, 305-344), correspondiente al claustro de Nuestra Señora de la Antigua en Monforte de Lemos, en el que la bóveda de lados desiguales se configura con

³⁰⁴ El término perlongar, procede de prolongar. Habitualmente se emplea perlongada para denominar una forma rectangular.

³⁰⁵ En relación a San Cataldo, ver Di Stefano (1955, 19-20); Cicala (2016, 11; 21; 43-47).

dos embocaduras semicirculares de diferentes diámetros, con juntas de intradós inclinadas para permitir el acuerdo de ambos cilindros. Se da la circunstancia de que en el pavimento de la caja de escalera se encontró la montea que, según los levantamientos realizados por Freire y Taín, corresponde con fidelidad a la bóveda³⁰⁶.

Una segunda cuestión a resolver es decidir si se desea mantener la coordinación interior de las hiladas de ambos cilindros de tal modo que cada par de generatrices homólogas se encuentren en la curva intersección de los cilindros. En el caso de la planta perlongada, esto no es posible si se dividen ambos cilindros en partes iguales al repartir el dovelaje. Para conseguir la continuidad, si se mantiene la horizontalidad de las hiladas, una de las embocaduras debe presentar diferencias de tamaño entre sus hiladas, que pueden llegar a ser relevantes. También es posible renunciar a la horizontalidad de las hiladas de uno de los cilindros, o bien a la coordinación de las hiladas, y resolver de forma independiente ambos cañones.

Otra alternativa es que las dos claves estén a diferentes alturas, que permite mantener las dos bóvedas con arcos de medio punto como directriz, una de ellas mayor que la otra, lo que deriva el problema a la apertura de huecos en la superficie cilíndrica, mediante otro cilindro, que conocemos como luneto. Pero el luneto no soluciona por sí mismo los problemas, anteriormente referidos, de la intersección entre cilindros.

Hasta el siglo XVII, el planteamiento para la construcción de bóvedas cilíndricas, al igual que la mayoría de los elementos ejecutados con piedra, obedecía por lo general a la utilización de reglas y principios geométricos, a las proporciones y disposición de sus elementos constructivos, cuya aplicación garantizaba su comportamiento estático. Como opina D'Anselmo (2000, 27), las estructuras abovedadas de formas incorrectas hubieran evidenciado su estado precario con el tiempo transcurrido desde su construcción.

Rabasa (2007b, 76), indica que las bóvedas de arista medievales aparecen resueltas por lo general de tal modo que en las aristas, las dovelas de una de las direcciones, quedan cortadas por el otro cilindro. El procedimiento, que no obedece a una concepción previa de las piezas, de cara a la formalización de la superficie de la bóveda, responde a una labra *in situ* de las piedras.

³⁰⁶ Guerra (2013, 447-451), ha documentado la aparición de una segunda montea que complementa a la primera, aunque corresponde a un tramo de planta cuadrada.

La imagen que se adjunta, que responde a ese sistema [Fig. 454], corresponde a una tumba de Pérgamo, incluida por Choisy (1899, 1: 518-519), que la considera probablemente como la bóveda de arista más antigua, que se remonta a la época de los Atálidas³⁰⁷. El propio Choisy (1899, 2: 152), en relación al empleo de este tipo de bóvedas en el mundo romano, se refiere a la influencia de las arquitecturas orientales y a la práctica muy antigua de los constructores sirios respecto a los sistemas de bóvedas de arista, en los que ya se muestran reflejados los problemas derivados de las plantas perlongadas y las soluciones de peraltar o rebajar uno de los arcos para mantener las claves [Fig. 455].

Zaragozá (2008, 343); (2010, 180), se refiere a los problemas de estereotomía que caracterizan la concepción de las bóvedas aristadas, con la llegada del renacer de las formas clásicas, que invierte el problema, pues la carencia de la cimbra perdida que constituían los nervios de las crucerías, obliga a una concepción previa que resuelva anticipadamente la compleja geometría, y a tal efecto cita varios ejemplos de bóvedas aristadas construidas en el ámbito valenciano a lo largo del siglo XV³⁰⁸.

Calvo (2000b) se refiere a los antecedentes medievales de la apertura de huecos en bóvedas, mediante la intersección de dos cilindros, en la que la solución habitualmente empleada en el románico francés, como indica Pérouse (1982, 208), pasa por la independencia de las juntas de arco y bóveda, frente a ejemplos leoneses en los que se trabaja con la continuidad de ambos elementos.

Asimismo describe las dos soluciones diferentes que la cantería renacentista le da al problema. Una de ellas consiste en resolver la curva compleja alabeada, producto de la intersección de ambos cilindros, y hacer que la superficie del cilindro menor se prolongue hasta alcanzar la superficie del mayor. Respecto a las juntas, cabe la posibilidad de dividir el cilindro menor en partes iguales y forzar las juntas del intradós del cilindro mayor para que sean concurrentes con ellas, añadiendo dovelas intermedias entre dos hiladas, si es necesario para evitar dovelas de gran tamaño, o bien de independizar las juntas de ambos. La solución recibió en el siglo XVI el nombre de *arco avanzado*.

³⁰⁷ La dinastía ostentó el gobierno de Pérgamo en un periodo comprendido desde el año 282 a.C. hasta que el reino fue legado a la República romana en el año 133 a.C.

³⁰⁸ Concretamente se refiere a los ejemplos, obra de Francesc Baldomar, de la tribuna de las torres del portal de Cuarte (c. 1446); de la capilla Real (1454-1459); y en la ampliación de la catedral de Valencia (realizada a partir de 1458).

Fig. 454. Auguste Choisy, *voûte d'arête d'une tombe de Pergame*, 1899.

Fig. 455. Auguste Choisy, *voûtes d'arête*, 1899.

La segunda solución consiste en determinar la intersección del cilindro mayor, no con un cilindro menor, sino con dos planos verticales oblicuos al eje del cilindro y simétricos respecto del eje del segundo. Las curvas producto de la intersección, que serán elipses contenidas en los planos verticales, se proyectarán en planta como sendas líneas rectas, de más fácil trazado que las curvas alabeadas de cuarto grado, que corresponderían a la intersección de ambos cilindros.

Las curvas se intersectarán en un vértice y su proyección sobre un plano paralelo al de embocadura del segundo cilindro será un arco apuntado. A continuación se resuelve la intersección, sustituyendo la superficie del segundo cilindro por una reglada, que se genera uniendo los puntos del arco correspondiente a la embocadura del segundo cilindro con los de las curvas de intersección del primero con los planos verticales.

A esta solución se le dio el nombre de *luneta*³⁰⁹, y su implantación se realizó de manera generalizada en El Escorial. López Mozo (2000, 615-618; 2005; 2009, 263-312) ha puesto de manifiesto que una de las tipologías empleadas con mayor frecuencia en el Monasterio del Escorial fue la bóveda cilíndrica, escasamente empleada con anterioridad, y ha documentado el empleo, en el conjunto, de bóvedas que responden a las soluciones de *arcos avanzados* y *lunetos apuntados* [Fig. 456]³¹⁰. Hay que señalar que mientras que los *lunetos apuntados* son muy abundantes, los *arcos avanzados* son excepcionales.

La elección entre una u otra opción tiene no solo implicaciones formales y compositivas, sino que también afecta de modo fundamental a los aspectos constructivos y de modo especial, a como se acomete la labra de las dovelas, pues como señala Calvo (2000b, 173) en base a los planteamientos de los tratadistas, el arco avanzado se labra con ayuda de plantillas, mientras que el luneto apuntado se labra por robos, con mayor trabajo y más consumo de piedra.

Lo expuesto hasta el momento respecto a la modificación de las condiciones del perímetro, a partir de la solución ideal de la planta cuadrada, se refiere a la disposición de plantas rectangulares. Si se pretende cubrir un recinto de plantas romboidales, trapezoidales, triangulares, o poligonales, los problemas de adaptación de las bóvedas cilíndricas son importantes, lo que explica su paulatina sustitución por bóvedas baídas, que, al margen de ofrecer múltiples posibilidades formales en cuanto a la disposición de

³⁰⁹ Bustamante 1994, 237-238. Ejemplo del uso de la bóveda cilíndrica es la de la Biblioteca, pintada por Pelegrín de Bolonia entre 1586 y 1590-93 (Rincón 2010, 52).

³¹⁰ Su traza es oval, según ha constatado López Mozo (2009, 279-284), que data su construcción.

sus hiladas, una vez dominada su estereotomía, resultan fáciles de adaptar a cualquier condición perimetral³¹¹.

Fig. 456. Bóvedas rebajadas de lunetos apuntados, Claustro Mayor bajo, Monasterio de El Escorial, 1569-1578.

Las condiciones de adaptación de los modelos teóricos de bóvedas de arista a otros considerados como no canónicos, y en particular a casos en los que la planta es rectangular, han sido objeto de estudio por Senent (2016, 493-516), que indica que la solución habitualmente empleada por los tratadistas, es la de rebajar la bóveda de mayor luz hasta igualar la altura de su clave con la menor, con algunas excepciones, como el caso de Fray Laurencio de San Nicolás (1639), que aunque no la dibuja, sin embargo si se refiere a ella en sus textos el francés Derand (1643); y posteriormente, Tosca (1707-15) que explica ambos procedimientos y Frézier (1737-39, 336). Como veremos, también en el manuscrito 12744 de la BNE se hace mención a la posibilidad de aplicar ambos procedimientos³¹².

³¹¹ En relación a las bóvedas baídas, la reciente tesis doctoral de Natividad (2017) ha aportado numerosos y valiosos datos en relación al concepto, disposición y tipologías, y su capacidad de adaptación a condiciones perimetrales diversas. Un ejemplo de este tipo de adaptación aparece estudiado de modo individualizado en relación a la bóveda Baída de la Colegiata de Huéscar (Natividad y García Baño 2013).

³¹² S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744.

Un ejemplo muy interesante, aunque posterior, del empleo de secciones elípticas peraltadas en bóvedas de arista, para la directriz de menor luz, es el recogido por Calvo (2007, 171-173) en relación a las bóvedas peraltadas del Hospital de Marina de Cartagena, obra del ingeniero militar Sebastián Feringán construida entre 1749 y 1762 [Fig. 457], en las que el peralte resuelve simultáneamente la cuestión formal de igualar las claves de ambos arcos, y la cuestión estructural de contrarrestar los empujes³¹³.

Por lo general, los tratadistas incorporan soluciones en las que las curvas producto de la intersección de los cilindros se mantienen en planos verticales, por lo que quedan proyectadas en planta como líneas rectas, siendo Gelabert (1653) el único de ellos que contempla en algunas de las bóvedas que incorpora, la posibilidad del alabeo de la curva intersección, lo que implica que en la planta aparezca curvada (Senent 2016, 501).

Fig. 457. Sebastián Feringán, bóvedas peraltadas con sección elíptica, Hospital de Marina, Cartagena, 1749-1762.

³¹³ Para el Hospital de Marina de Cartagena, antiguo Hospital Real y actualmente Universidad Politécnica de Cartagena, Gómez Vizcaíno y Munuera (2002, 178-182) y Soler ([1993] 1999, 12; 26; 28).

Rincón de claustro perlongado

La bóveda formada por dos cilindros que se intersecan en ángulo recto es denominada por toda la tratadística hispánica del XVI como *rincón de claustro*. En la actualidad, es habitual nombrar estas bóvedas como *acodadas*, habiendo quedado la denominación de *rincón de claustro*, para la intersección de dos cilindros que se cortan, manteniendo la superficie interior a ambos, con aristas en rincón al interior y en esquina al exterior, que corresponde con la que antiguamente se denominaba *esquifada*. Por coherencia con la denominación dada en los tratados objeto de estudio, se ha mantenido la nomenclatura antigua, en las trazas del presente capítulo.

Fig. 458. Rincón de claustro perlongado, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 21r.

El conjunto de bóvedas cilíndricas comienza con la que responde a la intersección de dos cilindros ortogonales entre sí, ocupando una planta rectangular [Fig. 458]. Sorprende que el autor, para comenzar, no seleccionara la pieza base, correspondiente a una planta cuadrada, y comienza con una que, como se ha dicho en el apartado precedente, implica problemas adicionales en cuanto a su planteamiento y solución. En cualquier caso, no puede descartarse que alguno de los dos folios precedentes, arrancados del códice, contuviera la pieza sobre planta cuadrada.

Con esta traza, se regresa al criterio, del que se habían apartado los últimos capitalizados, que se mantendrá para todas las bóvedas cilíndricas, de disponer las trazas en los folios rectos, quedando en blanco los folios vueltos anteriores.

Fig. 459. Rincón de claustro perlongado.

El dibujo, que ocupa centrado la mitad del folio, no está titulado, no posee texto explicativo ni notación y supone una cierta inflexión respecto a las trazas de los capítulos anteriores. Para su realización se ha empleado exclusivamente la línea continua, sin que aparezcan líneas de trazos, presentes en todas las piezas precedentes. Respecto a la tinta,

se ha utilizado únicamente una de color negro. El tipo de trazo y el grafismo de líneas rectas y arcos es coincidente con los dibujos anteriores, por lo que la autoría es la misma.

El modo de representar la pieza, que igualmente se mantendrá para el resto del grupo, también resulta novedoso, motivado por la naturaleza de las bóvedas representadas. Se emplea una proyección múltiple, en la que aparece dibujada la planta, que contiene las líneas del intradós de ambos brazos de la bóveda y la curva intersección de los cilindros, que coincide con la diagonal del rectángulo.

A partir de la planta se dibujan los alzados de los dos arcos directrices, abatidos sobre sus embocaduras. El alzado de la embocadura menor, aparece representado con su rosca y las juntas de testa de las siete dovelas en las que está dividido. Adicionalmente están representados los cuadriláteros correspondientes a los contenedores de cada dovela.

En el alzado del lado mayor del rectángulo está dibujado el arco de embocadura y la mitad derecha de su trasdós con las tiranteces, con la aparente intención de aprovechar su simetría y evitar que se superpongan en el dibujo las líneas de ambos arcos. Además, sobre la diagonal del rectángulo, se dibuja abatida la curva intersección de ambos cilindros y las aristas correspondientes a las intersecciones de sus lechos. En los tres arcos están dibujadas las líneas auxiliares que proyectan sobre la planta los vértices del intradós de cada dovela.

Como se ha comentado en el apartado precedente, el hecho de que la planta sea perlongada obliga a tomar decisiones respecto a las condiciones geométricas de la bóveda. En este caso, el autor opta por la solución tradicional: mantiene la directriz semicircular del lado menor del rectángulo y rebaja el arco del lado mayor, de tal modo que las claves de ambos estén a la misma altura. De ese modo, el arco del lado mayor debería ser una elipse. La intersección de las superficies del intradós de ambos cilindros, el de revolución y el elíptico, será otra elipse que estará contenida en el plano vertical que pasa por la diagonal del rectángulo.

La segunda decisión corresponde al mantenimiento de la continuidad de las juntas del intradós en la arista intersección. Para ello, se divide el arco de medio punto en siete partes iguales, a continuación se trazan las proyecciones de las aristas del intradós correspondientes al primer cilindro, hasta que alcanzan la curva intersección, y a partir de los puntos obtenidos, se trazan las aristas del intradós del cilindro elíptico hasta la línea de la embocadura. Desde ella, mediante perpendiculares, se van trasladando las alturas de

los puntos afines del semicírculo, con lo que se obtienen los puntos de paso del arco elíptico. Esta solución implica que la elipse no queda dividida en partes iguales, pero garantiza la horizontalidad y continuidad de las juntas en el interior de la superficie.

Para obtener la elipse intersección de los cilindros, se procede de modo análogo. Se trazan perpendiculares a su proyección en planta, la diagonal del rectángulo, desde sus intersecciones con las juntas del intradós y sobre cada una de ellas se traslada la altura de la junta, tomada del alzado, lo que permite obtener los seis puntos intermedios de paso de la elipse, que se suman a los arranques, en ambos extremos.

A pesar de obtener en ambos casos los puntos de paso de las elipses, el autor las dibuja una curva a base de arcos de círculo con tres centros, que en el caso de la embocadura, son utilizados también para trazar la rosca concéntrica al intradós [Fig. 460; Fig. 461]. La curva que habitualmente dibujan los autores en los tratados, no es ni óvalo ni elipse, sino un híbrido típicamente canteril. Para su trazado, se llevan las abscisas de los puntos de un semicírculo a una línea oblicua, con lo que se incrementan por un factor constante. A continuación se trazan perpendiculares a la línea oblicua y se llevan a estas perpendiculares las ordenadas de los puntos del semicírculo. Como consecuencia, los puntos transferidos a las perpendiculares sufren una transformación afín, que los convierte en puntos de una elipse. Pero en casos similares, tanto Vandelvira como Aranda proponen unir los puntos con el compás de tres en tres; es decir, la curva resultante es una sucesión de arcos de círculo cuyos puntos de encuentro son puntos de una elipse.

Si en lo relativo al intradós la definición queda completada, no sucede así respecto de las condiciones del trasdós de la bóveda. El arco de medio punto, como se ha indicado, queda dividido en siete partes iguales y sus tiranteces concurren en el centro del arco, por lo que los lechos de las dovelas quedan definidos por el haz de planos radiales.

Para la curva que sustituye al arco elíptico, se dibuja una rosca concéntrica con espesor tal que la clave del trasdós quede a la misma altura que la del semicírculo. Las tiranteces se dibujan concurrentes en el centro del óvalo³¹⁴, por lo que los lechos quedarán determinados, también en este caso, por un haz de planos radiales, que determinan las alturas de los vértices del trasdós del óvalo [Fig. 462].

³¹⁴ Las tiranteces corresponden a las direcciones de las juntas de testa entre dovelas contiguas.

Fig. 460. Trazado de las curvas del arco de embocadura en el rincón de claustro, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Fig. 461. Trazado del óvalo de la arista intersección, en el rincón de claustro, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Figura 462. Perspectiva militar de la bóveda en rincón de claustro obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Con esta disposición radial en ambos cilindros, no queda garantizado que en el caso del trasdós, las juntas de ambos estén en la misma horizontal. De hecho esto sucede únicamente en los arranques y en la clave. Para las dovelas intermedias, las juntas de la curva están a una altura menor que las homólogas del semicírculo. Respecto a la curva intersección sucede otro tanto. Sobre ella se han obtenido las líneas correspondientes a las teóricas intersecciones de los planos de los lechos con el plano vertical que contiene a la intersección, que servirán como saltarreglas para labrar las dovelas de la arista.

Las juntas aparecen dibujadas como radiales, concurrentes en el centro de la bóveda y las longitudes obtenidas se corresponden con la intersección del plano y el cilindro de revolución. Para obtenerlas, basta con trazar las líneas radiales y posteriormente determinar su intersección con paralelas a la diagonal trazadas tomando la altura del trasdós de las dovelas del arco semicircular. Respecto al cilindro mayor, las longitudes serían menores al estar sus juntas de intradós a menor altura.

El modo de dibujar la bóveda manifiesta una cierta preocupación por el trasdós. Si se deseara mantener en él la continuidad de juntas, se podría optar por que las juntas del cilindro elíptico buscaran el punto de intersección con la arista, manteniéndose horizontales, con lo que no serían paralelas al eje del cilindro; o bien mantener el paralelismo, pero perder la horizontalidad para buscar el punto de intersección de la arista y la junta homóloga del otro cilindro, ligeramente más elevado.

Otra vía pasaría por mantener ambas condiciones y asumir la discontinuidad en el trasdós al llegar a la arista, o bien renunciar a que las tiranteces del arco mayor sean radiales, obligando a que las juntas del trasdós de ambos cilindros se corten en la arista, lo que además obligaría a que la rosca tuviera un espesor variable.

Al ser la planta rectangular, si los espesores de ambas roscas son iguales, las diagonales de los rectángulos que definen los perímetros del intradós y el trasdós no son concurrentes en planta, lo que implica que, las dos aristas, producto de la intersección de las superficies interior y exterior de los cilindros, no se encuentren en el mismo plano vertical.

En la práctica, lo habitual es que el trasdós quede relleno y oculto, por lo que en principio, las cuestiones relativas a la continuidad de sus aristas, tienen una importancia relativa, pues en todo caso, las diferencias de altura entre las hiladas de ambos cilindros no son tan importantes que impidan a un cantero con experiencia, conseguir un acuerdo

práctico en el ámbito cercano a la arista, aunque apartado de los ortodoxos modelos teóricos que los tratadistas incorporarían en siglos posteriores.

En cuanto al procedimiento de labra que se propone, en ambos casos, aparecen dibujadas las testas de las dovelas en los alzados, lo que permite obtener directamente sus plantillas. Respecto al intradós, solamente están dibujadas las hiladas, pero no se refleja ningún tipo de despiece, por lo que hay que entender que el autor da por sabida la labra de las dovelas de ambos cilindros, análogas a las de un arco, y plantea el procedimiento aplicado a las dovelas que formarían la arista. En todo caso, aparentemente se propone que en el encuentro, las dovelas de ambos cilindros se labren de forma independiente, disponiendo una junta vertical entre ellas en el plano que contiene a la arista.

Se dan dos situaciones diferentes. Para el cilindro de revolución, se plantea claramente la labra por robos, pues aparecen dibujados en el alzado, los prismas contenedores de cada una de las dovelas. Esta es la primera ocasión en el código en la que aparece este método de labra, que no había sido planteado ni siquiera en los capialzados, piezas habitualmente labradas por este sistema, dado el alabeo de sus caras.

Respecto al cilindro mayor, no están dibujados los contenedores en el alzado, lo que deja dudas acerca de las intenciones respecto a su labra. Este es el único caso de todas las bóvedas en el que no se define la labra de un elemento. Pudiera ser que el autor contemplara una labra por robos, pero omitió el dibujo de los prismas, o bien que pretendiese plantear una labra directa a partir de las plantillas de testa obtenidas del alzado y de las saltarreglas dibujadas sobre la arista intersección, aunque éstas se han determinado en relación al arco semicircular.

La traza contiene algunos errores de dibujo, relativos sobre todo, al trazado de las perpendiculares, además de la circunstancia ya indicada, del dibujo de la cura que representa la elipse, que se aparta de los puntos de paso, especialmente en las zonas bajas. Con el fin de determinar la magnitud de los errores indicados, se ha realizado una superposición del dibujo contenido en el manuscrito, con otro realizado a partir de las proyecciones del modelo tridimensional de la bóveda.

Fig. 463. Superposición del dibujo realizado a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo de la bóveda en rincón de claustro, contenida en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

La tratadística incluye un número significativo de bóvedas en rincón de claustro de planta cuadrada, pero no así las de planta perlongada, de las que se han localizado dos ejemplos, contenidos precisamente en los dos manuscritos que más directamente se relacionan con el código respecto a la línea de conocimiento: el *Libro de trazas* de Vandelvira (c. 1585), y el manuscrito 12744 de la BNE (c. 1600). La solución que ofrecen ambos es muy similar y tiene muchos aspectos en común con la descrita en el código, pero contiene algunas diferencias relevantes, que merece la pena analizar.

El *rincón de claustro desigual*, de Vandelvira (c.1585, f.24v.), contempla el mismo punto de partida que el código, con una directriz semicircular en el cilindro del lado menor del rectángulo y una semielipse rebajada en el lado mayor, que iguala la altura de su clave al semicírculo. El sistema de representación es el mismo del código, con los alzados de los arcos abatidos sobre sus embocaduras en planta, y con la arista intersección abatida sobre la diagonal; y el sistema de obtención de los puntos de paso de las elipses es también el mismo, trasladando las alturas desde el alzado del semicírculo al resto de abatimientos, en sus puntos homólogos. Igualmente es coincidente la división de las piezas en siete dovelas³¹⁵.

Sin embargo, Vandelvira, como es habitual en él, trata de aumentar la precisión en el dibujo del arco elíptico, para lo que determina adicionalmente a los vértices, las alturas correspondientes a cada elipse, de los puntos medios de todas las dovelas, tanto en el intradós como en el trasdós de las testas [Fig. 464].

Fig. 464. Alonso de Vandelvira, *rincón de claustro desigual*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 24v.

Fig. 465. Rincón de claustro perlongado, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 37v.

La segunda cuestión a destacar es la relativa a la continuidad de juntas en las aristas. La establece en el intradós, al hacer coincidir las alturas de los vértices de cada dovela, lo que implica que en el arco elíptico se obtengan particiones desiguales, pero garantiza la horizontalidad y continuidad de las juntas. Vandelvira, consciente de que si las

³¹⁵ El dibujo equivalente incluido en la copia del manuscrito obrante en la BNE, realizada por Goiti, (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 33v), contiene, además de algunas líneas tachadas, errores relevantes de dibujo, pues a pesar de trasladar las alturas del trasdós a la elipse, fuerza el dibujo, para que las tirantes sean concurrentes en el centro, lo que no es posible si se igualan las alturas de ambos arcos.

juntas de testa son radiales, los extremos de las juntas del trasdós de las dos embocaduras no estarán a la misma altura, realiza la operación inversa al código.

En lugar de fijar previamente las tiranteces, lo que hace es obtener previamente la intersección de las aristas del trasdós del cilindro de revolución con el plano vertical que pasa por la diagonal de la planta, y a continuación forzar que las alturas de los vértices en el trasdós de la elipse sean iguales a las de sus puntos homólogos del semicírculo.

A continuación, dibuja las tiranteces, uniendo para cada dovela la pareja de puntos obtenidos. Las tiranteces así obtenidas no son concurrentes, y las roscas de los arcos de embocadura coinciden en anchura únicamente en la clave, pues en el caso de la embocadura elíptica, se van ensanchando hasta llegar en el arranque a superar a las del semicírculo, en la proporción equivalente a la relación entre los lados del rectángulo. De este modo queda garantizada la horizontalidad y continuidad de las juntas del trasdós en la arista, lo que facilitará la labra de las dovelas.

Respecto a la labra, también se aprecian diferencias, pues además de dibujar en los alzados de ambos arcos, los rectángulos envolventes, para realizar los robos, en la planta, están dibujados los polígonos que delimitarían las dovelas en el ámbito de la arista, que son comunes a ambos cilindros.

Con esta solución se consigue una mejor traba entre los cilindros, evitando una junta vertical continua. Las dovelas que contienen la arista se labrarían, partiendo del prisma contenedor, a partir de las plantillas de sus testas, avanzando en las dos direcciones ortogonales hasta el encuentro en la arista³¹⁶.

La traza del manuscrito 12744 de la BNE es igual a la de Vandelvira, con las particularidades de despiezar en cinco dovelas y de dibujar los rectángulos contenedores para los robos únicamente en la mitad de las dovelas del arco elíptico, omitiéndolas en el semicircular [Fig. 465]. Además, se manifiesta una menor pericia en el empleo de los recursos para dibujar las elipses, que muestran puntos angulosos en los encuentros de los diferentes trazos³¹⁷.

Quizá el aspecto más significativo de esta traza es el texto que la acompaña, en el que se hace referencia a la posibilidad de que el arco semicircular sea el del lado mayor, mientras que el del lado menor se peralte para igualar las alturas de ambos: [...] *el de la otra parte de la hoja es también rincón de claustro sino que es el un arco más ancho que el*

³¹⁶ En relación a la labra de las dovelas en el encuentro de ambos cilindros, ver Palacios ([1990] 2003, 94).

³¹⁷ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 37v.

*otro y así ay necesidad de abaxar el mayor conforme al menor o subir el menor conforme al mayor para que estén a un nivel*³¹⁸.

Martínez de Aranda (c. 1600, f. 88) incorpora entre sus arcos uno denominado *arco en rincón de claustría en bóvedas desiguales* [Fig. 466], que aunque no se corresponde con una bóveda propiamente dicha, sino que se trata, como indica Calvo (2000, 2: 215), de un arco que refuerza el encuentro entre bóvedas por su cara inferior, plantea un problema similar, resolviéndolo mediante una elipse peraltada en la bóveda más estrecha.

Si la presencia del rincón de claustro perlongado es escasa en la tratadística, no ocurre lo mismo con el de planta cuadrada, incorporada por la mayoría de los autores con soluciones en general bastante homogéneas. Aparece citado, aunque no dibujado, por De L'Orme (1567, 127) el *arc de clostre*, en relación a la monte de una escalera cuadrada.

Los tres manuscritos mencionados anteriormente en relación a sus bóvedas perlongadas, incluyen las de planta cuadrada, con soluciones análogas a la perlongada, por lo que es de aplicación lo dicho anteriormente. Se trata del *rincón de claustro*, de Vandelvira (c. 1585, f. 24r) [Fig. 468], del *rincón de claustro* contenido en el manuscrito 12744 de la BNE [Fig. 469], y del *arco en rincón de claustría* de Martínez de Aranda (c. 1600, f. 86) [Fig. 467], que al igual que en el caso anterior, es un arco diferenciado de la bóveda³¹⁹.

En la misma línea del código, considerando la arista como plano de juntas, Portor y Castro (1708, f. 53r.) incluye la *bóveda en cañón arco en una planta en ángulos rectos* [Fig. 470], en la que plantea en el alzado abatido los rectángulos para los robos y obtiene la arista de intersección, abatida sobre la diagonal, trasladando las alturas desde el alzado.

Gelabert (1653, f. 61r), como es habitual, ofrece en el *girant de claustro* una alternativa diferente, al emplear como directriz un arco escarzano muy rebajado [Fig. 471]. Coincide con Vandelvira en disponer en la arista dovelas comunes a ambos cilindros que garantizan la traba, y para la labra emplea el método de robos, complementado con la obtención de una plantilla especial que permite acometer la labra de las piezas de la arista por el procedimiento directo³²⁰.

³¹⁸ Ibid. f. 37r.

³¹⁹ En el caso de la bóveda incluida por Vandelvira, la copia obrante en la BNE (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 33r) no contiene diferencias significativas con la de la ETSAM. Para la labra de las piezas ver Palacios ([1990] 2003, 94).

La del manuscrito 12744 de la BNE (f. 37r.) presenta la particularidad respecto de la perlongada, de obtener exclusivamente la mitad del arco intersección de los cilindros, en base a su situación de simetría.

Para la traza de Martínez de Aranda, ver Calvo (2000, 2: 209-213).

³²⁰ El modo en el que se obtienen las plantillas, que se pliegan en la arista para adaptarse a ambas caras, está explicado por Rabasa (2011, 138; 160-161).

Fig. 466. Ginés Martínez de Aranda, *arco en rincón de claustria en bóvedas desiguales*, Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f. 88.

Fig. 467. Ginés Martínez de Aranda, *arco en rincón de claustria*, Cerramientos y trazas de monte, c. 1600, f. 86.

Fig. 468. Alonso de Vandelvira, *rincón de claustro*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 24r.

Fig. 469. *Rincón de claustro*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 37v.

Fig. 470. Juan de Portor y Castro, *bóveda en cañon arco en una planta en ángulos rectos*, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 53r.

Fig. 471. Joseph Gelabert, *girant de claustro*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 60v.

Aunque posterior al conjunto de tratados analizados, resulta interesante mencionar aquí la propuesta de Frézier (1737-39, 336) para el rincón de claustro, para la que realiza un dibujo en el que se aprecia con claridad la solución de peraltado del arco del lado menor y la continuidad de las juntas en el intradós de los cilindros [Fig. 472].

Fig. 472. Amédée Frézier, *voûte d'arête*, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres....*, 1737-39.

Rincón de claustro esviado

El código contiene una segunda bóveda correspondiente a un rincón de claustro, en la que se incorporan nuevos condicionantes que hacen más compleja la pieza respecto de la anterior. Además de mantener diferentes luces para los dos cilindros, sus ejes no son ortogonales, se cortan según un ángulo obtuso, y además la embocadura del cilindro mayor tampoco es ortogonal a su eje, presentando una situación de esviaje.

El dibujo ocupa la totalidad del f. 22r., dándose la circunstancia de que en la parte inferior, algunas de las líneas quedan incompletas al no ser suficiente la superficie del papel para dibujar la longitud necesaria, y a diferencia del anterior, incorpora nuevamente el signo de encabezamiento y el título: *Rincón de claustro en biaje*, que aparece en la zona central, probablemente debido a que se añadió una vez finalizado el dibujo y en la parte superior no quedaba espacio suficiente para escribirlo [Fig. 474].

Además de la incorporación del título, se observan otras dos características presentes en esta pieza que no se repiten en ninguna de las otras bóvedas cilíndricas, el uso de las líneas de trazos y de la tinta de color rojo.

Fig. 473. Rincón de claustro esviado.

Fig. 474. *Rincón de claustro en biaje*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 22r.

Es la única de las bóvedas que aparece titulada. El grafismo y la caligrafía del texto son coincidentes con los contenidos en folios precedentes. El folio precedente queda en blanco.

Respecto de los tipos de línea, todas son continuas, excepto la correspondiente a la planta de la arista intersección de los cilindros, y las auxiliares que definen sobre ella las alturas de los vértices, que están dibujadas con línea de trazos. La tinta empleada con carácter general es de color negro, aunque en algunas de las líneas la tinta ha quedado aguada y se manifiestan en un tono sepia, pero de nuevo se utiliza el recurso, ya presente en trazas precedentes de algunos arcos y capialzados, en los que las plantillas están obtenidas y dibujadas directamente sobre la planta, de usar la tinta de color rojo en las líneas de las plantillas para diferenciarlas del resto.

Otro recurso de dibujo ya empleado con anterioridad, que aparece nuevamente en esta traza es la utilización de pequeños círculos, realizados a mano, para señalar los vértices de las líneas que definen las saltarreglas.

De modo análogo a la traza anterior, se emplea la proyección múltiple. Inicialmente se dibuja la planta, en la que están representadas las juntas del intradós, la proyección de la arista intersección entre los cilindros, y las líneas de los paramentos.

A partir de cada una de las embocaduras, abatidos sobre ellas, se representan los alzados de los arcos directrices, dibujados con sus roscas y tiranteces, y las líneas auxiliares que proyectan sobre la planta las alturas de los vértices y, en el caso del semicircular, los rectángulos contenedores de cada dovela.

Sobre la proyección de la arista intersección de los cilindros, también se dibuja abatido su alzado y las auxiliares empleadas para determinar las alturas de los puntos. Finalmente, sobre la planta están dibujadas las líneas de las plantillas obtenidas.

Para resolver los problemas planteados por la diferencia de luces, el autor opta por la misma solución de intradós que en el rincón de claustro perlongado. Mantiene la directriz semicircular en el cilindro menor, cuyo eje es además es ortogonal al muro, y decide rebajar el arco directriz del cilindro mayor para igualar su clave al semicircular. Su directriz se debería corresponder con una elipse rebajada, y dado que su eje es oblicuo respecto del muro, la embocadura será el resultado de la intersección del cilindro elíptico por un plano vertical oblicuo a su eje, que se materializará en otra elipse, aún más rebajada que la directriz.

Se plantea igualmente la continuidad y horizontalidad de las juntas del intradós, de tal modo que, al igual que en la bóveda precedente, se emplean las alturas de los vértices en la embocadura semicircular, en cada una de las siete dovelas, para determinar los puntos de paso de las elipses en la arista intersección y en la embocadura mayor, trasladándolas sobre los alzados abatidos, con perpendiculares a partir de la continuidad de las juntas de la planta. De nuevo se antepone la horizontalidad y continuidad de juntas a la igualdad de la división en partes de la testa elíptica [Fig. 476].

El autor pone de manifiesto nuevamente las dificultades que le plantea el trazado de elipses y a pesar de haber obtenido los ocho puntos de paso de la semielipse con cierta precisión, dibuja de nuevo una curva con tres arcos de círculo para la embocadura, mientras que en el caso de la arista intersección entre ambos cilindros, en el que el rebaje de la elipse es relativamente pequeño, la sustituye directamente por un arco de círculo.

Sin embargo, las condiciones del trasdós de la bóveda se contemplan de un modo bien diferente a como se había hecho en la bóveda perlongada. Respecto del cilindro de revolución, se mantienen los lechos como planos radiales, pero no así en el cilindro elíptico. Quizá consciente de la situación de discontinuidad presente en la traza previa, el autor decide plantear igualmente la horizontalidad y continuidad de las juntas del trasdós, pero comete errores al realizar la construcción gráfica.

Intenta trasladar a la embocadura elíptica las alturas del trasdós, correspondientes al vértice de la tirantez de cada dovela en el alzado semicircular, pero en lugar de emplear la misma construcción de los vértices del intradós, esto es, proyectando los vértices sobre la planta, determinando su posición homóloga en la embocadura contraria mediante paralelas a los ejes de los cilindros, y levantando su altura en el alzado, utiliza un recurso diferente y erróneo [Fig. 475].

Para ello, toma del alzado semicircular la separación de las proyecciones sobre la planta de los vértices de las juntas de testa de las dovelas "a"; "b"; "c" y "d", y las traslada directamente al alzado opuesto. En el caso de que los ejes de los cilindros formaran un ángulo de noventa grados, esta operación sería correcta, pero no ocurre igual si el ángulo es diferente.

Figura 475. Obtención de alturas en las embocaduras e hipótesis de intersecciones de superficies de trasdós en el *rincon de claustro en biaje* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Figura 476. Perspectiva militar de la bóveda en rincón de claustro esviada, obtenida a partir del modelo tridimensional del *rincón de claustro en biaje* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Una vez obtenidos los dos extremos de la junta de testa de cada dovela, los une con líneas que determinan las tiranteces del arco elíptico y que en este caso no son concurrentes en el centro del arco. La construcción se aproxima a la descrita previamente para el *rincón de claustro desigual* de Vandelvira (c. 1585, f. 24r.) [Fig. 464], presente también en el manuscrito 12744 de la BNE [Fig. 465], pero el error cometido implica que las superficies del trasdós de ambos cilindros, así obtenidos, se intersectarían en un plano vertical distinto al diagonal en el que se cortan las de intradós, como puede apreciarse en el dibujo realizado con la construcción dibujada en el manuscrito [Fig. 475].

El modo de plantear la labra presenta notables diferencias respecto al rincón de claustro perlongado. No se dibuja ningún despiece intermedio de dovelas, ni se plantea una situación singular para el ámbito de la arista intersección, por lo que aparentemente el autor propone la labra de cada uno de los cilindros de modo independiente, con junta vertical en la arista.

Respecto al cilindro semicircular no hay cambios, pues se plantea la labra por robos a partir de los rectángulos contenedores dibujados en el alzado, usando las plantillas en verdadera magnitud tomada directamente de él. El cambio sustancial se produce en la bóveda elíptica, en la que el esviaje lleva al autor a plantear un sistema puro de plantas. Si se contempla la bóveda de modo independiente en cada uno de los dos cilindros, el elíptico, en realidad presenta las mismas características que un arco esviado en sus testas, por lo que el autor decide aplicar el procedimiento que ya había planteado para una pieza similar, *el arco que llaman de talus*, ya estudiado en un capítulo previo.

Sin embargo, el modo en el que se obtienen las plantillas en este caso, refleja un progreso respecto de la pericia en el empleo de los recursos gráficos por parte del autor, y en particular, del dominio de los abatimientos directos. Si en el *arco que llaman de talus*, se habían empleado por primera vez, sin seguridad plena, apoyados por la triangulación y en el capialzado en torre cavada se emplearon en el caso de la plantilla de la clave, ahora se utilizan de forma generalizada para todas las plantillas obtenidas.

Al tratarse de una superficie cilíndrica, las aristas que determinan el intradós de cada hilada son paralelas y además horizontales, por lo que la plantilla formada por sus cuatro vértices es plana. El caso de los lechos es análogo, pues se trata de planos con dos de sus aristas paralelas y horizontales.

Para determinar las plantillas de las plantas, basta con realizar un abatimiento sobre la horizontal, del plano formado por sus cuatro vértices, tomando como charnela la arista

inferior del intradós de cada uno de ellos [Fig. 477]. Particularizando para las plantillas de la primera hilada de la derecha, cuya proyección en planta es "ADRS", la charnela sería el arranque "RS". Para determinar la posición, tras el abatimiento, del punto "A", se traza una perpendicular a la charnela "RS" desde "A", se toma su longitud en verdadera magnitud del alzado, en la cuerda de la dovela "m" y trazando un arco con radio "m" desde el vértice "R", su intersección con la perpendicular trazada a la charnela, proporcionará la nueva posición de "A" en "A'".

La posición del cuarto vértice "D" se determina por el mismo procedimiento, trazando desde "S" una perpendicular a la charnela "RS", tomando la longitud "p" de la cuerda, en este caso en el alzado de la arista intersección de los cilindros, y trazando un círculo de radio "p" y centro en "S", que cortará a la perpendicular trazada previamente, en el punto buscado "D' ". Otra opción, dado que las dos aristas son paralelas, sería buscar la posición de "D' ", trazando desde el tercer vértice "A' " una paralela a la charnela y buscando su intersección con la perpendicular a ella desde "S", pero el autor opta por la primera opción descrita.

De modo análogo se procede con el resto de las plantillas de las hiladas laterales. La plantilla de la clave no es necesario obtenerla, puesto que sus dos aristas son horizontales y están al mismo nivel, por lo que directamente se muestra en la planta en la verdadera magnitud.

En lo referente a las saltarreglas, el autor se limita a hallar las correspondientes a la embocadura en el arco elíptico, para lo que realiza la misma operación de abatir, en este caso, los planos de los lechos de las hiladas, tomando como charnela su arista inferior. Para la tercera hilada de la izquierda, situada junto a la clave, como ejemplo, se toma como charnela la arista inferior que pasa por "T" y para determinar la posición tras el abatimiento del punto "G" se traza desde "T" la perpendicular a la charnela, se toma la longitud "s" de la tirantez de la junta, en el alzado, y se traza con centro en "T" el arco de radio "s" que se corta con la perpendicular en el punto buscado "G' ". El ángulo entre las rectas "TW" y "GT" proporciona la saltarregla buscada, procediendo de igual forma para el resto.

La superposición de las plantillas obtenidas a partir del modelo tridimensional realizado con una bóveda de las mismas características, con la bóveda dibujada en el códice, muestra, una vez más, un importante nivel de precisión, superior incluso al de trazas anteriores, debido al empleo de los abatimientos [Fig. 478].

Figura 477. Obtención de plantillas a partir de las proyecciones del modelo tridimensional según el procedimiento empleado en el *rincon de claustro en biaje* contenido en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Fig. 478. Superposición del dibujo realizado a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del *rincón de claustro en biaje*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Los errores cometidos debidos al método empleado para trazar las curvas híbridas que sustituyen a las elipses no tienen, como puede apreciarse, una incidencia práctica, debido a que las diferencias entre ambos pueden considerarse irrelevantes a los efectos de determinar las plantillas. Se aprecia un error significativo en una de las saltarreglas, concretamente en la de la segunda dovela de la izquierda, que obedece a un error de dibujo al trazar la línea roja con tinta, pues las marcas ciegas incisas sobre el folio indican que el punto estaba obtenido correctamente.

Con el rincón de claustro esviado, se pone de manifiesto nuevamente una circunstancia que ya ha sido apuntada en piezas precedentes, la singularidad de algunas de las trazas incluidas en el código respecto a los contenidos del resto de la tratadística de cantería contemporánea. En este caso concreto, ninguno de los otros autores incorpora una bóveda similar.

Martínez de Aranda (c. 1600, f. 91), en su repertorio de arcos, incluye el que denomina *arco en rincón de claustría de lados y ángulos desiguales*, que en un principio

podiera estar relacionado con este tipo de bóveda, y cuyo planteamiento incluye una embocadura semicircular y la otra elíptica peraltada [Fig. 479], pero Calvo (2000, 2: 221) aclara que se trata de un arco que se desvincula de las bóvedas.

Cierta relación podría establecerse con la bóveda en un *ángulo de claustro o rincón con una subida a una escalera*, de Portor y Castro (1708, f. 93v.), que plantea una bóveda de cañón seccionada por un plano vertical oblicuo a su eje, aunque el dibujo no deja claro si se trata de un segundo cilindro elíptico rebajado, o simplemente es la mitad de un rincón de claustro ortogonal [Fig. 480]. Lo mismo podría decirse del arco esviado en testa de Hernán Ruiz (c 1550, f. 47v.), ya estudiado en un capítulo previo, que plantea el mismo problema, aunque ambos están más relacionados con la resolución de arcos que con bóvedas propiamente dichas [Fig. 481]. Posteriormente, ya avanzado el s. XVIII, Frézier (1737-39, 3: 45), expone un problema equivalente, resolviéndolo de forma inversa, mediante el peralte del cilindro menor, en una solución en la que las directrices de cada cilindro se plantean paralelas al eje del otro pero oblicuas a sus embocaduras [Fig. 482].

Un ejemplo de este tipo de bóveda es el existente en el pasillo de acceso a la sacristía de la iglesia de Santiago en Jumilla [Fig. 483], en el que se realiza un despiece en siete hiladas, con una solución de arista en la que se alternan las dovelas comunes a ambos cilindros con aquellas en las que la propia arista constituye junta³²¹.

Fig. 479. Ginés Martínez de Aranda, *arco en rincón de claustro de lados y ángulos desiguales y plantas al justo*, Cerramientos y trazas de montea, c. 1600, f.91.

Fig. 480. Juan de Portor y Castro, *bóveda en un ángulo de claustro o rincón con una subida a una escalera*, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 93v.

³²¹ Para la iglesia de Santiago, González Simancas (1905-1907, 529-539); Gutiérrez-Cortines (1987, 237-250); Antolí (2000); De la Hoz, Cañadas y De la Hoz (2006); Alonso Rodríguez, Calvo y Martínez (2008); Delicado (2009b, 117).

Fig. 481. Hernán Ruiz el Joven, arco esviado por testa, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 47v.

Fig. 482. Amédée Frézier, bóveda en rincón de claustro esviado, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres....*, 1737-39, 3: 45.

Fig. 483. Rincón de claustro esviado, iglesia de Santiago, Jumilla, 2º cuarto s. XVI.

Bóveda de arista perlongada

Tras los rincones de claustro, se incluyen un conjunto de bóvedas, generadas por la intersección de cilindros, de tal modo que sus aristas se manifiesten como esquinas en el interior del espacio cubierto y como rincones en el trasdós. Al igual que en el grupo precedente, el autor no comienza con la pieza más elemental, que sería la correspondiente a una planta cuadrada, sino que plantea de inicio una planta rectangular, con las dificultades que, como hemos visto, ello implica.

Fig. 484. Bóveda de arista perlongada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 23r.

El dibujo de la bóveda, en el que de nuevo se vuelve a omitir el título, que no volverá a aparecer en ninguna de las trazas siguientes, ocupa la parte central del f. 23r., dejando zonas libres en las partes superior e inferior. Se repite la situación de quedar en blanco el folio precedente. Para todas las líneas se ha empleado el trazo continuo, con tinta de color negro, y el grafismo es coincidente con el de las trazas precedentes, lo que indica la unidad de autoría. Para representar los extremos de las líneas de las saltarreglas se emplean nuevamente los puntos realizados con trazo a mano mediante pequeños círculos.

Se mantiene el sistema de representación, con el empleo de la múltiple proyección, en la que sobre la planta, que contiene las líneas perimetrales, las de intradós y la proyección de las aristas intersección, aparecen dibujados los alzados abatidos de dos de los arcos de las embocaduras: la superior y la izquierda; siendo innecesarios los otros dos, debido a la doble simetría [Fig. 484].

Fig. 485. Bóveda de arista perlongada.

En los alzados están representados los arcos directrices con sus roscas y tiranteces, las líneas auxiliares que proyectan a la planta los *plomos* y *trasplomos*, y los rectángulos envolventes de las dovelas. Se completa el trazado con el abatimiento, sobre la diagonal, de una de las curvas intersección de los cilindros, que será igual a la otra, no dibujada, por efecto de la simetría.

Con el fin de evitar que se solapen las líneas correspondientes a los alzados de ambos arcos, el que representa al arco semicircular aparece desplazado de su línea de embocadura en planta una distancia equivalente a su rosca, recurso que aparece en esta traza por primera vez. Las líneas auxiliares que trasladan a la planta las alturas de los vértices de las particiones del arco, quedan también interrumpidas entre el arranque del arco y la línea de embocadura en planta.

Nuevamente se parte de la misma situación que en las bóvedas anteriores, con desigualdad entre las longitudes de ambos lados, y se resuelve la bóveda de modo equivalente. Se dispone una directriz de medio punto en el lado menor, mientras que en el lado mayor se rebaja el arco hasta igualar las claves de ambos, disponiendo como directriz lo que debería ser un arco semielíptico.

Los ejes de ambos cilindros se cortan ortogonalmente y están a la misma altura, por lo que la intersección de ambas superficies se materializa en dos aristas, que serán igualmente elípticas, situadas en sendos planos verticales que pasan por los vértices de la bóveda y por el punto medio, situado en la clave, común a ambos cilindros. La proyección de las aristas intersección de los cilindros en planta, será coincidente con las diagonales del rectángulo que delimita la bóveda.

El tratamiento del intradós obedece a los mismos criterios empleados en los rincones de claustro: se divide el arco semicircular en siete dovelas iguales; se trasladan a la planta las proyecciones de las divisiones, calculando sus puntos homólogos en la diagonal; a partir de ella, en el lado mayor, se trazan perpendiculares a ambas líneas, diagonal y lado, desde cada punto de la división; y sobre ellas se trasladan sus alturas, obtenidas en el alzado del arco semicircular.

De este modo, las juntas del intradós de la bóveda serán horizontales y presentarán continuidad, encontrándose en vértices sobre las aristas intersección de los cilindros, pero el arco rebajado no quedará dividido en partes iguales [Fig. 486]. Los arcos rebajados no se dibujan como elipses, sino que se sustituyen por medios óvalos, como es habitual en el código.

Figura 486. Perspectiva militar de la bóveda de arista perlongada, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Para las superficies del trasdós se pretende mantener también la continuidad y horizontalidad de juntas, pero de nuevo se comenten errores similares a los comentados en el rincón de claustro esviado.

En este caso, se dibujan los arranques de las roscas de la misma dimensión en ambos arcos, lo que supone que los rectángulos que delimitan los perímetros del intradós y trasdós no son homotéticos. Sus diagonales, por tanto, no son concurrentes, y los arcos de intersección de los cilindros en el intradós y el trasdós no estarán en un mismo plano vertical.

Además, el modo de trasladar los puntos de los vértices de las tiranteces del arco rebajado, obedece al mismo procedimiento erróneo de la traza precedente, pues no se obtienen trasladando desde el semicircular sus proyecciones mediante líneas auxiliares paralelas a los ejes de los cilindros, sino tomando la proyección en planta de cada tirantez y colocando en la embocadura mayor la misma magnitud [Fig. 487].

En cualquier caso, estos errores de concepto no tienen una incidencia relevante a los efectos prácticos, pues la diferencia respecto al procedimiento que proporcionaría la situación real de los puntos implicaría una discontinuidad del trasdós de ambos cilindros al llegar a las aristas, pero por lo general, el intradós quedará oculto y a su labra no se le presta, por lo general, la misma atención que a las superficies del intradós.

La disposición de los lechos corresponderá con un haz radial de planos en el caso del cilindro de revolución, mientras que en el caso del cilindro mayor, los planos no comparten una horizontal común, al estar definidos por las generatrices del cilindro y por la tirantez, obtenida uniendo los vértices determinados mediante el traslado de las alturas.

Para esta bóveda, desaparecen las referencias a la labra por plantas, quedando claramente definido el procedimiento por robos, mediante el dibujo de ambos alzados, que proporciona las plantillas de las testas de todas las dovelas, y de los rectángulos correspondientes a los prismas envolventes de las dovelas, a partir de los que se iniciaran los robos [Fig. 488].

Se completa la traza con la obtención de la proyección, sobre el abatimiento de la arista, de las direcciones de los lechos en el encuentro de ambos cilindros, en las tres primeras hiladas, obtenidos trazando perpendiculares desde su proyección en la planta, sobre la diagonal, y trasladando sobre ellas, las alturas, tomadas del arco semicircular.

Figura 487. Hipótesis de intersecciones de superficies de trasdós en la bóveda de arista perlongada contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Figura 488. Obtención de alturas de los vértices del intradós y trasdós según el procedimiento empleado en la bóveda de arista perlongada contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Debido al error comentado, la posición de los vértices del trasdós en las aristas sobre la diagonal, será diferente según se determine desde las tiranteces del arco semicircular o del rebajado, pero el autor, tomó las del arco semicircular, por lo que se plantea una incógnita respecto al motivo de no haber empleado, a pesar de trazarlos, estos mismos puntos para hallar la rosca de la elipse, con lo que hubiera mejorado la precisión del dibujo.

En cualquier caso, los ángulos obtenidos son solamente una aproximación, pues como se ha indicado, las juntas no están en el mismo plano vertical que la arista, lo que requeriría un doble abatimiento para su determinación, no realizado por el autor, que las supone incluidas en dicho plano. La superposición de las juntas obtenidas a partir del modelo tridimensional realizado, en el que se ha realizado el doble abatimiento para materializarlas en verdadera magnitud en el plano horizontal, sobre las líneas dibujadas en el código muestra la desviación mencionada [Fig. 489].

Frente a los rincones de claustro, en los que no se hacían referencias a despieces y aparentemente se planteaban labras independientes para ambos cilindros, con juntas en la arista, en este caso se define en la planta de un modo claro la clave de la bóveda, que es una pieza única, común a ambos cilindros. Sus cuatro testas se separan ligeramente de las aristas intersección, para proporcionar una mejor traba a ambos cilindros, y su dibujo en planta coincide con el paralelepípedo que tendría por lados los rectángulos envolventes de las hiladas superiores ambos cilindros, lo que indica que las juntas en conexión con las dovelas adyacentes están en planos verticales.

Ya en el manuscrito de Hernán Ruiz (c. 1150, f. 45v.) encontramos una pieza similar, a la que el autor se refiere como *trasferente para meter y artesonar una capilla por arista perlongada*, que Navascues ([1974] 1998, 42), ha identificado con el trazado y la decoración de las bóvedas de la sacristía del Hospital de la Sangre de Sevilla³²².

La solución que propone plantea, al igual que la del código, como directrices de los cilindros, un arco de medio punto en el lado menor y un arco elíptico rebajado en el lado mayor. Presenta la particularidad de forzar el arco rebajado para que exista continuidad en las juntas del trasdós, pero no así del intradós, probablemente por considerar más necesaria dicha continuidad en el plano más profundo del artesonado [Fig. 490].

³²² Para el Hospital de la Sangre, ver: Ceán (1884); Chueca (1989).

Fig. 489. Superposición del dibujo realizado a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo de la bóveda de arista prolongada, contenida en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

Un segundo ejemplo en la misma línea, es la *capilla por arista en paralelogramo*, de Portor y Castro (1708, f. 55r.), en el que también rebaja el arco del lado mayor para igualar las claves, pero coloca el centro a un nivel inferior a los arranques, con lo que evita las tangencias en las impostas, que quedan exclusivamente en el arco semicircular. Al mantener la continuidad de las juntas, las divisiones centrales del arco mayor, obligadas por las cinco partes en las que se divide el menor, resultan significativamente mayores que las extremas [Fig. 491].

Fig. 490. Hernán Ruiz el Joven, *capilla por arista perlongada*, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 45v.

Fig. 491. Juan de Portor y Castro, *capilla por arista en paralelogramo*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 55r.

Fig. 492. François Derand, *voûte d'arêtes barlongue, par équarrissement*, *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 331.

Fig. 493. Mathurin Jousse, *voûte d'arête barlongue, avec ses panneaux*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 158.

La solución que plantea Derand (1643, 331) en la *voûte d'arêtes barlongue, par équarrissement*, es la contraria a los anteriormente expuestos: dispone como embocadura un arco de medio punto en el lado largo del rectángulo, y una elipse peraltada en el lado

corto, que iguala la altura de su clave el semicírculo. Mantiene la continuidad y horizontalidad de las juntas de intradós, dividiendo el semicírculo en nueve partes iguales y trasladando las alturas de cada división a las elipses de intersección y embocadura, por el procedimiento de trazar perpendiculares a sus proyecciones sobre la planta [Fig. 492].

La labra se plantea por el procedimiento de *équarrissement*, o *robos*, aunque en sus dibujos no aporta información del trasdós ni de las testas, por lo que tampoco se definen las tiranteces en la embocadura elíptica.

El otro autor francés que incorpora una bóveda de arista rectangular, Jousse (1642, 158) en la *voute d'arête berlongue, avec ses panneaux*, presenta un planteamiento de mayor interés. Se parte de una disposición inicial equivalente a la del códice, con un arco semicircular en la embocadura menor y una elipse rebajada en la mayor, y se mantienen horizontales y continuas las juntas del intradós [Fig. 493].

La novedad de la traza está en el la propuesta de labra de las dovelas, para las que, frente al habitual método de robos, Jousse propone una alternativa, que ha sido descrita con detalle por Pérez de los Ríos y García Alías (2009). En lugar de partir de los patrones de las testas y de las proyecciones horizontales, se buscan los ángulos que forman las caras del intradós en la arista, para los que el autor obtiene unas ingeniosas plantillas que plegadas proporcionan el ángulo sólido buscado. El método presenta frente al de robos, las ventajas de precisar menos material, requerir para el comienzo de la labra solo una cara lisa y mayor velocidad.

Con planteamientos diferentes, Gelabert incluye cuatro soluciones de bóvedas de arista con planta perlongada. Las investigaciones realizadas en los últimos años en relación a su manuscrito por Rabasa (2007; 2011); Senent y Pérez de los Ríos (2013); Senent (2016), han aportado el conocimiento en profundidad de los planteamientos con los que el mallorquín aborda este tipo de bóvedas.

Todas ellas tienen en común que las directrices empleadas para los cilindros son arcos muy rebajados, que quedan igualados en altura en sus claves, y también comparten el método de labra, con el uso de baibeles y la obtención de unas plantillas especiales para acometer las dovelas de la arista, capaces de plegarse, una vez labrada la primera de las superficies, sobre la segunda, facilitando la labra. Rabasa (2011, 138), relaciona las plantillas de Gelabert con las que unos años antes había publicado Jousse, aunque en sus

textos, ninguno de los dos explica claramente su uso, doblándolas para obtener el ángulo entre las superficies del intradós en la arista³²³.

La primera de las bóvedas es la que más relación tiene con la solución contenida en el código, pues las aristas se mantienen en los planos verticales que contienen las diagonales del rectángulo base. El arco mayor se divide en partes iguales y el arco menor es un arco de círculo que pasa por los arranques y tiene su clave a la misma altura que el mayor [Fig. 494]. Las directrices son arcos de círculo de distinto radio con sus centros a distinta altura³²⁴.

En la segunda, el arco menor es un arco de circunferencia cuya clave iguala la altura del mayor, las hiladas del cilindro menor no son horizontales, por lo que en realidad se plantea un cilindroide cuyas generatrices están contenidas en planos verticales paralelos y pasan por la embocadura y por la arista, que es alabeada [Fig. 495]. Es Gelabert, el único tratadista que contempla tal situación³²⁵.

La tercera bóveda, tiene el arco mayor dividido en partes iguales, mientras que el menor se traza por puntos, buscando igualar sus alturas con el mayor [Fig. 496]. La arista es en este caso también una curva alabeada, cuya proyección no es concurrente con la diagonal. Se trata de dos porciones de cilindros de revolución de diferentes radios cuyos ejes están situados a diferentes alturas. La cuarta es similar a ella [Fig. 497], pero presenta arcos carpaneles bastante rebajados como directrices de los cilindros³²⁶.

Más numerosas que las perlongadas son las bóvedas de arista de planta cuadrada contenidas en el conjunto de tratados y manuscritos estudiados, aunque, como se ha puesto de manifiesto, son de resolución inmediata y no plantean los problemas ni la necesidad de tomar decisiones adicionales presentes en las perlongadas. Todas ellas, salvo

³²³ Con posterioridad, en los tratados del siglo XIX se incorporaron procedimientos similares de labra por talla directa mediante plantillas y baibeles, con el fin de ahorrar piedra y trabajo de labra, como indica Rabasa (2011, 138), que se hace eco igualmente de la apreciación realizada por Tamborero (2009) en el sentido de que esta idea ya aparece bien definida en el manuscrito de De la Hire (1687-1690).

³²⁴ La pieza se titula *volta per aresta perllongada qui te cap estret qui no es tot ab un sintel y la aresta va justa de raco a raco sens engauxit* (Gelabert 1653, f. 56r.). Pieza, transcripción y métodos de labra en Rabasa (2011, 144-145). Estudio de sus características geométricas en Senent y Pérez de los Ríos (2013, 113-115) y Senent (2016, 499-501).

³²⁵ La pieza se titula *volta per aresta perllongada qui te lo cap estret tot ab un sintel y la aresta va curvada y te engauxit* (Gelabert 1653, f. 57r.). Pieza, transcripción, labra y ejemplos en Rabasa (2011, 146-149). Estudio de sus características geométricas en Senent y Pérez de los Ríos (2013, 114-115) y Senent (2016, 501).

³²⁶ La tercera pieza se denomina *volta per aresta perllongada qui te lo cap estret tot ab un sintel y la aresta va curvada y no te engauxit* (Gelabert 1653, f. 58r.). Ver pieza, transcripción, labra y ejemplos en Rabasa (2011, 150-152). Características geométricas en Senent y Pérez de los Ríos (2013, 114-115) y Senent (2016, 502-503). Para la bóveda con arcos carpanel, titulada *volta per aresta perllongada ansapanera curiosa* (Gelabert 1653, f. 59r.). Ver Rabasa (2011, 154-155). Ver también Senent y Pérez de los Ríos (2013, 114-115) y Senent (2016, 502-503).

excepciones, plantean directrices semicirculares en los cuatro lados, y la labra por robos de las dovelas.

Fig. 494. Joseph Gelabert, *volta per aresta perllongada qui te cap estret qui no es tot ab un sintel y la aresta va justa de raco a raco sens engauxit, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 56r.

Fig. 495. Joseph Gelabert, *volta per aresta perllongada qui te lo cap estret tot ab un sintel y la aresta va curvada y te engauxit, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 57r.

Fig. 496. Joseph Gelabert, *volta per aresta perllongada qui te lo cap estret tot ab un sintel y la aresta va curvada y no te engauxit, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 58r.

Fig. 497. Joseph Gelabert, *volta per aresta perllongada ansapanera curiosa, Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 59r.

Alonso de Guardia (c. 1600, ff. 73v.; 75v.; 91v.) presenta tres soluciones de *capillas por arista* con análogos planteamientos, en ninguna de las cuales aparecen despieces, al margen de las hiladas, ni las claves [Fig. 498; Fig. 499; Fig. 500].

Calvo (2015, 447) ha destacado el método que Guardia emplea para la construcción de elipses, a partir de la obtención de puntos de intersección, que se asemeja a los empleados por De L'Orme, Vandelvira y Aranda, y es también coincidente con el que utiliza el autor del manuscrito, que ya se vislumbraba en Hernán Ruiz, y que también aparece en los dibujos del manuscrito 12744 de la BNE, y Portor y Castro³²⁷.

El manuscrito 12744 de la BNE contiene una pieza en la que la clave aparece dibujada de modo muy similar al código [Fig. 501], con sus testas coincidentes con los límites de los rectángulos contenedores para los robos en ambos cilindros³²⁸.

Fray Laurencio de San Nicolás (1639, I: f.103r.) dibuja una capilla por arista en la que se incorpora el despiece en dovelas de todas las hiladas, no presente en los anteriormente citados, y se utiliza un método diferente para determinar las direcciones de los cortes en la arista, dividiendo, sobre la cercha abatida, en partes iguales el arco, su proyección sobre la diagonal y la altura en la clave y uniendo los puntos correspondientes a las particiones equivalentes [Fig. 502].

La traza fue copiada posteriormente por Portor (1708, f. 81v.) [Fig. 503], que además incluyó en su tratado otras capillas por arista: la capilla por arista cuadrada (f. 52v.), resuelta para su labra por robos, cuyas envolventes quedan dibujadas en los alzados [Fig. 504]; la capilla por arista (f. 99r.), que incorpora la obtención de plantillas que permiten acometer la labra directa de las dovelas [Fig. 505]; una tercera bóveda de arista, aparentemente inacabada (f. 94r.) [Fig. 506]; y la que corresponde con un luneto capitalizado, como ha señalado Carvajal (2011, 218), disponiendo una superficie apuntada y capitalizada entre el arco de la embocadura y la bóveda (f. 49r.) [Fig. 507].

³²⁷ Los métodos de obtención de puntos de la elipse pueden verse en Hernán Ruiz (c. 1550, f. 45v.); De L'Orme (1561, ff. 14r-14v.); Vandelvira (c. 1585, f. 80r.); Guardia (c.1600, 75v.); Martínez de Aranda (c. 1600, ff. 3; 86); Portor (1708, ff. 49r.; 94r.); manuscrito 12744 de la BNE, (c.1600, f. 38r.). En el código se emplea el método para todas las trazas correspondientes a bóvedas cilíndricas.

³²⁸ S.n., c.1600, *Manuscrito de arquitectura y cantería*, Madrid, Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744, f. 38r.

Fig. 498. Alonso de Guardia, *capilla por arista*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 73v.

Fig. 499. Alonso de Guardia, *capilla por arista*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 75v.

Fig. 500. Alonso de Guardia, *capilla por arista*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 91v.

Fig. 501. *Capilla por arista*, manuscrito 12744, BNE, c. 1600, f. 38r.

Fig. 502. Fray Laurencio de San Nicolás, *capilla por arista*, *Arte y uso de arquitectura*, 1639, l: 103r.

Fig. 503. Juan de Portor y Castro, bóveda de arista cuadrada, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 81v.

Fig. 504. Juan de Portor y Castro, *capilla por arista cuadrada*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 52v.

Fig. 505. Juan de Portor y Castro, bóveda de arista cuadrada, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 99r.

Fig. 506. Juan de Portor y Castro, bóveda de arista cuadrada, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 94r.

Fig. 507. Juan de Portor y Castro, *capilla quadrada que empieza en arista y acaba en rincón*, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 49r.

Gelabert (1653, ff. 54r.; 55r.) también incluye dos trazas [Fig. 508; Fig. 509], que son las equivalentes, de planta cuadrada, a las bóvedas perlongadas citadas anteriormente, con arcos escarzanos o con arcos carpanel, que responden a los mismos criterios y procedimientos de labra³²⁹.

El francés Jousse (1642, 156), incorpora la bóveda de planta cuadrada [Fig. 510], para la que propone el método de labra a base de plantillas que se pliegan en la arista, ya descrito para su bóveda de planta perlongada³³⁰.

³²⁹ Ver sus características y procedimiento de labra en Rabasa (2011, 138-143).

³³⁰ Ver el estudio detallado realizado por Pérez de los Ríos y García Alías (2009).

Fig. 508. Joseph Gelabert, *volta per aresta quadrada*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 54r.

Fig. 509. Joseph Gelabert, *volta per aresta quadrada ansapanera*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 55r.

Fig. 510. Mathurin Jousse, *voute d'areste quarrée*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 158.

La arquitectura normanda dejó numerosos ejemplos de bóvedas pétreas de arista perlongadas, como es el caso de las existentes en el acceso a la Capilla Palatina del *Palazzo dei Normanni* [Fig. 511], y en la iglesia de *Santa María dell' Ammiraglio* [Fig. 512], también conocida como *La Martorana*, ambos en Palermo³³¹, en los que la solución sobre planta rectangular pasa por contemplar la intersección de dos cilindros de igual diámetro, resolviéndola como si se tratara de planta cuadrada, pero disponiendo los planos verticales que seccionan al correspondiente a la mayor dimensión en la planta desplazados, de tal modo que en el intradós se manifiestan en un tramo las generatrices del cilindro desde el vértice inferior de la arista hasta los planos de embocadura.

De este modo, se resuelven las bóvedas con independencia de los arcos de embocadura, que son ligeramente apuntados, y los apoyos no se disponen exclusivamente en las esquinas de la bóveda, sino que se prolongan los muros en el sentido longitudinal.

En el intradós se mantiene la continuidad de las hiladas, y la solución de las aristas para dar continuidad a las dovelas del sentido longitudinal, que son seccionadas respecto a su labra, por el cilindro transversal.

Otro de los ejemplos sicilianos, el *Palazzo del Senato* o *Palazzo del Vermexio* en Siracusa [Fig. 513], ofrece una solución mixta³³². Por una parte, recoge el modo medieval de independizar la solución de la bóveda respecto de la de los arcos de las embocaduras, de tal manera que se disponen apoyos en muros perimetrales en los que se abren las embocaduras de medio punto cuya dimensión resulta independiente de las luces de la bóveda, y cuyas claves quedan a un nivel inferior respecto de las de sus cilindros. Pero la disposición de la bóveda propiamente dicha, responde a la solución de disponer en el lado menor un cilindro de revolución, y en el lado mayor un cilindro elíptico rebajado para igualar las alturas de las claves de ambos.

³³¹ Para el *Palazzo dei Normanni*, ver La Duca (1998); En relación a *Santa María dell' Ammiraglio*, ver Di Stefano (1955, 19-20); Cicala (2016, 21; 32; 43).

³³² Ver Abbate (2002, 164).

Fig. 511. Bóveda de arista sobre planta rectangular, Capilla Palatina, Palazzo dei Normanni, Palermo, c. 1140.

Fig. 512. Bóveda de arista sobre planta rectangular, iglesia de *Santa María dell' Ammiraglio*, Palermo, c. 1143.

Para solucionar las aristas, se disponen dovelas que son comunes a ambos cilindros, con un despiece muy similar al comentado anteriormente de Fray Laurencio de San Nicolás (1639, I: f.103r.), que posibilita una adecuada traba entre ambos cilindros, disposición que puede intuirse en las trazas de Guardia (c. 1600, f. 91v.), Jousse (1642, 158) o Derand (1643, 331).

En el Monasterio de El Escorial, se extendió el empleo de bóvedas de intradós cilíndrico, llevadas a cabo, como indica López Mozo (2005, 667) mediante una construcción por piezas enterizas, con un aparejo continuo en la superficie de la bóveda y empleando, adicionalmente al medio punto, diversas directrices con arcos carpanel y rebajados. En los casos de plantas rectangulares fue habitual la utilización de las soluciones, ya comentadas de los lunetos apuntados, o los arcos avanzados.

Como ejemplo, las bóvedas que cubren las galerías del claustro mayor bajo, son rebajadas, con óvalos en sus directrices, resueltas con lunetos apuntados [Fig. 515], excepto en los rincones para los que se emplean bóvedas de arista [Fig. 514], en las que las intersecciones entre cilindros se resuelven también mediante dovelas comunes a ambos, dispuestas de forma simétrica respecto de la arista³³³; o también las bóvedas del patio grande del palacio, con directrices de medio punto, en las que los lunetos tienen un peralte de casi dos pies y poseen una dimensión tal que se prolongan hasta la hilada previa a la clave, quedando muy cercanas a la solución de bóveda de arista [Fig. 516].

El edificio del Louvre, posee ejemplos de bóvedas de arista rectangulares de muy buena labra [Fig. 517], en las que la decoración incorporada a las dovelas de las aristas y de la clave, comunes a ambos cilindros, mantiene la estructura de las bóvedas nervadas³³⁴. La solución es la habitual de rebajar el cilindro de mayor luz para igualar su altura al cilindro menor, de revolución.

³³³ Las características de ambas bóvedas han sido estudiadas y documentadas por López Mozo (2009, 279-284; 305), que analiza su tipología y data su construcción. Ver también Bustamante (1994, 237-238; 356-357; 550-553).

³³⁴ Para el Louvre, ver Pérouse (1989, 96-105; 249-269); Bartz y König (2001, 16-45).

Fig. 513. Giovanni Vermexio, Bóveda de arista perlongada, *Palazzo del Senato*, Siracusa, 1629-1633.

Fig. 514. Bóvedas rebajadas de lunetos apuntados y de arista, claustro mayor bajo, Monasterio de El Escorial, 1569-1578.

Fig. 515. Bóveda de lunetos apuntados, claustro mayor bajo, Monasterio de El Escorial, 1569-1578.

Fig. 516. Bóveda de lunetos apuntados, patio grande del palacio, Monasterio de El Escorial, 1577.

Fig. 517. Bóveda de arista perlongada, Museo del Louvre.

Bóveda de arista esviada

La siguiente pieza incluida en el grupo incrementa la complejidad de la traza al introducir el esviaje en el perímetro que la delimita. Se trata de cubrir con una bóveda de arista una planta trapezoidal. Con estas condiciones no es posible solucionar la bóveda con dos cilindros, ya sean de revolución o elípticos, que se intersequen, por lo que es necesario adoptar una configuración diferente.

El dibujo ocupa las tres cuartas partes inferiores del f. 24r., y sigue las mismas pautas de los anteriores: deja libre el folio precedente; carece de título y de textos explicativos; se ha empleado una tinta de color negro; la totalidad de las líneas son continuas; y se han empleado puntos realizados con círculos para señalar vértices los de los extremos de las líneas que forman parte de la solución. Se mantiene uniforme el grafismo respecto del resto de dibujos del núcleo principal del código.

También se mantiene el sistema de representación, dibujando en la planta las juntas del intradós y el perímetro de la bóveda, sobre cada uno de cuyos lados se dibujan abatidos en proyección múltiple los alzados de las embocaduras, representando los arcos de intradós y trasdós, las juntas de testa, las líneas auxiliares que indican las alturas de cada vértice respecto del plano de impostas y los rectángulos envolventes de cada dovela. En este caso no existe simetría, por lo que aparecen dibujados los cuatro alzados [Fig. 519].

Fig. 518. Bóveda de arista esviada.

Fig. 519. Bóveda de arista esviada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 24r.

Para evitar que se solapen los dibujos de los alzados adyacentes, los correspondientes a las embocaduras anterior y posterior con la orientación del folio, se han separado de la línea perimetral de la planta, según una dirección ortogonal a ella. La separación es mayor en el caso de la embocadura trasera que en la delantera, en la que a

pesar de la separación, algunas de las líneas se superponen con las de los alzados colindantes.

Sobre la planta se añaden los abatimientos de dos de las cuatro semidiagonales, sobre los que aparecen representadas las líneas que definen las alturas de los vértices y las correspondientes a las juntas de lecho en las aristas.

Las condiciones del perímetro implican que no sean de aplicación los planteamientos de las bóvedas previas, por lo que es necesario establecer criterios diferentes que permitan solucionar el problema. Para ello, el autor del código, decide cubrir el espacio, no con la bóveda producto de la intersección de dos cilindros, lo que no sería posible por el esviaje, sino con una bóveda formada por las intersecciones de cuatro cilindros diferentes entre sí.

El perímetro trapezoidal que delimita la bóveda presenta en sus cuatro lados longitudes diferentes y sus cuatro ángulos son también diferentes, siendo recto únicamente uno de ellos. Además, el punto en el que se cortan las diagonales no es coincidente con el punto medio de ninguna de ellas.

Las dos primeras decisiones a tomar corresponden con la altura y ubicación de la clave de la bóveda. En principio, la opción más lógica parecería la de considerar una de las dos embocaduras que conforman el ángulo recto, y a partir de ella, disponer un cilindro de revolución. De hacerlo así, su clave no pasaría por ninguna de las verticales correspondientes a los puntos medios de las diagonales, pero al menos uno de los cilindros sería de revolución. Sin embargo, el autor opta por una solución que complica significativamente la geometría de la bóveda, y por tanto su trazado y su resolución, que le llevará a cometer numerosos errores de dibujo.

En primer lugar, traza la diagonal mayor del trapecio, calcula su punto medio y decide situar en su vertical la clave de la bóveda, punto en el que van a concurrir los cuatro cilindros. A continuación, desde dicho punto, traza las dos líneas que lo unen con los dos vértices restantes. Dichas líneas, junto con la diagonal trazada, dividen la planta en cuatro triángulos que comparten un vértice común, el punto correspondiente a la clave.

Posteriormente pasa a definir los cuatro cilindros que van a conformar la bóveda, de tal modo que sus ejes pasan por el vértice común, proyección de la clave, y por el punto medio de cada uno de los lados del trapecio. Las claves de todos ellos se disponen a la misma altura, concurrentes en el vértice central. Con esta solución se garantiza que los arcos de cada embocadura, definidos por los dos extremos del lado del trapecio y la clave,

que estará en la vertical del punto medio del lado, sean simétricos respecto de la vertical que pasa por la clave.

La disposición soluciona la clave y las embocaduras, pero presenta el inconveniente de que ninguno de los cuatro ejes de los cilindros son perpendiculares a sus embocaduras, siendo por tanto, todas ellas esviadas.

Para determinar las alturas de la clave de la bóveda y de los vértices de las dovelas intermedias, toma el menor de los cuatro lados, traza un semicírculo abatido que pasa por sus dos extremos, fija la altura de la rosca, traza el círculo concéntrico al primero que la define y divide ambos círculos en siete partes iguales, que corresponderán a las siete dovelas o hiladas de cada cilindro. Las direcciones de sus tirantes concurren en el centro del arco, por lo que los planos de los lechos son radiales. Todos los vértices obtenidos en esta embocadura abatida son los empleados para determinar las alturas de sus homólogos en los cuatro cilindros.

Como el eje del cilindro es oblicuo respecto al lado del trapecio, si la embocadura es un arco de medio punto, entonces el cilindro no puede ser de revolución, pues su sección recta será una semielipse, por tanto, el primero de los cilindros es un cilindro elíptico.

Los otros tres lados del trapecio son de mayor longitud y para igualar la altura de sus claves a la del primero, se disponen en las embocaduras, arcos rebajados que debieran corresponder a semielipses cuyo eje mayor sea el lado del trapecio y su semieje menor la altura de la clave. Al igual en trazas previas, el autor no dibuja elipses sino medios óvalos, compuestos de tres arcos, dos en los arranques más otro central.

Sin embargo, extrañamente, el arco de la embocadura de la izquierda está dibujado con cuatro arcos: dos en la izquierda, coincidentes con cada una de las dos primeras dovelas, obtenidos a partir de la perpendicular por el punto medio de sus cuerdas, un tercer arco para las tres dovelas superiores y un cuarto arco para las dos dovelas inferiores de la derecha, a las que les da una solución diferente, a pesar de la simetría del arco.

Sorprende esta construcción, pues aunque en las primeras trazas del código se emplea el procedimiento para *adulcir*, o ir trazando arcos sucesivos, a partir de las mediatrices de las cuerdas de las dovelas, en los casos anteriores, en los que la elipse resulta mucho más rebajada, y por tanto tendría mucho más sentido aumentar el número de arcos, no se emplea, y en este caso, en el que el arco se aproxima bastante a un círculo, se emplea, pero únicamente en uno de los lados.

De nuevo se da la misma situación que en el primer arco, pues las tres elipses obtenidas están en planos oblicuos a los ejes de los cilindros, es decir, sus secciones normales al eje serán otras elipses diferentes, más rebajadas que las obtenidas.

La disposición planteada de embocaduras y ejes de cilindros, tendría como intersección curvas alabeadas, cuya proyección no sería concurrente con las líneas diagonales dibujadas en la planta. Para evitar el alabeo, se toma una nueva decisión, que consiste en disponer planos verticales que pasen por las líneas diagonales dibujadas, obtener la intersección con ellos de todas las juntas del intradós y del trasdós del primero de los cilindros, y forzar a que las juntas de los otros tres pasen por los puntos de intersección [Fig. 520].

La solución es análoga a la ya mencionada (Calvo 2000b); (López Mozo 2005), de los lunetos apuntados, con antecedentes en la cripta del palacio de Carlos V en Granada y que se implantó de un modo generalizado en el Escorial.

Las tres superficies forzadas a pasar por los puntos predeterminados no son cilindros, sino regladas cuyas directrices son respectivamente el arco de embocadura y la arista intersección del primer cilindro o de la reglada colindante con el plano vertical correspondiente.

Para obtener las alturas en los puntos del intradós, a partir de las del primer cilindro, se van trazando en planta paralelas a su ejes hasta sus intersecciones con las diagonales dibujadas; desde ellas se trazan nuevas paralelas a los ejes del resto de las superficies hasta alcanzar la línea perimetral en planta; y finalmente se traspasa ortogonalmente al alzado la altura obtenida [Fig. 521].

En el caso de los vértices del trasdós, no se emplea el mismo procedimiento, sino que se repite el método erróneo de las bóvedas previas, tomando la separación en su proyección en planta respecto del vértice del intradós, trasladando la dimensión obtenida al alzado correspondiente y a partir de ella, elevar la altura hasta el arco [Fig. 522].

Para determinar las alturas y direcciones de las juntas de lecho sobre las cerchas, se utiliza el procedimiento análogo al de la bóveda de arista perlongada, determinando la proyección del vértice del trasdós correspondiente sobre la cercha y trasladando desde ella ortogonalmente la altura tomada del alzado.

Figura 520. Perspectiva militar de la bóveda de arista esviada, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Figura 521. Obtención de alturas de los vértices del intradós en las embocaduras y cerchas en la bóveda de arista esviada contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Figura 522. Obtención de alturas de los vértices del trasdós en las embocaduras y cerchas en la bóveda de arista esviada contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

El modo en el que se ha planteado la bóveda, la proximidad de las embocaduras a arcos circulares, dado que las diferencias entre longitudes de lados y ángulos no son muy grandes, el reducido tamaño de algunas de las proyecciones y la cantidad de líneas y operaciones necesarias para dibujar la traza, provocan la aparición de numerosos errores de dibujo, cuya magnitud puede apreciarse en la superposición de dibujos realizada entre la traza del código y las proyecciones obtenidas a partir de un modelo tridimensional cuya geometría obedece a las mismas condiciones [Fig. 523].

Fig. 523. Superposición del dibujo realizado a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo del *rincón de claustro en biaje*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

En la planta quedan indicadas las siete hiladas en las que se divide cada una de las superficies, y no se indican otros despieces, pero si aparece dibujada la pieza de la clave, común a las cuatro superficies, que asegurará una correcta traba del conjunto. Al igual que en el caso anterior, la clave se prolonga en cada una de las superficies hasta el límite exterior del paralelepípedo del que se realizarán los robos de cada hilada, disponiendo verticales las juntas de las testas con las dovelas contiguas de cada hilada.

La labra se realiza por robos en todos los casos, para lo que en los cuatro alzados están dibujados los rectángulos envolventes de las dovelas de cada hilada, pero hay que tener en cuenta que ninguna de las embocaduras son ortogonales a los ejes de los cilindros, por lo que los rectángulos dibujados y las correspondientes plantillas de las testas, no se corresponden con una sección ortogonal del prisma a partir del que se van a realizar los robos.

Para poder acometer la labra de cada una de las dovelas, sería necesario previamente, eliminar del bloque de piedra, la cuña sobrante para dejar la cara oblicua al eje, según el ángulo que se puede determinar directamente sobre la planta, y posteriormente, a partir de la plantilla de la cara oblicua, ir realizando los robos en la dirección del eje del prisma. Probablemente hubiera resultado más interesante, a efectos prácticos, haber hallado los alzados de las proyecciones de los arcos directrices sobre planos ortogonales al eje, en lugar de los alzados de las embocaduras, oblicuos a los ejes.

En todo el conjunto de tratados estudiados, se ha localizado únicamente una bóveda similar a la contenida en el código. La incluye Fray Laurencio de San Nicolás (1639, I: f.101r.) [Fig. 524]. Su planta es también un trapecio y el propio Fray Laurencio advierte de las complicaciones que conlleva [...] *No se puede negar, sino que para hazer en esta planta bobeda esquilfada, o por arista, tiene su dificultad: mas esta y otras mayores, se vencen especulando; y por la declaración desta alcançaras otras [...]*³³⁵.

El modo de abordar la bóveda de Fray Laurencio es muy diferente al planteado por el autor del código. Partiendo de la planta trapezoidal, dibuja las diagonales, y toma el vértice en el que se cruzan como proyección de la clave de la bóveda, punto en el que se igualarán las alturas de las que denomina *cuatro formas*. Aconseja disponer la clave en un punto intermedio, rebajando el arco más alto y elevando el más bajo.

³³⁵ El texto que explica el trazado de la bóveda está contenido en San Nicolás (1639, I: 100v.) y está ligado a la descripción de la bóveda de arista cuadrada, a la que remite en algunos de los aspectos.

A partir de este punto, sobre la diagonal, determina dos cerchas virtuales, que corresponden a sendos arcos elípticos, cuyo semieje menor es la altura de la clave y cuyos semiejes mayores son respectivamente las distancias desde el vértice central hasta cada uno de los extremos de la diagonal.

Una vez obtenidas estas dos cerchas virtuales, toma la mitad de cada una de ellas que pasa por el extremo de la diagonal, para constituir dos medias cimbras, que serán las directrices de la superficie resultante. Lo que plantea, es por tanto que cada uno de los cilindros que componen la bóveda tenga dos curvaturas diferentes, una desde su arranque hasta la clave, y otra diferente desde la clave hasta el otro arranque.

No dibuja los arcos de embocadura, que estarán formados por dos cuartos de elipses diferentes, ni los ejes, aunque de su explicación se interpreta que serán continuos para cada par de embocaduras opuestas, probablemente con la dirección de las bisectrices de las diagonales [...] *porque la dificultad desta bobeda consiste en el saber coger estas monteas, para que el esquilfo, y arista, vaya perfectamente derecho del movimiento de un ángulo a otro, que es lo que significan las diagonales, como el diseño lo demuestra.*

Fig. 524. Fray Laurencio de San Nicolás, bóveda de arista esviada, *Arte y uso de arquitectura*, 1639, l: 102r.

Fig. 525. Juan de Portor y Castro, bóveda de arista esviada, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 73v.

La traza fue copiada posteriormente por Portor y Castro (1708, f. 73v.), aunque la dibuja girada noventa grados a la izquierda respecto a la posición en la que la dibujó Fray Laurencio [Fig. 525].

Aparecen en la tratadística otras piezas que guardan cierta relación con el manuscrito, pues corresponden a bóvedas de arista cuya planta es un romboide, lo que simplifica en gran medida su resolución, más cercana a las bóvedas de aristas de planta

rectangular perlongada, con la modificación de la incorporación del efecto del esviaje, como se desprende, incluso, de la propia denominación que les dan sus autores.

Cronológicamente, las primeras en aparecer son las incluidas por los autores franceses. Jousse (1642, 166) la denomina *voute d'Areste, le plan biais, & berlong* [Fig. 526]. Los ejes de los dos cilindros que se intersectan para conformar la bóveda son las líneas que unen los puntos medios de los lados, que por tanto no son ortogonales a las embocaduras. En los lados menores del romboide, se disponen embocaduras circulares, que implican un cilindro elíptico por el esviaje del eje. Las alturas de los vértices en el intradós y trasdós, se trasladan sobre los abatimientos de las cerchas y de las otras dos embocaduras, que resultarán curvas rebajadas, para mantener la horizontalidad y continuidad de las juntas. En este caso, Jousse, plantea la labra por el método de robos, sin emplear el procedimiento alternativo de las plantillas plegables para las aristas, analizado en la traza precedente.

También Derand (1643, 331) incorpora una bóveda equivalente, la *voulte d'arestes biaise par équarissement* [Fig. 527], con una disposición inversa a la de Jousse, disponiendo las embocaduras semicirculares en los lados mayores, y peraltando los lados menores, con lo que la cercha correspondiente a la diagonal menor resulta también peraltada, mientras que la cercha mayor queda rebajada. En lo demás, el planteamiento es coincidente con el de Jousse, incluso en la división en cinco hiladas, aunque Derand no aporta información sobre el trasdós ni las tiranteces en las testas elípticas.

Portor y Castro (1708, ff. 31v.; 55v), además de copiar la traza de Fray Laurencio, incorpora otras dos bóvedas de planta romboidal con planteamientos muy similares a los de Jousse, con cuyos dibujos guardan parecido³³⁶. Las dos trazas responden prácticamente a la misma solución, e incorporan la particularidad, no presente en las anteriormente mencionadas, de incorporar en la planta el dibujo de la clave como pieza única, común a ambos cilindros [Fig. 528; Fig. 529].

³³⁶ las piezas aparecen tituladas como *capilla por arista perlongada*. Los dibujos de las dos bóvedas son prácticamente iguales.

Fig. 526. Mathurin Jousse, *voute d'Areste, le plan biais, & berlong*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 166.

Fig. 527. François Derand, *voute d'arestes biaise par équarissement*, *L'Architecture des voutes ou l'art des traits et coupe des voutes...*, 1643, 331.

Fig. 528. Juan de Portor y Castro, *capilla por arista perlongada*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 31v.

Fig. 529. Juan de Portor y Castro, *bóveda de arista perlongada*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 55v.

Bóveda esquifada

En un orden lógico, en base a sus características geométricas, esta pieza, junto con el ochavo, que se verá más adelante, deberían haber figurado a continuación de las dos primeras, con lo que quedarían agrupadas inicialmente las bóvedas de rincón y a continuación de ellas, las de arista. Sin embargo, las piezas de este grupo van apareciendo en el código en un orden alternado, ofreciendo sucesivamente, soluciones pertenecientes a ambos tipos.

La traza corresponde a una bóveda de planta cuadrada, generada por la intersección de dos cilindros de igual diámetro, cuyos ejes son ortogonales entre sí y están situados a la misma altura. Los témpanos que componen la bóveda corresponden a las superficies que son interiores a ambos cilindros, de tal modo que las aristas intersección se muestran al interior del espacio como rincones y al exterior como aristas [Fig. 530].

Fig. 530. Bóveda esquifada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 25r.

Constructivamente, la bóveda apoya en los cuatro lados que la delimitan. Este tipo de bóveda, que es la que actualmente se conoce como rincón de claustro, antiguamente se denominaba esquifada, *esquifada* o también bóveda de aljibe. Por coherencia con los tratados manejados, se ha mantenido aquí la denominación de esquifada, reservando la de rincón de claustro para las conocidas actualmente como bóvedas acodadas, ya analizadas en apartados precedentes.

Continuando con la práctica habitual de dejar los folios de la izquierda en blanco, la pieza aparece dibujada ocupando la parte central del f. 25r., sin que vaya acompañada de textos, notaciones o título, con todos sus trazos de línea continua y realizados con tinta negra, con un grafismo uniforme respecto a las anteriores. En esta ocasión no se utilizan los puntos para señalar los extremos de vértices singulares.

Debido a la simplicidad geométrica de la pieza, se representa la planta, por medio de las juntas del intradós de las hiladas y el perímetro cuadrado. En este tipo de bóveda no puede hablarse de embocaduras, pues en los cuatro lados del perímetro arranca con generatrices de los cilindros, por lo que el alzado que aparece dibujado abatido sobre el lado superior de la planta, corresponde a la sección por un plano vertical paralelo al lado, que pasa por el centro del cuadrado.

Fig. 531. Bóveda esquifada.

En dicha sección están representadas las líneas del intradós; la del trasdós, que ofrece la información del espesor de las dovelas; las direcciones de los lechos; las líneas auxiliares que determinan las alturas de las aristas de cada hilada respecto del plano de arranque; y sus rectángulos envolventes.

Sobre una de las diagonales, se ha representado abatido el arco correspondiente a la cercha intersección de los cilindros en el intradós, las líneas relativas a las alturas de cada hilada, y las direcciones de las juntas de las testas en las tres hiladas de la izquierda.

La bóveda no presenta complicaciones geométricas. Los dos cilindros que la conforman son de revolución, sus claves están a la misma altura y existe doble simetría, por lo que los cuatro témpanos que componen la bóveda son iguales. Los planos que definen los lechos de las siete hiladas en las que se dividen los cilindros son radiales, concurrentes en la horizontal que pasa por el punto medio de la planta, al nivel de los arranques [Fig. 532].

Las aristas intersección de los dos cilindros pertenecen a sendos planos verticales que contienen a las diagonales del cuadrado, y son elipses cuyo eje mayor es la diagonal del cuadrado, mientras que el semieje menor es la altura de la clave. Las aristas intersección de las superficies de trasdós también están contenidas en los mismos planos verticales, por lo que las direcciones de las juntas de los lechos en las aristas, serán concurrentes en el centro de las elipses, punto medio del cuadrado que define la planta, que además es coincidente con la proyección de la clave y con la intersección de las dos diagonales.

Para obtener los puntos de paso de la elipse se emplea el método habitual, de prolongar, en este caso mediante trazos ciegos, las líneas que determinan la posición de los vértices del intradós hasta alcanzar la diagonal en la planta, trazar desde los puntos de intersección perpendiculares a la diagonal y trasladar sobre ellas, las alturas obtenidas en el alzado-sección.

Para dibujar la curva, se sustituye la semielipse por tres arcos de círculo, tales que los arcos laterales corresponden con las dos hiladas inferiores y el arco central con las tres hiladas superiores.

Figura 532. Perspectiva militar de la bóveda esquifada, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Se da la circunstancia, también presente en los trazados de las bóvedas previas, de que los centros de los arcos laterales se colocan a un nivel ligeramente por debajo del plano de arranque, lo que provocaría que no existiera tangencia en los vértices extremos. Otro tanto sucede con el centro del arco mayor, que aparece ligeramente desplazado a un lateral respecto de la línea que representa el eje del arco. Las desviaciones son relativamente pequeñas y quizá su origen se deba a errores de dibujo o bien a un hecho intencionado por parte del autor para evitar que los huecos producidos por la punta del compás sobre el papel puedan producir discontinuidades o saltos a la hora de marcar las líneas rectas a tinta con el trazador.

En cuanto a la obtención de los vértices del trasdós en las juntas de las testas de la arista, se toma del alzado, la línea auxiliar que corresponde a la altura del vértice, se marca sobre la diagonal y se traslada la altura del vértice, tomada del alzado, sobre una perpendicular a la diagonal [Fig. 533]. En este caso, el procedimiento debería llevar a un mismo resultado, pero los errores de dibujo provocan que las tres líneas obtenidas, que deberían ser concurrentes en el centro de la elipse, en el dibujo no lo sean, lo que puede apreciarse en la superposición del dibujo obtenido a partir del modelo tridimensional de la bóveda elaborado, sobre el contenido en el código [Fig. 534].

La labra de las dovelas se plantea por robos. En el alzado están dibujados los rectángulos envolventes de cada una de las siete hiladas de la bóveda, que se corresponden con las caras verticales anterior y posterior del bloque prismático de piedra a partir del que se realizarán los robos, tomando como base la plantilla de la sección obtenida en verdadera magnitud en el alzado.

Sin embargo, en la planta no se indica un despiece específico en dovelas. Sobre ella quedan representadas únicamente las aristas del intradós de las hiladas, que se proyectan como cuadrados concéntricos. Todas ellas son horizontales y en cada hilada existe una continuidad en los cuatro paños de la bóveda.

El dibujo no aclara si la intención del autor es disponer juntas verticales coincidentes con los planos de las aristas, pues las diagonales son las únicas líneas dibujadas en la planta, que podrían hacer referencia a un despiece, o bien disponer de dovelas comunes a las superficies de ambos cilindros, que aporten una adecuada traba, como veremos que proponen otros autores como Vandelvira o Fray Laurencio de San Nicolás.

Figura 533. Obtención de alturas de los vértices del intradós y trasdós de la arista en la bóveda esquifada contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Fig. 534. Superposición del dibujo realizado a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo de la bóveda esquifada, contenida en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

A la clave se le da un tratamiento diferente al descrito para las bóvedas de arista en las que se dispone una pieza que en la planta queda ligeramente contrapeada respecto de las hiladas colindantes y cuyas juntas con las dovelas colindantes de la misma hilada son planos verticales.

En este caso, la clave constituye en sí misma la hilada superior y sus cuatro aristas del intradós, por tanto, se proyectan como un cuadrado concéntrico. Las cuatro caras laterales de la clave, que constituyen los lechos de la hilada, con buen criterio constructivo, no son verticales, sino que están contenidas en planos radiales, formando todas ellas una

porción de pirámide invertida cuyo vértice es el punto central de la bóveda en el arranque, lo que garantiza una transmisión de cargas normal a la superficie de apoyo.

Al tratarse de una de las piezas básicas para la solución de la cubrición de espacios de planta cuadrada, son varios los ejemplos de bóvedas esquifadas contenidos en los tratados. La primera es la que Vandelvira denomina *capilla quadrada por arista* [Fig. 535], que, una vez más, ofrece una solución muy similar a la contenida en el código, aunque más completa y precisa³³⁷.

Coincide en el despiece en siete dovelas; en la disposición de las juntas de intradós; en la clave; y en el modo de dibujar los abatimientos de la sección, en la parte superior de la planta, y de la cercha, sobre la diagonal. Vandelvira dibuja únicamente la mitad, de la cercha aprovechando la simetría, pero incrementando la precisión al determinar adicionalmente los puntos de paso de la elipse por los puntos medios de cada hilada.

Además de reflejar los contenedores de los robos en el alzado, dibuja sus perímetros en la planta, estableciendo a lo largo de toda la arista, que las dovelas sean comunes a ambos cilindros. También aparecen dibujadas en la planta, las proyecciones de las juntas del trasdós, que el código omite.

En el texto que explica la bóveda, además de dejar patente la facilidad respecto de la traza y labra de la bóveda, se manifiesta la importancia de que los lechos de la clave estén contenidos en planos radiales³³⁸.

Alonso de Guardia (c.1600, ff. 75v.; 92v.) incluye dos versiones, ambas denominadas *capilla por rincón*, con algunas diferencias entre ellas. En la primera, dispone siete hiladas; señala en la planta las aristas de intradós y las diagonales sin plantear despieces; y dibuja abatidas las secciones por los planos verticales que pasan por los ejes de los cilindros, en tres de los cuatro lados, pero en ellas aparecen únicamente las alturas de los vértices y las líneas de intradós. Al igual que Vandelvira, dibuja la mitad de la arista intersección, por el mismo procedimiento, obteniendo los puntos de paso de los vértices y de los puntos

³³⁷ Vandelvira (c.1585, f. 80r.). La copia del manuscrito obrante en la BNE, (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 79r), no contiene diferencias significativas, excepto alguna línea que figura tachada o la posición de la nomenclatura de la cercha.

³³⁸ El texto que acompaña a la traza (Vandelvira c.1585, f.79v.), se inicia justificando que se comience por la pieza de mayor facilidad *Pues hemos llegado a las capillas cuadradas será razón comenzar de las más fáciles porque gradualmente vamos tratando de unas a otras [...]*. Más adelante se hace referencia a la disposición de los lechos radiales para la clave [...] *La clave trazarás conforme está en planta y monte y quitarle has por todos cabos cuatro por el lecho bajo el triángulo L. y por los mismos cabos su cercha de arco [...]*. La transcripción está contenida en Barbe-Coquelin (1977, 1: 125-126).

medios de las hiladas, aunque Guardia también determina los puntos medios en la monte de la sección de la bóveda [Fig. 536].

La segunda solución, dividida en cinco hiladas, se acerca más en el dibujo a la de Vandelvira. Omite la obtención de la arista pero en la planta quedan dibujados los despieces de las dovelas comunes a ambos cilindros a lo largo de la intersección, y en el abatimiento de la sección también aparecen los rectángulos contenedores de las hiladas para los robos, ausentes en el ejemplo anterior [Fig. 537].

Fig. 535. Alonso de Vandelvira, *capilla quadrada por arista*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 80r.

Fig. 536. Alonso de Guardia, *capilla en rincón*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 75v.

Fig. 537. Alonso de Guardia, *capilla en rincón*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 92v.

Fray Laurencio de San Nicolás (1639, f. 100r.) es quien plantea una bóveda de mayores dimensiones, a juzgar por el número de hiladas, que asciende a diecisiete, y por el gran número de dovelas que las componen, que quedan dibujadas con detalle en la planta, si las comparamos con los tamaños relativos de las hiladas en relación a la luz de la bóveda del resto de autores.

Dispone trabas para las aristas, haciendo que las dovelas sean comunes a los dos cilindros³³⁹. No aporta información del trasdós ni del espesor de las hiladas, aunque si dibuja, en la sección de la bóveda, las tiranteces radiales. Obtiene el alzado de la arista, que servirá como cercha, y sobre él, determina las tiranteces en sus sobrelechos, por el mismo procedimiento empleado en la bóveda de arista perlongada, obtenidas mediante la división en partes iguales de la mitad de la semielipse y de sus semiejes, y la unión de los puntos equivalentes mediante pares de líneas cuyos ángulos proporcionan las saltarreglas buscadas [Fig. 538].

La traza de Fray Laurencio, al igual que sucede con otras de su tratado (Carvajal 2011, 213), aparece copiada posteriormente en el manuscrito de Portor y Castro (1708, f. 73r.) con la denominación de *bóveda esquifada* [Fig. 539]. Además de la copia, el manuscrito contiene otras tres versiones de bóvedas esquifadas, que comparten la división en cinco hiladas pero manifiestan algunas diferencias entre ellas³⁴⁰.

La primera, coincide básicamente con las soluciones mencionadas de Vandelvira y Guardia en el modo de dibujarla y en la obtención de la cercha, planteando un despiece en el que la clave es de tamaño mayor que las hiladas superiores de los cilindros [Fig. 540]; La segunda es la más singular, pues plantea la arista semicircular, con lo que la sección recta del cilindro frontal es una elipse peraltada, aunque el dibujo presenta contradicciones, pues también aparece dibujada una sección circular del cilindro transversal, cuya altura de trasdós es coincidente con el intradós de la arista [Fig. 541]. La tercera dispone las hiladas y la clave en la planta como el código, sin despieces, e incorpora el dibujo de la plantilla del lecho de una de las hiladas [Fig. 542].

³³⁹ San Nicolás (1639, 98v.; 99r.), recomienda las piezas en las que considera adecuado el empleo de este tipo de bóveda [...] *Son muy buenas para salas, y para sobre escaleras, y para Capillas. Las pasadas son más propias para Templos, aunque de tal suerte puede ser el Templo, que contenga esta para él* [...]. Cuando habla de las pasadas, se refiere a las bóvedas baídas, contenidas en los folios precedentes. También resalta la gran importancia de que los dos cilindros queden adecuadamente trabados en sus intersecciones [...] *Es de advertir, que a esta bobeda conviene, que en los rincones, vaya travada, porque si cada quarto de los quatro fuere de por sí, sería fallo el enjarjado, o embecaduras, a quien otros llaman sobacos, se macizarán como en la tabicada: y lo mismo será para la de cantería* [...].

³⁴⁰ Las tres bóvedas (Portor y Castro 1708, ff. 50r.; 59r.; 100r.) se denominan respectivamente como *capilla cuadrada por rincón*, *capilla quadrada por rincón* y *bóveda de aljibe o esquifada*.

Fig. 538. Fray Laurencio de San Nicolás, *bóveda esquifada*, *Arte y uso de arquitectura*, 1639, l: 100r.

Fig. 539. Juan de Portor y Castro, *bóveda esquifada*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 73r.

Fig. 540. Juan de Portor y Castro, *capilla cuadrada por rincón*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 50r.

Fig. 541. Juan de Portor y Castro, *capilla cuadrada por rincón*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 59r.

De los franceses es Jousse (1642, 126) el que contempla la bóveda esquifada, con la denominación de *voute en cul de four quarré* [Fig. 543], con el mismo planteamiento que la contenida en el manuscrito, también dividida en siete hiladas, en la que traza la elipse intersección de los cilindros con la ayuda de la obtención de los puntos medios de las dovelas, como hemos visto en los casos de Vandelvira y Guardia.

Fig. 542. Juan de Portor y Castro, *bóveda de aljibe o esquifada*, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 100r.

Fig. 543. Mathurin Jousse, *voute en cul de four quarré*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 126.

Directamente relacionada con la bóveda esquifada de planta cuadrada, está su variante en la que la intersección de los cilindros se dispone sobre una planta perlongada, que presenta la misma problemática que la equivalente de arista. Este tipo no está contenido en el código, pero son varios los autores que incorporaron la traza en sus tratados.

Las bóvedas referidas son: la *capilla por arista* perlongada [Fig. 544], de Vandelvira (c. 1585, f. 81r)³⁴¹; la *voulte en arc de cloistre quarree et barlongue par équarrissement*, de Derand (1643, 331) [Fig. 545], que dispone, como en él es habitual, el cilindro mayor de revolución y el cilindro menor peraltado; la *volta de quarta racons perllongada*, de Gelabert (1653, f. 60r.) [Fig. 546], que no incorpora en su manuscrito la de planta cuadrada, pero resuelve la perlongada mediante la intersección de los cilindros en curvas alabeadas, de igual modo que había planteado en la de arista³⁴²; y la *capilla por rincón en paralelogramo*, de Portor y Castro (1708, f. 50v.) [Fig. 547], con soluciones similares a las referidas para las esquifadas, resolviendo la diferencia de luces con elipses rebajadas para la luz mayor.

³⁴¹ La copia del manuscrito realizada por Goiti, (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 80r), obrante en la BNE, es coincidente con ella. Algunas cuestiones relacionadas con los aspectos gráficos y descriptivos de la traza han sido comentados por Pecoraro (2005, 845).

³⁴² Para la traza de Gelabert, ver Rabasa (2011, 156-158).

Fig. 544. Alonso de Vandelvira, *capilla por arista perlongada*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 81r.

Fig. 545. François Derand, *voulte en arc de cloistre quaree et barlongue par équarrissement*, *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 331.

Fig. 546. Joseph Gelabert, *volta de quatra racons perllongada*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 60r.

Fig. 547. Juan de Portor y Castro, *capilla por rincón en paralelogramo*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 50v.

Un ejemplo tardío, correspondiente a finales del siglo XVIII – principios del XIX, lo constituye la bóveda esquifada construida tras el pórtico del Perdón, en la iglesia de Santiago en Jumilla [Fig. 548], en la que se adornan los encuentros de los cilindros en las aristas con molduraciones, con una solución que recuerda, respecto de los despieces de las dovelas, a la contenida en el manuscrito de Alonso de Vandelvira (c. 1585, f. 80r.) y especialmente a la propuesta por Fray Laurencio de San Nicolás (1639, l: 100 r.), copiada posteriormente en el manuscrito de Portor (1708, f. 73 r.)³⁴³.

Fig. 548. Lorenzo Alonso, bóveda esquifada, pórtico del Perdón, iglesia de Santiago, Jumilla, c. 1807.

³⁴³ En relación con el pórtico del Perdón, Moreno García (2011, 30-35) recopila los datos relativos a su concepción y construcción, con el proyecto redactado por Lorenzo Alonso en 1788, que se hizo cargo inicialmente de las obras, para cederlas posteriormente, y tras diversas vicisitudes serían continuadas por su aparejador, Ramón Berenguer. Ver también en relación a la iglesia de Santiago de Jumilla, González Simancas (1905-1907, 529-539); Gutiérrez-Cortines (1987); Antolí (2000); De la Hoz, Cañadas y De la Hoz (2006); Belda y Hernández Albaladejo (2006, 147-148); Alonso Rodríguez, Calvo y Martínez Ríos (2008); Delicado (2009b, 122-123).

Bóveda de arista triangular

La siguiente bóveda que aparece incluida en el código, plantea un problema similar a una de las piezas previas, en la que se disponía una planta trapezoidal. En este caso, la planta a cubrir es un triángulo isósceles, por lo que serán tres los cilindros cuyas intersecciones conformarán la superficie abovedada.

La traza aparece en la parte inferior del en el f. 26r., ocupando algo más de la mitad de su superficie, quedando en blanco el folio precedente y, como es habitual en las trazas de bóvedas, no está titulada, ni va acompañada de notación o textos en los que el autor explique su planteamiento o solución. Para su trazado se ha empleado exclusivamente la línea continua y la tinta de color negro [Fig. 549].

Fig. 549. Bóveda de arista triangular, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 26r.

Está representada con los mismos criterios que el resto de las piezas del grupo, a través del dibujo de la planta, en la que figuran las líneas de intradós, las aristas intersección de los cilindros y las líneas que delimitan el perímetro triangular. Abatido sobre la embocadura derecha aparece dibujado su alzado o *montea*, mediante el arco del intradós, con su rosca, las líneas correspondientes a las juntas de testa, las que determinan las alturas de sus vértices, y los rectángulos envolventes de cada una de las siete hiladas en las que se divide la superficie.

Del mismo modo, aparece abatido el alzado de la embocadura inferior, aunque se dibuja separado de su proyección en la planta para evitar que sus líneas queden solapadas con las del alzado contiguo. La simetría de la pieza hace innecesaria la obtención del alzado de la embocadura izquierda, pues será igual al derecho.

Se complementa la definición gráfica con el abatimiento, dibujado directamente sobre la planta, de dos de las tres aristas intersección de las superficies, la superior y la derecha, en las que se incorporan las líneas auxiliares que definen las alturas de sus vértices del intradós y las correspondientes a las intersecciones de los sobrelechos. La arista izquierda será a la derecha debido a la simetría.

Fig. 550. Bóveda de arista triangular.

La resolución de la bóveda presenta problemas análogos a los expuestos en el caso de la planta trapezoidal, que requieren la toma previa de decisiones en relación a la geometría de las superficies que la conformarán. El hecho de que el triángulo sea isósceles incorpora un cierto grado de regularidad frente al trapecio, pues al ser dos lados y dos ángulos iguales, es posible aprovechar el eje de simetría para que al menos dos de los tres témpanos de la bóveda sean iguales.

En este caso se decide disponer la clave de la bóveda en el baricentro del triángulo, por cuya proyección se hacen pasar los tres ejes de los cilindros que la conforman, que son las medianas del triángulo. Se disponen en los dos lados iguales, que son de menor longitud que el tercero, embocaduras semicirculares, cuyo radio determina la altura de la clave, obligando a la tercera de las embocaduras a igualar dicha altura, con lo que se obtiene una elipse rebajada.

Ahora bien, como las medianas del triángulo, que determinan las direcciones de las generatrices, no son perpendiculares a los lados menores, las testas resultan oblicuas al eje del cilindro, por lo que si las embocaduras son semicirculares, los cilindros habrán de ser elípticos rebajados. Para el tercer lado se da el caso inverso, la mediana es perpendicular a él, las generatrices del cilindro son normales a la testa, pero al haber dispuesto como embocadura una semielipse rebajada para igualar la altura de la clave, el cilindro será igualmente elíptico.

La bóveda estará formada, por tanto, por tres superficies rebajadas cuyas intersecciones, de dos en dos, proporcionarán las aristas. La intersección de los dos semicilindros iguales será una curva contenida en un plano vertical que pasa por la bisectriz, coincidente con la mediana, del ángulo formado por sus embocaduras, es decir, por los lados iguales del triángulo.

Para definir la tercera superficie, se disponen sendos planos verticales que pasan por las medianas de los otros dos vértices, se determinan las intersecciones de las horizontales del intradós correspondientes a las hiladas, y se obliga a que las divisiones de la embocadura pasen por los puntos correspondientes. Con ello se consigue dar continuidad a las juntas del intradós, mantenerlas horizontales y garantizar que la arista intersección sea una curva plana contenida en el plano vertical definido, aunque sus hiladas no sean de la misma dimensión [Fig. 551].

Figura 551. Perspectiva militar de la bóveda de arista triangular, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Al igual que en el caso de la planta trapezoidal, las intersecciones de los dos cilindros rebajados iguales con el tercero, serían curvas alabeadas cuya proyección no sería concurrente con las medianas del triángulo. Por tanto, la disposición de los planos verticales implica sustituir el tercer cilindro por una superficie reglada cuyas directrices son la embocadura semielíptica y las curvas intersección de los otros dos semicilindros con los planos verticales.

En todo caso, la diferencia entre la mediana y la bisectriz es relativamente pequeña, por lo que el alabeo de la teórica curva intersección no se alejaría significativamente de la proyección en la mediana.

Las tiranteces correspondientes a las dos embocaduras semicirculares iguales se dibujan concurrentes en el centro del arco, con lo que quedan definidas las alturas y posiciones de los vértices del trasdós en las testas, pero al ser los cilindros oblicuos a ellas, sus lechos no se corresponden con planos radiales.

Para determinar las alturas de los vértices del trasdós se emplea de nuevo el procedimiento de tomar, del alzado de la embocadura semicircular, la distancia de su proyección en planta respecto del vértice del intradós, trasladar la distancia obtenida al alzado del lado mayor y a partir del punto obtenido elevar la altura correspondiente.

Las curvas intersección correspondientes a las aristas se obtienen por los mismos procedimientos. Para los puntos del intradós se traslada del alzado su proyección, trazando en planta paralelas a los ejes hasta su intersección con la mediana, y se levanta con una perpendicular sobre ella la altura tomada del alzado. Los puntos que definen las saltarreglas están obtenidos del mismo modo [Fig. 552].

Para el dibujo del arco de embocadura y de las aristas, se mantiene el recurso, comentado en las trazas anteriores, de sustituir las semielipses por medios óvalos, de más fácil trazado. En la figura adjunta [Fig. 553], se ofrece la comparación de las líneas dibujadas en el código con las correspondientes obtenidas a partir del modelo tridimensional realizado de la bóveda.

Figura 552. Obtención de alturas en los vértices del intradós, trasdós y aristas en la bóveda de arista triangular, contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Fig. 553. Superposición del dibujo realizado a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo de la bóveda de arista triangular, contenida en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

De cara al despiece y labra de las dovelas de la bóveda, se continua con el criterio de indicar sobre la planta y los alzados, la división de cada témpano en siete hiladas, pero no se define despiece específico en dovelas salvo en el caso de la clave, que aparece representada en la planta como pieza común a las tres superficies, cuyos lechos quedan ligeramente avanzados respecto de los vértices de las hiladas en las aristas, para mejorar la traba.

En ambos alzados se representan las envolventes de cada hilada para definir los bloques de piedra a partir de los que se realizarán los robos, pero se repite de nuevo la circunstancia de que los alzados de los lados menores no son perpendiculares a los ejes de los cilindros, por lo que los rectángulos envolventes representados no corresponden a las caras del paralelepípedo envolvente de la dovela, sino a una sección oblicua del mismo.

Una vez más, el código incorpora una pieza de la que son muy escasas las apariciones casos similares en la tratadística. Únicamente tres autores, Alonso de Guardia, Jousse y Portor y Castro, incluyen bóvedas de arista de planta triangular, pero todos ellos parten de una planta en triángulo equilátero, que simplifica notablemente la pieza, al ser los tres casquetes que la constituyen iguales y coincidir las bisectrices con las medianas, lo que permite que los ejes de los cilindros sean ortogonales a las testas y sus intersecciones estén contenidas en los planos verticales que contienen a las medianas.

El dibujo de la capilla por arista en triángulo de Guardia (c. 1600, f. 74v.) Fig. 554], ofrece únicamente la información del intradós, dividido en siete hiladas, de los arcos de embocadura y de la elipse intersección en la arista, de la que se obtienen los puntos de paso de los vértices y los puntos medios de cada hilada, para incrementar la precisión de su trazado. No especifica ni el despiece ni las condiciones de la clave. La solución que dibuja Guardia es la convencional de adoptar como radio de los cilindros la mitad del lado, con lo que la arista es cuarto de elipse rebajada.

Análoga solución a la de Guardia, es la planteada por Jousse (1642, 162) en la *route d'Areste, la plan triangle Equilateral*, que reduce a cinco el número de hiladas e incluye en los alzados líneas que indican las direcciones de las tiranteces [Fig. 555].

La solución de Portor (1708, f. 54r.) plantea también tres medios cilindros de revolución, con arista intersección en cuarto de elipse rebajada, obtenida por puntos a partir de las alturas de los vértices de las cinco hiladas en las que queda dividido cada casquete. A diferencia de los anteriores, define la clave en la planta con el mismo criterio que el código [Fig. 556].

Además de las bóvedas de arista, tanto Guardia, como Portor, incluyen piezas de planta triangular equilátera en las que las bóvedas se resuelven mediante rincones. Una de las de Alonso de Guardia [Fig. 557], presenta el interés de que su autor, en el texto descriptivo que acompaña a la traza, como ha señalado Calvo (2015, 450) recomienda tomar como radio de los paños cilíndricos el correspondiente al círculo que circunscribe la planta, en lugar de lo habitual en las bóvedas de rincón que es considerar el radio del círculo inscrito, lo que daría lugar a una bóveda más apuntada, que es la solución que adopta Portor [Fig. 558], que adicionalmente incluye un despiece para las dovelas de la hilada intermedia³⁴⁴.

³⁴⁴ Las bóvedas referidas son para Guardia (c. 1600, ff. 74v.; 90v.) la *capilla en rincón* y la *capilla en triángulo por rincón*. Para Portor (1708, f. 54v.) la *capilla triangular por rincones*.

Fig. 554. Alonso de Guardia, *capilla por arista en triángulo*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 74v.

Fig. 555. Mathurin Jousse, *voute d'Areste, la plan triangle Equilateral*, *Le secret d'architecture...*, 1642, 162.

Fig. 556. Juan de Portor y Castro, *capilla por arista triangular*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 54r.

Fig. 557. Alonso de Guardia, *capilla en triángulo por rincón*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 90v.

Fig. 558. Juan de Portor y Castro, *capilla triangular por rincones*, *Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 54v.

También Derand (1643, 339), que no contempla bóveda de arista triangular, incorpora tres soluciones triangulares por rincones: una equiátera, una rectangular y una escalena [Fig. 559]. Igualmente aparecen trazas de bóvedas con planta triangular en los tratados de De L'Orme (1567, f. 85v.) que contempla un equilátero [Fig. 560], y Vandelvira (c. 1585, ff. 87r.-88v.) con dos piezas en triángulo equilátero [Fig. 561], y dos en escaleno, pero ambos autores resuelven la pieza con bóvedas baídas y no de arista³⁴⁵.

Fig. 559. François Derand, *volute d'arrestes ...*, 1643, 339.

Fig. 560. Philibert de L'Orme, bóveda baída triangular, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 85v.

Fig. 561. Alonso de Vandelvira, *triángulo igual por yladas redondas*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 87r.

³⁴⁵ Las soluciones de Vandelvira resuelven las bóvedas baídas en ambos tipos de triángulo mediante hiladas rectas e hiladas redondas. Ver Ver Palacios ([1990] 2003, 272-277).

Bóveda ochavada

Cierra el conjunto de bóvedas cilíndricas, continuando con la alternancia entre piezas resueltas *por arista* y *por rincón*, una perteneciente a esas últimas, con una de las tipologías características de las bóvedas renacentistas: el ochavo. Concebido para cubrir un espacio de planta octogonal. Palacios ([1990] 2003, 325), apunta su condición como elemento fundamental en la articulación de los cruceros medievales y su extendido uso en ábsides y capillas. Con el Renacimiento, la búsqueda de la recuperación de las formas clásicas, implicó una evolución desde las soluciones realizadas a base de conjuntos de nervios, que frecuentemente constituían elementos complejos, hacia formas derivadas de las superficies cilíndricas, más acordes con los nuevos postulados.

La bóveda dibujada en el códice, cubre una planta correspondiente a un octógono regular, y está generada por la intersección de cuatro cilindros de revolución, del mismo diámetro, equivalente a la distancia entre los lados opuestos del polígono, cuyos ejes son horizontales, están situados en un mismo plano horizontal, se cortan en el centro del octógono y forman un ángulo de cuarenta y cinco grados con el contiguo [Fig. 563].

La superficie la conforman los casquetes de los cilindros que son interiores a todos ellos y sus intersecciones se manifiestan al espacio interior como rincones y al exterior como aristas y constructivamente requiere apoyos en los lados del perímetro.

Fig. 562. Bóveda ochavada.

Fig. 563. Bóveda ochavada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 27r.

La traza ocupa la totalidad del f. 27r. y responde a las habituales pautas del grupo: carece de título o textos; todas las líneas con las que se representa son continuas; y se han trazado con una tinta de color negro, quedando en blanco el folio precedente.

La pieza es completamente regular y posee cuatro ejes de simetría, por lo que su definición gráfica resulta más sencilla respecto a las trazas previas. En la parte inferior aparece dibujada la planta, en la que están representados, además del perímetro del polígono, las juntas del intradós de las siete hiladas en las que está dividido cada cilindro. Es la única bóveda del grupo en la que aparecen dibujadas en la planta las juntas que definen las dovelas, sobre una de las intersecciones entre casquetes contiguos.

La bóveda carece de embocaduras, pues al nivel de impostas arranca con generatrices de los cilindros, por lo que sobre la planta, abatida, se representa la sección recta de uno de los cuatro cilindros, producida por el plano vertical que pasa por el centro del octógono.

En la sección están representados los arcos semicirculares que definen las superficies del intradós y el trasdós; el espesor de la bóveda; las juntas de los lechos entre hiladas, que están contenidas en planos de canto concurrentes en el eje del cilindro; las líneas verticales que definen las alturas de las juntas del intradós; y los rectángulos envolventes de las cuatro hiladas de la izquierda.

En la parte superior izquierda del folio, aparece en verdadera magnitud la sección de la bóveda por la arista intersección entre dos casquetes de cilindro contiguos, en la que están representadas las curvas intersección en el intradós y trasdós, con sus correspondientes tiranteces.

La regularidad de la bóveda hace que las ocho aristas, intersección de cada casquete de cilindro con el contiguo, sean curvas planas contenidas en planos verticales, cuya proyección en planta es coincidente con los radios del octógono. Las aristas son el resultado de la intersección de los cilindros por planos verticales oblicuos a su eje, por lo que corresponden a semielipses rebajadas, y las direcciones de las tiranteces serán concurrentes en el centro de la bóveda [Fig. 564].

Figura 564. Perspectiva militar de la bóveda ochavada, obtenida a partir del modelo tridimensional de la traza contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

En esta ocasión, para el dibujo del cuarto de elipse correspondiente a las aristas, no se recurre, como en trazas anteriores, a sustituirla por una porción de óvalo. La arista se dibuja directamente como un arco de círculo, que pasa por tres puntos, determinados por el procedimiento de trasladar las alturas desde la planta.

Para conseguir que el arco pase por los puntos deseados, se dispone su centro desplazado hacia abajo y a la izquierda respecto del centro de la teórica elipse, lo que provoca que la curva dibujada no sea tangente a la vertical en el arranque ni a la horizontal en la clave.

El trazado de la curva del trasdós de la arista se realiza por el mismo procedimiento, con otro arco de círculo, no concéntrico del anterior, pues en la sección oblicua del cilindro el espesor de la clave será inferior al de los arranques, que pierde también las tangencias en sus puntos inicial y final.

Para determinar las direcciones de las juntas de los lechos en la arista intersección, una vez dibujados los arcos y vértices del intradós y el arco del trasdós, se marcan con el trazador horizontales que pasan por los vértices de la arista en el intradós, "A", "B" y "C", sobre ellas se trasladan las distancias entre las proyecciones sobre la horizontal, de los extremos de las juntas, "m", "n" y "o", tomadas de la sección del cilindro hasta los puntos "D", "E", y "F", y desde ellos se trazan verticales hasta su intersección con el arco del trasdós en los puntos "G", "H" e "I". Las tiranteces se dibujan uniendo las parejas de vértices de cada hilada "AG", "BH", y "CI" [Fig. 565].

Los errores que se arrastran por el hecho de sustituir las elipses por arcos de círculo, cuyos centros están además desplazados, hacen que las direcciones obtenidas, que deberían concurrir en el centro de la bóveda, no lo hagan, con una desviación que puede apreciarse, junto con el resto de errores comentados, en la superposición de dibujos que se adjunta, en la que se han colocado los resultados obtenidos a partir del modelo tridimensional realizado, con los dibujados en el código [Fig. 566].

Para labrar las dovelas por el procedimiento de robos, en la sección aparecen dibujadas las envolventes de cada hilada, y de ella se pueden obtener directamente las plantillas de las testas de las dovelas, complementadas con las de la arista, que están en la sección por la diagonal, en verdadera magnitud.

Figura 565. Obtención de alturas de vértices, según el procedimiento empleado en la bóveda ochavada contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Fig. 566. Superposición del dibujo realizado a partir del modelo tridimensional, sobre el dibujo de la bóveda ochavada, contenida en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

El ochavo es la única de las bóvedas cilíndricas en la que aparece alguna referencia al despiece de las dovelas. Sobre la planta, en cada hilada están dibujadas las proyecciones de las dovelas de una de las aristas, comunes a los dos casquetes cilíndricos que se intersectan. Las piezas se disponen contrapeadas en hiladas sucesivas para una mejor traba del conjunto.

Hay dos aspectos que se manifiestan con carácter único en esta bóveda frente al resto del grupo: la omisión del dibujo de las aristas sobre la planta, y la aparición del despiece de las dovelas, precisamente en el ámbito de las intersecciones de los casquetes.

Esto puede responder a la idea del autor de disponer en este caso piezas trabadas en las uniones, frente a los casos anteriores, en los que no se especifican despieces, pero si se dibujan las aristas, que corresponderían a juntas entre dovelas, en una disposición que permite mayor facilidad en la decoración interior de la bóveda, si se pretende incorporar a las dovelas, pero por el contrario resta estabilidad al conjunto, al resultar cada paño independiente respecto de los demás, confiando la estabilidad al rozamiento, pero con una mayor sensibilidad ante posibles movimientos o ante acciones horizontales.

La disposición de las juntas de las dovelas en el despiece dibujado resulta sorprendente, pues en una pieza totalmente simétrica, lo coherente sería disponer las dovelas de las aristas de un modo también simétrico respecto de los dos casquetes que las conforman. Sin embargo, el autor no lo hace así. La hilada superior, corresponde en exclusiva a la clave de la bóveda, por lo que no aparece despiezada. Según se va descendiendo, en la siguiente hilada se mantiene la simetría, disponiendo las juntas de las dovelas entre los puntos medios de los octógonos que la definen, lo que supone completar la hilada con ocho dovelas, una por arista.

Es en la tercera dovela en la que se rompe la simetría, mientras que en el casquete superior, la junta queda aproximadamente en el punto medio entre la arista y la junta de la dovela superior, en el casquete de la izquierda, la junta queda significativamente más próxima a la arista. Esta circunstancia se repite nuevamente en la siguiente hilada, mientras que en la hilada de impostas no se define el despiece. Analizando las marcas de traza ciegas, aparentemente esta rotura de la simetría se debe a un error de dibujo, pues la intención inicial del autor parece ser que ambos lados sean iguales, pero se equivoca al obtener las líneas de las aristas por prolongación de los lados y los puntos medios de la clave.

Todas las juntas verticales entre dovelas de cada hilada son paralelas a los ejes de los cilindros, lo que facilita su labra, pues las plantillas de las juntas pueden obtenerse directamente de la sección dibujada.

Podría pensarse que una pieza tan significativa tuviera una presencia numerosa en la tratadística. Sin embargo son escasos los ejemplos localizados. Es Alonso de Vandelvira, quien se ocupa con mayor amplitud del tipo. La más directamente relacionada con el código es el *ochavo ygual por dovelas* [Fig. 567], conformado por ocho casquetes cilíndricos de superficie lisa, que presenta diferencias significativas respecto a su solución³⁴⁶.

Por una parte, se plantean trece hiladas para el cilindro, siete para cada casquete, con una completa definición del despiece en dovelas. Las aristas se disponen como juntas, sin que exista contrapeado entre hiladas, y las juntas verticales entre las dovelas son radiales, frente a las paralelas a los ejes del código. Con ello se consigue una imagen interior de retícula, más apta para recibir una decoración interior, pero menos estable por la falta de traba. Aunque es posible la labra por robos, Vandelvira propone labrar por plantas, para lo que precisa exclusivamente las plantillas del intradós, que obtiene en desarrollo, y el baivel, que es único pero debe orientarse al centro del cilindro.

Una segunda versión es el *ochavo ygual por cruçeros* [Fig. 568], en el que se dispone en las juntas una retícula de nervios denominados *cruçeros*, entre los que se colocaría una plementería³⁴⁷. La pieza requiere de operaciones más complejas para su labra, pues como indica Palacios ([1990] 2003, 341) en el estudio de la traza, los cruçeros que forman los ingletes han de ser de una pieza y los que forman los meridianos, a excepción de los situados en los rincones, son revirados. Se incluyen otras dos piezas en las que la bóveda cubre un octógono no regular, con soluciones equivalentes a las dos ya descritas, una con superficies lisas [Fig. 569], y otra con nervios o *cruçeros* [Fig. 570]. La diferencia de longitud entre los lados y la disposición radial de las juntas, que corresponden a secciones oblicuas de los cilindros, hacen diferentes las plantillas de las dovelas de los casquetes, incrementando el número de plantillas necesarias para su labra³⁴⁸.

³⁴⁶ Vandelvira (c.1585, f. 104r.). También figura en la copia conservada en la BNE (Vandelvira [c.1585] 1646, f. 95v.). Véase Palacios ([1990] 2003, 336-339).

³⁴⁷ Vandelvira (c. 1585, f. 104v.). Esta traza no está contenida en la copia del *Libro de trazas* que se conserva en la BNE (Vandelvira [c.1585] 1646).

³⁴⁸ Las bóvedas aparecen tituladas como *ochabo desigual por dobelas* (Vandelvira c.1585, f. 106r.); (Vandelvira [c.1585] 1646, f.96r.); y *ochabo desigual por cruçeros* (Vandelvira c.1585, f. 106v.), que no figura en la copia de la BNE. El procedimiento empleado por Vandelvira para determinar las plantillas, es análogo al descrito por Palacios ([1990] 2003, 327-331), para la cabecera ochavada.

Fig. 567. Alonso de Vandelvira, *ochavo ygal por dobelas*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 104r.

Fig. 568. Alonso de Vandelvira, *ochavo ygal por cruçeros*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 104v.

Fig. 569. Alonso de Vandelvira, *ochavo desigual por dobelas*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 106r.

Fig. 570. Alonso de Vandelvira, *ochavo desigual por cruçeros*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 106v.

La versión de superficies lisas muestra un hecho interesante, que la relaciona con el código, pues en ella, sobre las secciones de los nervios abatidas, aparecen las líneas correspondientes a las tiranteces en el plano de las aristas, que definen las saltarreglas, que habitualmente Vandelvira no incorpora en las trazas de bóvedas cilíndricas, pero si están presentes en las del manuscrito.

Para completar los ochavos cilíndricos, Vandelvira ofrece una versión en las que se dispone exclusivamente la mitad de la bóveda, referida a una cabecera, con superficies lisas, pero que ofrece iguales planteamientos que las anteriores³⁴⁹.

Aparecen otras dos piezas que de algún modo se relacionan con las anteriores, el *ochabo de la Guardia* (Vandelvira c.1585, f. 103v.), al que da nombre la bóveda del cabecero de la iglesia del convento de Santo Domingo en la Guardia, también conocido como de Santa María Magdalena. Se trata de una bóveda esférica, que Palacios ([1990] 2003, 333), de un modo genérico, indica como una variante de la denominada bóveda de Murcia (Vandelvira c.1585, f. 70r.), en relación a la construida en la recapilla de Junterón en la catedral de Murcia, que es de superficie tórica³⁵⁰, y la *capilla ochavada en vuelta redonda*, de planta octogonal, pero cubierta con una bóveda baída (Vandelvira c.1585, f. 108r.).

El francés Jousse (1642, 124) plantea un ochavo que difiere de los planteamientos del contenido en el código, y también de Vandelvira, pues se dispone que las aristas intersección entre casquetes contiguos sean cuartos de círculo, lo que implica que los cilindros que configuran la bóveda deben ser de sección elíptica [Fig. 571]. Se divide en siete hiladas, aunque no especifica despieces para las dovelas dentro de la hilada. La arista se determina con la obtención adicional de los puntos medios de las dovelas, hecho innecesario, pues se trata de un círculo que aparece dibujado abatido sobre la planta coincidente con el envolvente de la planta. Se plantea la labra por robos, pero las envolventes de cada hilada, que aparecen en el alzado, corresponden a la arista intersección, por tanto oblicuos respecto del plano ortogonal a la hilada.

Otros autores que incorporan bóvedas de este tipo son Guardia (c.1600, f. 89v.), con el denominado *ochavo de cruçería por rincón* [Fig. 572], de planta hexagonal, pero con una

³⁴⁹ Denominado como *cabeçero ochabado* (Vandelvira c.1585, f. 102v.). La copia realizada por Goiti (Vandelvira [c.1585] 1646, f.95r.), cambia el género y la titula cabecera ochavada. Para su resolución y procedimiento de labra, véase Palacios ([1990] 2003, 327-331).

³⁵⁰ En relación a la bóveda tórica de la recapilla de Junterón, Alonso Rodríguez, López Mozo y Calvo (2001) realizaron el levantamiento. Ver también Calvo et al. (2005, 151-170); Calvo y Alonso (2005, 74-76).

solución equivalente a la de Vandelvira, formada por *cruceros* o nervios sobre los que se dispone la plementería³⁵¹, y Portor (1708, f. 92v.), que incluye una *bóveda ochavada*, en la que ofrece una solución diferente, disponiendo arcos apuntados en las directrices de los cilindros [Fig. 573].

Fig. 571. Mathurin Jousse, *voûte en cul de four, le plan Octogone, Le secret d'architecture...*, 1642, 124.

Fig. 572. Alonso de Guardia, *ochavo de crucería por rincón, Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 89v.

Fig. 573. Juan de Portor y Castro, *bóveda ochavada, Cuaderno de arquitectura*, 1708, f. 54r.

³⁵¹ Ver Calvo (2015, 450-453).

Un ejemplo de antecedente de este tipo de bóvedas es el ochavo contenido en la *Collégiale de Saint-Ours* en Loches, en el que la solución pasa por la utilización de paños planos, no cilíndricos, para generar una pirámide, en la que cada una de las caras se tratan, a los efectos de labra, de un modo independiente, disponiendo juntas en los encuentros de planos, sin traba entre los contiguos, criterio que posteriormente emplearían Vandelvira y Jousse³⁵².

De construcción renacentista es la cúpula ochavada que cubre la Sacristía Vieja de la iglesia de Santiago Apóstol en Jumilla, construida en 1589, que puede relacionarse con los modelos de Vandelvira, pues en ella se disponen juntas coincidentes con las aristas intersección de los casquetes cilíndricos contiguos, para facilitar la talla de los relieves de la superficie interior³⁵³. En los paños de la zona inferior del intradós se incorpora una decoración con un despiece inverso respecto al *ochavo ygual por cruçeros*, de Vandelvira (c.1585, f. 104v.). En lugar de resaltar los nervios radiales, son los casetones que ocupan los espacios entre los teóricos nervios, los que quedan salientes en relieve. En la zona superior se emplea una decoración avenerada. Sin embargo, a pesar de que los despieces de la ornamentación son radiales, la división en dovelas de cada hilada se resuelve de forma diferente, independiente de la decoración, de tal modo que las juntas entre dovelas contiguas de la misma hilada no son radiales sino que quedan contenidas en planos verticales ortogonales al eje del cilindro.

³⁵² En relación a la *Collégiale de Saint-Ours*, ver Ménard (2010).

³⁵³ Moreno García (2011, 17), en la recopilación de datos realizada, data su construcción en 1589, aunque se desconoce su autoría. Se la conoce como Sacristía Vieja a raíz de la construcción de la nueva sacristía barroca. Ver también González Simancas (1905-1907, 529-539); Gutiérrez-Cortines (1987); Antolí (2000); De la Hoz, Cañadas y De la Hoz (2006); Belda y Hernández Albaladejo (2006, 147-148); Alonso Rodríguez, Calvo y Martínez Ríos (2008).

Fig. 574. Ochavo piramidal, Collégiale Saint-Ours, Loches, 1135-1145.

Fig. 575. Cúpula ochavada, Sacristía Vieja, iglesia de Santiago Apóstol, Jumilla, 1589.

Las bóvedas de crucería

El conjunto de trazas de cantería contenidas en el código se cierra con el grupo dedicado a las bóvedas nervadas, que ocupan su parte final, tras la que aparece únicamente un último folio que contiene los dibujos inacabados, ya mencionados: un fuste de una columna salomónica en la cara recta; y los dibujos de una semicircunferencia y una curva que se aproxima a una semielipse.

Prosiguiendo con la comparación en el orden de los capítulos, entre el texto analizado y *el Libro de trazas* de Vandelvira (c. 1585), en ese caso tampoco se da la coincidencia en el orden, expuesta en los capítulos precedentes, pues enlazando con lo dicho en el correspondiente a las bóvedas de intradós cilíndrico, aunque Vandelvira finaliza su *Libro* con el capítulo correspondiente a las bóvedas, estas aparecen relacionadas con un criterio formal, en el que las agrupaciones tienen más que ver con el tipo de planta que con las soluciones constructivas. Aparecen sucesivamente bóvedas aristadas, nervadas, por cruceros o baídas, aplicadas a cada geometría, frente al griterío del código, que incluye en primer lugar todas las bóvedas cilíndricas y a continuación las nervadas.

Si como se ha dicho, durante el siglo XVI las bóvedas baídas, relacionadas con las superficies esféricas, fueron desplazando a las bóvedas de nervios, tanto por razones constructivas como por causa del gusto por la recuperación de los modelos clásicos, unos siglos atrás, fueron las bóvedas de crucería las que se abrieron camino respecto a las bóvedas reacionadas con las superficies cilíndricas.

Con los ritos de las celebraciones litúrgicas del mundo gótico, adquiere mayor significación el carácter ceremonial de las iglesias; en el interior de las catedrales se celebran actos procesionales; el pueblo tiene protagonismo presencial en las celebraciones y entra de forma masiva en su interior. Se requieren espacios de mayor dimensión, de mayor altura, en los que el tratamiento de la luz tenga carácter de protagonismo, condiciones que difícilmente podían alcanzarse con las pesadas bóvedas cilíndricas.

La bóveda de crucería supone un cambio sustancial en los modos de concebir los espacios y en los modos de construir, al producir una inversión de concepto y sistema constructivo respecto a las bóvedas de arista, en las que la dificultad de la ejecución se concentra en la intersección de los semicilindros de revolución, que se materializa en una semielipse, situada en la vertical del plano diagonal, forma que genera complicaciones constructivas debido a que su curvatura varía en cada punto, lo que obligaba a una compleja concepción y labra de las dovelas pertenecientes a la arista.

Zaragozá (2009, 99), define la bóveda de crucería, *como aquella en la cual la forma de la bóveda se logra mediante el cruce de arcos diagonales llamados también nervios. Estos arcos sirven de directriz para el trazado de unas superficies de doble curvatura que llamamos plementerías.*

Como explica Rabasa (2007b, 79-80), las semielipses de las bóvedas aristadas se sustituyen por semicircunferencias y se materializan en los nervios. Los modelos iniciales, para cubrir espacios de planta cuadrada o rectangular, están formados por los cuatro nervios perimetrales, denominados formeros o formaletes si limitan con un muro o hueco de iluminación, y perpiaños si limitan con otra bóveda contigua; y los dos nervios diagonales, llamados cruceros u ojivos, que se encuentran en el punto central, en el que sitúa la clave, pieza que materializa la conexión entre nervios³⁵⁴. La superficie de la bóveda queda dividida en cuatro paños o cuarteles, sobre los que se apoya la plementería, motivo por el que son denominadas cuatripartitas [Fig. 576].

Sin embargo, el importante tamaño de las naves centrales en las grandes catedrales, que obligaba a disponer una importante luz entre pilares, y la dificultad de coordinar su modulación en relación a las naves laterales, hizo que a finales del siglo XII, tratando de solucionar este problema, apareciera la bóveda *sexpartita*, a la que Maira (2015, 977) describe *en cruce de ojivas reforzada por el centro con un arco paralelo a los arcos fajones que la divide por la mitad y que fragmenta los formeros en dos, creando una pareja de ventanales a cada lado.* El número de cuarteles quedaba aumentado a seis y su plementería presentaba en los laterales una volumetría extraña, con una forma abocinada³⁵⁵. La disposición de los dos apoyos adicionales intermedios, permitía que en las naves laterales el módulo quedara reducido a la mitad respecto de la central, lo que posibilitaba disponer en ellas bóvedas cuya superficie resultaba la cuarta parte [Fig. 577].

³⁵⁴ Rabasa (2000, 48) comenta la descripción de Fitchen (1961) sobre el proceso de evolución de la bóveda de cañón a la de crucería, que pasaría por la introducción de perpiaños para subdividir la longitud en tramos independientes; la introducción de bóvedas de arista en serie; y la transformación de la bóveda de arista resultante en una acupulada, elevando la clave.

³⁵⁵ Respecto a las bóvedas sexpartitas españolas, ver los trabajos de Maira (2011); (2015) en relación a su traza, estereotomía, construcción y clasificación. Su reciente tesis doctoral (Maira 2015c), comprende un estudio completo de las bóvedas sexpartitas, ampliado también a las europeas. Ver también Maira (2015b); y Rabasa (2000, 58).

Fig. 576 Auguste Choisy, bóveda de crucería cuatripartita, *Histoire de l'Architecture*, 1899, 2: 268.

Fig. 577. Eugène Viollet le Duc, bóveda de crucería sexpartita, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, 1854-1856.

Las diferencias entre los apoyos extremos e intermedios, respecto a la cantidad de nervios que acometían a ellos, respecto de la carga recibida y de las alteraciones visuales que su diferente aspecto producía en la imagen del conjunto de la nave, hicieron que su empleo se abandonara durante el propio siglo XIII, para solucionar el problema mediante la disposición sucesiva de bóvedas cuatripartitas de planta rectangular.

Si en las bóvedas aristadas la altura de la clave, por lo general definida por las embocaduras semicirculares, se mantenía en las generatrices de los cilindros, resultando en la intersección una semielipse rebajada, en la bóveda de crucería, lo habitual es que se dispongan los cruceros semicirculares, con lo que la altura de la clave, situada en el punto en el que se intersectan, quedará elevada respecto de las claves de los arcos de embocadura, en el caso de que fueran también semicirculares. Las rígidas condiciones geométricas de los cilindros desaparecen, para posibilitar una libertad casi total para la composición y generación de la bóveda. Como dice Palacios (2009, 27) la bóveda gótica carece de una forma preestablecida y su volumen obedecerá a la voluntad de su constructor en la disposición de los elementos que la componen: las nervaduras, las claves, las jarjas y las plementerías.

Al conjunto inicial de nervios, se fueron adicionando progresivamente las ligaduras, también denominadas de espinazo, de cumbrera o rampantes, que unen la clave con las claves de los formeros y perpiaños; y los terceletes, nervios intermedios entre los cruceros y los formeros y perpiaños, que habitualmente toman la dirección de la bisectriz de ambos, cuya intersección con las ligaduras, que frecuentemente quedan interrumpidas en ese punto, da lugar a claves secundarias. La multiplicación de nervios fragmentaba los grandes paños de la plementería iniciales en otros de menor tamaño y por tanto de más sencilla ejecución.

La búsqueda de la facilidad y simplicidad de la labra y de la ejecución deriva hacia la estandarización de los nervios, de tal modo que, por lo general, todos serán arcos de círculos cuyos centros tenderán en muchas ocasiones, a quedar situados en el mismo plano de impostas, coincidente con el plano de trabajo que se construirá para su ejecución, lo que permitirá controlar su curvatura y tirantez con facilidad con un cordel³⁵⁶. En las bóvedas góticas clásicas, lo habitual era que los arcos perpiaños fuesen apuntados, de tal modo que la altura de su clave quedara cercana a la clave principal, con lo que el perfil de la bóveda, según la dirección longitudinal de la nave, o lo que es lo mismo, el perfil de los

³⁵⁶ Ver Rabasa (2000, 63).

nervios de ligadura, se acercará a la horizontal, dando lugar a las bóvedas de *rampante plano*, o a bóvedas cuya imagen se corresponde con una de cañón apuntada, si la ligadura es completamente horizontal.

En el caso de que las claves de perpiaños y formeros queden situadas a un nivel sensiblemente inferior al de la clave principal, las secciones longitudinal y transversal por los ejes darán lugar a ligaduras curvas y la superficie de la plementería tenderá a ser continua, sin que sus paños presenten pliegues entre sí, como ocurre en las de *rampante plano*. Son las bóvedas de *rampante redondo*. El tipo de *rampante* manifiesta, en opinión de Zaragoza (2009, 119), la diferencia entre las características plementerías plegadas del gótico clásico, para acomodarse a la elevación del *rampante plano*, y la continuidad de las plementerías que corresponden a *rampantes curvos*, características de las bóvedas españolas del Siglo XVI³⁵⁷.

A medida que se va curvando la superficie de la bóveda, se genera una cierta continuidad entre los paños de la plementería, que hace que esta, en su estado final, trabaje estructuralmente de forma autónoma, sin que la aportación de los nervios sea lo significativa que pudiera parecer. Es la evolución hacia las bóvedas tardogóticas de intradós completamente esférico, materializadas, o más bien *adornadas*, en su etapa final con nervaduras aparentes, que finalmente, con los nuevos gustos renacentistas, cedieron el protagonismo a las bóvedas baídas, aunque, como veremos, incluso muy avanzado el siglo XVI, una buena parte de los maestros eran reticentes a la incorporación de los nuevos sistemas constructivos, razón por la que se continuaron ejecutando bóvedas nervadas prácticamente hasta finales del siglo.

El avance hacia las formas curvas implicó también un cambio significativo en los diseños de las bóvedas. Se pasó del momento inicial, en el que se disponían las nervaduras principales como elementos estructurales, entre las que la plementería cumpliría su función de relleno y cubrición, a la fase en la que la forma de la bóveda, de algún modo, garantizará su comportamiento estructural, con independencia del diseño concreto de las nervaduras, lo que dio lugar a la aparición de modelos en los que los nervios se

³⁵⁷ A este respecto, ver los estudios de Palacios (2000, 745-748; 2003, 1552), que asocia las de *rampante plano* a la imagen del gótico francés de los siglos XII y XIII; señala las de *rampante redondo* como seña de identidad del gótico inglés y alemán; pone de manifiesto su origen aquitano; y su papel, junto a las de *abanico* inglesas, como modelos que constituirían la base del gótico español del final del siglo XV y del siglo XVI. Además, establece la diferencia de las bóvedas españolas de *abanico*, respecto de las inglesas, en la fragmentación de la nave mediante los arcos perpiaños, y la tendencia a disponer las direcciones de la plementería con los criterios de las bóvedas de arista, frente a las inglesas que disponen horizontales los lechos de plementería. En relación a la renovación de la bóveda de crucería y al empleo de *rampante llano* o *redondo*, ver Marías (1991b, 71-73).

multiplicarían, con una gran variedad y diversidad de formas, incorporando además los nervios curvos o combados, cuya inclusión genera problemas constructivos adicionales, pues si lo habitual es que los ejes de las secciones rectas de los nervios se mantengan verticales (Rabasa 2007b, 81), en el caso de los nervios combados, su eje no puede mantenerse en un plano, describiendo una línea curva o serpenteante de recorrido tridimensional (Palacios 2009, 39)³⁵⁸.

La tendencia evolutiva hacia las superficies más curvadas, a la multiplicación del número de nervios y a la inclusión de los nervios de directriz curva o *combados*, fue común en los diversos ámbitos, pero en el tardogótico centroeuropeo se dieron algunas peculiaridades, expuestas por López Mozo, Martín Talaverano y Sanjurjo (2015, 937-938), como el empleo de composiciones variadas, la continuidad espacial mediante la disposición de redes nervadas, la supresión de algunos de los nervios del patrón básico de la bóveda de terceletes, como los ojivos, formeros o perpiaños, e incluso las claves propiamente dichas, soluciones más infrecuentes en la tradición hispana, de las que López Mozo y Senent (2016, 64) exponen modelos relativamente tempranos con alguna de estas características.

Una evolución en un sentido diferente, es la que deriva hacia las bóvedas aristadas, definidas por Zaragoza (2000, 141) como aquellas que se ordenan a partir de unas aristas que han sustituido el lugar y función de los arcos cruceros de las bóvedas de crucería, de las que existen numerosos ejemplos construidos en Valencia por uno de los pioneros de la práctica de la estereotomía moderna, Francesc Baldomar, a mediados del s. XV.

Comparten las geometrías superficiales de las bóvedas de crucería, pero carecen de nervios; y se diferencian de las bóvedas de arista en que no están generadas por la intersección de cilindros de igual altura. Las superficies que las constituyen son, como en las nervadas, de doble curvatura, y la resolución de las aristas encuentro entre los paños requiere una concepción de las dovelas previa a la labra y a la colocación en obra. Por un camino diferente a las nervadas, también evolucionaron hacia la geometría de la esfera, desarrolladas en la segunda mitad del s. XV, por la generación siguiente a Baldomar con Pere Compte como figura significativa (Zaragoza 2000, 172).

Hay que hacer referencia a las controversias mantenidas por diferentes estudiosos en relación al funcionamiento y naturaleza de las bóvedas, sacadas de nuevo a la luz y

³⁵⁸ El propio Palacios incluye en la denominación de combados, a todos los de la nervadura secundaria, ya sean rectos, como es habitual en la escuela toledana; o curvos, frecuentes en la castellana.

comentadas por Zaragoza (2009, 100-107). El primer estudio es el publicado en Inglaterra por Willis ([1842] 1910), en relación a las bóvedas medievales, en el que, entre otras cuestiones, propone un método para su diseño, relacionando la altura de la clave, la curvatura del nervio y su avance en el punto medio³⁵⁹. Con posterioridad sería Viollet-le-Duc (1854-1868), el que en su *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, con una teoría sustancialmente mecánica, estableciera el papel esencial permanente que desempeñan los nervios en las bóvedas de crucería, formando un esqueleto que sustenta la plementería, a la que le considera prácticamente independiente de las nervaduras, asimilándola a paneles ligeros sin rigidez.

Unos años después, Choisy (1899) refrendaría las ideas de Viollet-le-Duc, y la autoridad de ambos, unida a la firmeza de sus afirmaciones, hizo que sus teorías no fueran cuestionadas, sino refrendadas posteriormente, como recogen Torres (1945, 219-20) y Zaragoza (2009, 100), por autores como Brutails (1908, 131; 1922, 133), que asimila las bóvedas góticas a cubiertas de zinc sostenidas por armaduras de hierro, o Aubert (1934), que definía las ojivas como cimbras permanentes. La idea *funcionalista* de los nervios, como la denomina Gómez Martínez (1998, 12), fue encarnada en España por Lampérez ([1908-1909] 1930, 2: 466-467).

Sin embargo, tras las consecuencias de los efectos de la primera guerra mundial, y posteriormente, de la guerra civil española, numerosas bóvedas seguían manteniéndose en pie a pesar de que hubieran desaparecido algunos de sus nervios considerados como indispensables, o incluso parte de las plementerías. La realidad ponía en duda las teorías de Viollet-Le-Duc y Choissy.

Fue Torres Balbás (1920, 205-215; 1939, 223-233; 1945, 214-231), uno de los primeros en poner de manifiesto estas circunstancias y rebatir las teorías previas, indicando que en muchos casos las ojivas no soportan la bóveda y podrían desaparecer sin riesgo, y afirmando que [...] *en el estado actual de muchas bóvedas de ojivas, la verdadera bóveda la constituye la plementería; los arcos ojivos son independientes de ella, pudiendo desaparecer sin que se altere la estabilidad de la bóveda* [...], con una visión de carácter más *formalista* de la función de los nervios³⁶⁰.

Para él, los nervios tendrían un carácter de cimbras provisionales que facilitan el trazado de la bóveda, a la vez que la modelan y le aportan un efecto plástico.

³⁵⁹ El procedimiento está explicado en detalle por Rabasa (2000, 63-65), que deja claro que, evidentemente, no sería el utilizado por los constructores medievales, pero podría ser de utilidad para los neogóticos.

³⁶⁰ En relación al debate entre las teorías funcionalistas y formalistas, ver Gómez Martínez (1998, 11-12).

Fig. 578. Eugène Viollet le Duc, bóveda de cruceira, Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle, 1854-1856, 9: 540.

A las críticas se sumaron, como indica Zaragoza (2009, 101), las opiniones destacadas del ingeniero Victor Sabouret (1928), asignando a las nervaduras un papel simplemente decorativo; y el arquitecto Pol Abraham (1934, 69-88), que adjudica un papel indiferente a los nervios en relación al equilibrio de la bóveda, salvo en casos excepcionales de los gruesos nervios del s. XII, que refuerzan la bóveda.

Como en toda controversia, por lo general, una posición intermedia habitualmente se aproxima a la realidad de la cuestión. A medida que la forma de las bóvedas evolucionó desde las quebradas superficies de grandes paños iniciales, hasta las más fragmentadas y curvadas, dotadas de mayor continuidad, la plementería fue adquiriendo de forma autónoma la capacidad autoportante, en la medida que la perdían las nervaduras, como sucede en las bóvedas tardogóticas españolas del siglo XVI, objeto de especial atención en este trabajo por su relación directa con las contenidas en el código, con superficies cercanas a la esfera.

La libertad de disposición de las nervaduras era tal, que se podía diseñar la tracería sobre la planta, con la forma y combinación de nervios y dibujos deseada, con independencia de la forma de la superficie, y después proyectar verticalmente los puntos correspondientes hasta ella, con la única condición de que los nervios queden reunidos en los apoyos³⁶¹.

El cambio en los sistemas constructivos que supusieron las bóvedas nervadas, modificó sustancialmente el tratamiento de las superficies. De los continuos paños de intradós, que obedecen a superficies planas, curvas cásicas, o regladas alabeadas, se pasa a contemplar las plementerías como elementos de relleno superficial entre nervios, con un carácter informal, en los que la presencia de los nervios hace que no existan aristas vistas producto de los encuentros entre paños, que quedarán ocultos sobre ellos, y que por tanto, no requieren una labra cuidada.

La disposición de los nervios en las primeras bóvedas de rampante llano, provoca que los paños de plementería sean superficies curvas, por lo general no regladas, ni correspondientes a ninguna de las formas clásicas, cuya generación pasa por tender hiladas entre los nervios que los limitan perimetralmente, que además presentan plegaduras significativas.

³⁶¹ Ver Rabasa (2000, 136-138). En relación con la disposición de las nervaduras en las bóvedas tardogóticas españolas, ver los trabajos de Palacios (2000, 744-747; 2003, 1548-1551; 2007); Palacios y Tellia (2015, 31-34); Rabasa (2000, 131-140).

En aras de la facilidad de ejecución, de la disponibilidad de materiales y de las técnicas constructivas habituales en cada zona, las plementerías se materializan con diversidad de criterios. Pueden ser de mampostería, con piedras de pequeño tamaño, rellenas de mortero, que permiten ir adaptándose a las formas superficiales requeridas. También se pueden realizar de ladrillo con argamasa dispuesto a rosca, como ocurre en la catedral de Valencia, como ha documentado Zaragoza (2009, 106-107), ejemplo de especificidad local de uso muy extendido en la zona durante los siglos XIII y XIV, debido a la disponibilidad de arcilla y a la existencia de mano de obra morisca. El ladrillo también puede estar colocado de plano, en al menos dos hojas en las que se alterna la disposición de los ladrillos, sistema que puede llegar a permitir el prescindir de las cimbras³⁶².

En todos los sistemas mencionados, la existencia de un revestimiento inferior que cubrirá toda la superficie de la plementería, evita que la ejecución deba de ser especialmente cuidada. Otro posible sistema es el de emplear argamasa aligerada, frecuentemente con piedras porosas o elementos cerámicos de gran volumen, como vasijas o ánforas, recubiertas inferior y superiormente, lo que permite conseguir un espesor importante con poco peso. El sistema puede ser realizado con una capa inferior de argamasa, o bien tomando como base una bóveda tabicada³⁶³.

El empleo de técnicas alternativas no implica que se abandonara el uso de la piedra, y de hecho es el sistema considerado más convencional en las bóvedas góticas, con plementerías realizadas con hiladas regulares de piedra, apoyadas en los nervios, igualmente realizados con piedra³⁶⁴. Conforme la red de nervaduras se fue haciendo más tupida, el tamaño de los paños de la plementería era sensiblemente menor, y la superficie de la bóveda, más continua. En muchas de las bóvedas del siglo XVI españolas se tendió a realizar la plementería con piedra, ya sea con lajas, o con hiladas paralelas en las que se puede llegar a cubrir la distancia entre nervios con una única pieza³⁶⁵.

³⁶² Zaragoza (2009, 109-110), se hace eco de ejemplos de plementerías en bóvedas de crucería, construidos con este sistema en Valencia antes de 1383. Su evolución derivaría hacia las bóvedas tabicadas, en las que se puede prescindir de los nervios, con las que se se traducirían las formas pétreas al ladrillo.

³⁶³ El sistema fue empleado en la catedral de Barcelona y en opinión de Zaragoza (2009, 114), debió ser frecuente en la zona mediterránea durante el siglo XIV. Zaragoza e Iborra (2005, 78) se refieren al empleo frecuente de estas bóvedas en la zona mediterránea durante los siglos XIII y XIV, asociadas a rampante recto aquellas en las que el ladrillo se dispone a rosca, mientras que las de rampante redondo estarían más relacionadas con las bóvedas tabicadas.

³⁶⁴ Este grupo es vinculado por Zaragoza (2009, 108), que se refiere a su aparición en ejemplos tempranos en la Corona de Aragón, con algunas características del gótico francés, como el rampante llano y los cruceros en ojiva, y una particularidad: la existencia de claves de enorme tamaño.

³⁶⁵ Ver Rabasa (2000, 65-66).

En lo referente a los nervios, lo habitual es que sean de piedra, aunque en algunos casos también se realizaron con otros materiales, como ladrillo o yeso. Como se ha mencionado, normalmente todos los nervios de la bóveda estarán constituidos por arcos de círculo, ya sea para generar arcos de medio punto, o bien para componer arcos apuntados.

Por tanto, para proceder a labrar las dovelas, bastará con determinar la curvatura del arco y definir el perfil del nervio, que generalmente será moldurado, con un baquetón en la parte inferior que facilitará la manipulación de la dovela y su colocación sobre las cerchas. También es habitual que en la parte superior disponga de una cola o espiga que permita el apoyo de las piezas de la plementería [Fig. 579].

Conociendo ambos datos, es posible fabricar la plantilla correspondiente al perfil del nervio y el baivel que permita controlar la curvatura durante el proceso de labra. En el conjunto de la bóveda, es posible que todos los nervios tengan el mismo radio, componiendo formeros y perpiaños con arcos de igual radio que los ojivos. En ese caso, todas las dovelas de la bóveda tendrán la misma curvatura y con un único baivel será suficiente para labrar los nervios. Es una solución factible cuando se emplean arcos apuntados, con la ventaja añadida de la facilidad de una curvatura para poder adaptarse a una longitud determinada, además de evitar los problemas de replanteo y admitir hasta cierto punto, la comisión de errores.

Si los radios de los arcos son diferentes, solución generalizada según se fue tendiendo al rampante curvo, entonces se requerirá una operación previa para hallar la curvatura de cada uno, en función de la posición de sus puntos extremos. En general, para definir la nervadura, bastará con determinar su proyección sobre la planta y la altura en la que se situarán las claves, principal y secundarias de la bóveda, buscando el radio y la posición del centro que proporcionan el arco deseado, operación que habitualmente se realiza en una proyección vertical.

El perfil de los nervios puede ser igual todos ellos, pero también es normal disponer anchuras y alturas diferentes en función de la importancia del papel del nervio en el conjunto, en cuyo caso, los ojivos serán mayores que los terceletes y las ligaduras. En función de la intención de fragmentar el espacio en tramos, se puede dotar a los perpiaños y formeros de mayor tamaño.

La estandarización de las curvaturas permite aprovechar al máximo las piedras disponibles, no siendo necesario, si no se desea a efectos de imagen, que todas las dovelas

tengan la misma longitud, por lo que se pueden ir labrando dovelas de diferentes longitudes para formar el nervio, dejando el ajuste de longitud final para la última pieza o para la clave³⁶⁶.

Fig. 579. Georg Gottlob Ungewitter, secciones de nervios de bóveda de crucería, Lehrbuch der gotischen konstruktionen, 1901, t. XX.

Fig. 580. Georg Gottlob Ungewitter, disposición de la capa de plementería en bóvedas de nervios, Lehrbuch der gotischen konstruktionen, 1901, t. XXXV.

Uno de los métodos de trazado de bóvedas basado en el concepto de estandarización es el denominado *prinzipalbogen*, o arco principal, según el cual, todos los nervios de la bóveda se realizan con el mismo arco de circunferencia, lo que lleva a una geometría obligada con solución única para cada planta y cada tipo de arco, en la que basta con definir un punto inicial y la curvatura para poder conocer la posición del resto de los puntos³⁶⁷.

³⁶⁶ En este sentido, Rabasa (2000, 43) explica en relación a los arcos semicirculares, la solución habitual de que sea la clave la responsable del ajuste final, determinando su dimensión tras la colocación de las otras piezas, para evitar que quede larga y haya que retocarla, o bien que quede corta y no sirva. En el caso de que no se desee igualar la longitud de las dovelas, existe la alternativa de labrar inicialmente la clave, con la longitud deseada para cada entrega, y posteriormente ajustar la longitud del nervio con la última o últimas dovelas.

³⁶⁷ En relación al método del *prinzipalbogen* y su aplicación en algunos ejemplos concretos, ver Martín Talaverano (2011, 863-864); Palacios y Martín Talaverano (2012, 385-386). Palacios y Tellia (2016, 574)

Las claves constituyen, junto a las jarjas, los puntos singulares de las bóvedas de crucería, pues materializan el encuentro de los diferentes nervios. En las bóvedas hispanas, las claves se suelen resolver mediante cilindros de eje vertical, de los que parte un brazo con la forma y dirección de cada uno de los nervios que acometerán a ella, con el lecho labrado ortogonalmente al eje, para permitir la adecuada entrega de la dovela final del nervio. Para proceder a su talla, basta con disponer de su planta y de las curvas directrices y plantillas de los nervios que acometen a ella.

El diámetro del cilindro, si se quiere evitar que las intersecciones entre los nervios se produzcan fuera de su ámbito, deberá ser tal que en su proyección en planta, las líneas laterales de cada dos nervios contiguos se intersecten en su interior. Del mismo modo, su altura será superior a la de los nervios para que todas las entregas se produzcan en la superficie cilíndrica, quedando libre la base. La multiplicación de los nervios y su disposición hace que en algunos casos, acometan a las claves varios nervios con direcciones e inclinaciones diferentes, haciendo de ellas piezas de un grado de complejidad importante, al contrario de lo expuesto para los nervios [Fig. 581].

Al ser el cilindro de eje vertical, en el punto medio de la bóveda, en el que quedará ubicada la clave principal, la superficie habitualmente será horizontal, y por tanto, la base del cilindro tenderá a ser paralela a su plano tangente [Fig. 582]. Sin embargo, respecto a las claves secundarias, a medida que su situación se va alejando del polo, el eje del cilindro seguirá siendo vertical, pero la superficie de la bóveda tenderá a inclinarse, por lo que la base del cilindro formará un ángulo cada vez mayor con el plano tangente a la superficie. Para evitar el efecto visual que tal situación produce, lo normal es que las bases se labren reviradas, tendiendo a ser paralelas a dicho plano, de tal modo que en el caso de que se desee decorarlas o se les incorpore una tortera, el aspecto sea el de un elemento paralelo a la superficie de la bóveda en dicho punto.

Esta disposición vertical de las claves obliga a emplear piezas de gran tamaño y peso, con el consiguiente desperdicio de piedra. En el siglo XVI aparece una solución alternativa, que se verá reflejada tanto en los traados como en los ejemplos contruidos, consistente en disponer el eje del cilindro de la clave perpendicular a la superficie de la bóveda, lo que permite que todas las claves sean iguales, con independencia de su situación relativa en la bóveda³⁶⁸.

³⁶⁸ En relación a la disposición de claves inclinadas, ver Palacios (2009, 44-45); Palacios y Tellia (2015b).

Como se ha mencionado, los nervios se disponen de tal modo que mantienen verticales los ejes de sus secciones rectas, pero en función de la curvatura de la cáscara de la bóveda, puede darse el caso de que encuentren al cilindro de tal modo que no exista coincidencia con los contiguos en los niveles de sus diferentes molduraciones. Si el cilindro de la clave tiene el tamaño suficiente, esta circunstancia no supone un problema, pues se puede conseguir que los nervios acometan a la clave de forma independiente tanto a la entrada como a la salida. Ahora bien, para conseguirlo, en ocasiones habría que recurrir a una clave de tamaño desproporcionado, y en el caso de que no se disponga la clave, el encuentro es de muy difícil resolución. Otro problema adicional que plantea esta situación es la de permitir un correcto apoyo de la plementería en los nervios.

Para ello, se emplea un recurso que consiste, como ha explicado Rabasa (2000, 106-107) en aplicar al nervio una deformación mediante una transformación plana para igualar las alturas de las molduraciones. Es esta deformación es denominada por Vandelvira como *revirado*, y por Rodrigo Gil como *bulco*. Palacios (2009, 36), indica que solo las diagonales y las ligaduras mantendrían su sección simétrica, por lo que serían considerados de molde cuadrado, mientras que el resto tendrían su sección deformada, denominándose de molde *revirado*, por Vandelvira, o *jairados*, por Simón García.

En ocasiones, cuando se trata de solucionar el encuentro entre dos nervios, en lugar de disponer claves secundarias, se resuelve directamente su intersección [Fig. 583]. Esta es la solución empleada por Vandelvira, para sus bóvedas de nervios con intradós esférico, en las que dispone retículas de nervios cuyos ejes se mantienen ortogonales a la superficie de la esfera, con lo que sus encuentros se pueden realizar con limpieza sin necesidad de revirarlos. En el tardogótico alemán es frecuente encontrar una disposición, raramente empleada en las bóvedas españolas, en la que los nervios alcanzan el punto de encuentro a diferentes alturas, resolviéndose las intersecciones mediante la prolongación del nervio un tramo más allá del encuentro³⁶⁹.

³⁶⁹ Este modo de resolver los encuentros entre los nervios ha sido objeto de estudios como los de Martín Talaverano (2011, 866-869); Martín Talaverano, Pérez y Senent (2012; 2012b, 85-88); Rabasa y López Mozo (2016, 506).

Fig. 581. Eugène Viollet le Duc, clave secundaria de una bóveda de crucería, Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle, 1854-1856, 9: 547.

Fig. 582. Georg Gottlob Ungewitter, claves de bóvedas de crucería, Lehrbuch der gotischen konstruktionen, 1901, t. XXI.

Fig. 583. Georg Gottlob Ungewitter, encuentros de nervios sin claves cilíndricas, Lehrbuch der gotischen konstruktionen, 1901, t. XXIII.

De modo análogo a la evolución en la disposición de los ejes de las claves, durante el siglo XVI, a medida que las bóvedas se aproximan a las superficies esféricas, se comienzan a orientar los ejes de los nervios hacia el centro de la bóveda, con lo que se hace innecesario revirar los nervios, pudiendo tener todos su sección simétrica.

Las jarjas o arranques constituyen otro elemento fundamental de las bóvedas de crucería. En el diseño del conjunto de las nervaduras, lo habitual, en una bóveda de planta cuadrilátera, es trabajar con los ejes de los nervios para hacerlos concurrentes en los cuatro vértices. En un modelo básico de terceletes, en cada uno de los apoyos confluirían el formero, el perpiaño, el ojivo y los dos terceletes, un total de cinco nervios. Si el elemento de apoyo es una columna o pilar situado entre naves, al que acometen bóvedas en las cuatro direcciones, el número de nervios ascendería a quince. En bóvedas con mayor despliegue de nervios, en las que se dispongan contraterceletes, la acumulación de nervios que confluyen en el arranque puede alcanzar un número muy elevado.

Para resolver los arranques, se disponen, sillares de piedra, o tambores en el caso de columnas, con lechos horizontales, que forman parte simultáneamente del elemento sustentante y de los nervios de la bóveda. Estas piezas se van superponiendo sucesivamente de tal modo que según van ascendiendo, las molduraciones de las nervaduras van conformándose en relieves correspondientes a sus molduraciones, que progresivamente se van separando del elemento de apoyo.

Los lechos horizontales habitualmente se mantienen hasta una altura en la que los nervios quedan separados unos de otros para manifestarse de modo independiente en sus curvaturas. Llegados a ese nivel, la junta correspondiente al siguiente lecho dejará de ser horizontal para adoptar una disposición radial.

El arranque puede disponer de complicaciones adicionales, pues las alturas de inicio de cada nervio pueden ser diferentes, al igual que sus secciones y radios de curvatura. No obstante, como indica Palacios (2009, 41), la tendencia en el siglo XVI fue hacer que el conjunto de nervios que llegan a un vértice de apoyo, aunque tengan dimensiones y curvaturas diferentes, salgan de un haz uniforme de planta circular.

Fig. 584. Alonso de Vandelvira, jarjas de bóvedas nervadas, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, ff. 95r.; 95v.; 96r.; 97r.

La problemática de los arranques de este tipo de bóvedas ha sido contemplada con cierto detalle en la tratadística, por autores como Gil de Hontañón ([c. 1550] 1681, f. 25 r.), que muestra claramente en el dibujo del abatimiento del crucero la horizontalidad de los lechos en las jarjas, hasta alcanzar el punto en el que una vez independizados los nervios, se hacen radiales; o por Vandelvira (c. 1585, ff. 95 v.-97 r.) [Fig. 584], que dedica varios folios a describir con detalle como se van fusionando las molduraciones de los nervios hasta integrarse en el elemento de apoyo³⁷⁰.

Las bóvedas de crucería han sido abordadas por la gran mayoría de los autores de manuscritos y tratados, en algunos casos aportando un número considerable de alternativas y soluciones.

Del conjunto de los españoles analizados, los únicos que no la contemplan son Cristóbal de Rojas (c. 1598); el manuscrito Mss 12744 de la BNE (c. 1600) y Fray Laurencio de San Nicolás (1639), pues respecto a Ginés Martínez de Aranda (c. 1600), la copia que se conserva no contiene los capítulos correspondientes a las bóvedas, pero probablemente incluiría alguna bóveda nervada (Calvo 2000, 1: 100).

³⁷⁰ En relación a las jarjas en Gil de Hontañón, Ver Huerta Fernández (1990, 109-110; 2012, 172-173; 2013, 119-120), centrado especialmente en los aspectos estructurales y constructivos; ver también Palacios (2006, 2421) y Palacios y Moreno Dopazo (2015, 1274-1275). En relación a Vandelvira, Palacios (2009, 40-42) y Martín y Palacios (2009, 838-839). Para los aspectos generales de ejecución del enjarje, Willis ([1842] 1910, 3-9). En relación a los enjarjes en el caso particular de muros, ver Pérez de los Ríos y Zaragoza (2013, 833-842); Zaragoza y Pérez de los Ríos (2014, 34-57).

En cuanto a los franceses, la presencia es más escasa, pero además de De L'Orme, las contemplan otros tratadistas como Derand, Milliet-Deschalles y Frézier.

En cualquier caso, como indica Gómez Martínez (1998, 19), al conjunto de monteas contenidas en la tratadística, hay que añadir un importante número de trazas de carácter operativo, pues estaban destinadas a ser construidas en edificaciones concretas, realizadas por los maestros, que están contenidas en planos, contratos de obra u otros documentos de los que se tiene conocimiento.

Los modelos más tempranos reflejados en los tratados analizados se encuentran en el cuaderno de Villard de Honnecourt (c. 1225), que contiene varias plantas de iglesias y catedrales [Fig. 585], en las que quedan definidos los nervios correspondientes a las bóvedas de crucería que cubren los tramos de las naves, de las girolas, o bien de los ábsides dispuestos en torno a ellas³⁷¹. Corresponden por lo general a los modelos góticos tempranos, en los que las naves, ya sean de planta cuadrada o rectangular, se resuelven mediante bóvedas cuatrimpartitas, disponiendo los nervios cruceros³⁷².

En los ábsides de planta cuadrada se utiliza la misma disposición, mientras que en los de planta poligonal, se dispone una clave central de la que parte un nervio hacia cada vértice, con el caso particular de los de planta semicircular de la catedral de Senlis, en los que se fusionan el ábside y el tramo correspondiente de la girola [Fig. 586], colocando una clave en el centro del ábside de la que parten los nervios hacia los apoyos, con lo que la girola dispone únicamente de tres cuarteles, en una solución similar a la existente en la catedral de Soissons, aunque en ésta los ábsides son poligonales al igual que en la solución que Villard (c. 1225, pl. XXXVIII), refleja en detalle en el *ar chu fait om on cavece a XII versires* [Fig. 589].

En los modelos dibujados, se fusiona el primer tramo de la nave con la cabecera, de tal modo que la bóveda cuatrimpartita se sustituye por otra de tres cuarteles, disponiendo

³⁷¹ La primera de ellas es la planta de la catedral de Cambrai (Villard c. 1225, pl XXVII), con nave central de tramos rectangulares, cuatro naves laterales de tramos cuadrados, y doble girola, en la que los tramos exteriores quedan incorporados a los ábsides, de planta poligonal. En la segunda lámina (Villard c. 1225, pl XXXIII), aparecen dos plantas: la superior, que Lassus asocia a la catedral de Senlis por la coincidencia en la solución particular de la girola, con nave central de tramos rectangulares, cuatro naves laterales de tramos cuadrados, doble girola y ábsides en los que se alternan las plantas cuadrada y semicircular. La planta inferior corresponde a la iglesia de Saint-Farón de Meaux o de Saint Étienne, con nave central de tramos rectangulares, cuatro naves laterales de tramos cuadrados, girola y ábsides de planta poligonal. La tercera lámina corresponde a la iglesia de Vaucelles (Villard c. 1225, pl XXXII), con nave central de tramos rectangulares, dos naves laterales de tramos cuadrados, con crucero y girola sobre la que se van abriendo de manera alternada ábsides de planta cuadrada o rectangular, y poligonal.

³⁷² Zaragoza e Ibáñez (2014, 262-264), se refieren al hecho de que Villard refleje en las plantas de sus templos las cabeceras y raramente la planta completa, que vinculan al carácter del ábside como elemento autónomo. Ver también Ibáñez y Zaragoza (2015, 223-224).

una clave en el punto que en la planta corresponde con el centro del arco o polígono de la cabecera, en la que convergen todos los nervios [Fig. 587].

Zaragozá (2000, 58), ha constatado la existencia de soluciones de este tipo en iglesias valencianas del siglo XIII, como la del monasterio de Santa María de Benifassà³⁷³.

Ambas soluciones, la de disponer una clave central en los ábsides, con nervios que la conectan con los vértices, y la integración de la cabecera con el primer tramo, aparecen en el plano más antiguo conocido en España, el de Antoni Guarch, para la catedral de Tortosa [Fig. 588]³⁷⁴, finalmente no realizado (Zaragozá 2010b, 98-99).

La solución general de los tramos de las girolas pasa por renunciar a disponer los nervios según las diagonales de la planta, lo que daría lugar a cuarteles de muy diferentes dimensiones, siendo especialmente reducido el interior, por lo que se desplaza la clave hacia un punto intermedio entre los formeros, desde la que se disponen cuatro nervios hacia las esquinas, solución también presente, además de en las dibujadas por Villard, de Cambrai, Meaux y Vaucelles, en otras como las catedrales de Sens o Saint-Denis.

Merece una mención especial otro de los dibujos de *Villard* (c. 1225, pl. XL), al que denomina *par chu met om on capitel duit colonbes a one sole sen nest mies si en conbres sest li machonerie bone*, que corresponde a una bóveda nervada sobre un recinto de planta cuadrada, con contrafuertes perimetrales que lo dividen en una retícula de nueve partes iguales [Fig. 590].

Se dispone una columna central de apoyo, desde la que parten nervios hacia ocho claves intermedias, alineadas en un cuadrado, que a su vez se conectan cada una con dos contrafuertes, liberando de apoyos las esquinas, con lo que se obtiene un resultado en planta que se relaciona con las bóvedas ochavadas, pero recuerda mucho las soluciones de bóvedas estrelladas que aparecerán con posterioridad³⁷⁵.

³⁷³ Soluciones como las que aparecen en el cuaderno de Villard, han sido puestas en relación por Ibáñez y Zaragozá (2016, 417-421) con elementos de microarquitectura como algunos tabernáculos del siglo XIV, algunos de los cuales obedecen a patrones a los que consideran *ejercicios de experimentación*, como los de la Puerta del Amparo de la catedral de Pamplona, y la del Salvador, de la iglesia de San Pablo de Zaragoza, que plantean en la girola una alternancia que permite la apertura de vanos de iluminación de la girola.

³⁷⁴ Marías (1991, 254-255) lo data en 1345.

³⁷⁵ Gómez Martínez (1998, 79), la señala como derivada de las salas capitulares inglesas, construidas sobre plantas circulares y poligonales desde finales del siglo XII.

Fig. 586. *Villard de Honnecourt*, catedral de Senlis (arriba) e iglesia de Saint-Faron de Meaux (abajo), Album, c. 1225, pl. XXVIII.

Fig. 585. *Villard de Honnecourt*, catedral de Cambrai, Album, c. 1225, pl. XXVII.

Fig. 587. *Villard de Honnecourt*, iglesia de Vaucelles, Album, c. 1225, pl. XXXII.

Fig. 588 Antoni Guarch, traza para la catedral de Tortosa, 1379-1382. Publicado en Zaragoza (2010b, 99).

Fig. 589. Villard de Honnecourt, *ar chu fait om on cavece a XII versires*, Album, c. 1225, pl. XXXVIII.

Fig. 590. Villard de Honnecourt, *par chu met om on capitel duit colonbes a one sole sen nest mies si en conbres sest li machonerie bone*, Album, c. 1225, pl. XL.

El estudio de las monteas incorporadas en los tratados, pertenecientes al entorno temporal más cercano al código, se incorpora conjuntamente con los correspondientes a cada uno de los modelos de bóveda, tratados en los apartados subsiguientes.

La bóveda nervada de planta perlongada

En las bóvedas nervadas, se produce nuevamente una situación análoga a la que se comentó respecto de las aristadas. El autor del manuscrito no comienza por la que corresponde a un modelo que se podría considerar como básico, que sería el de planta cuadrada, y por el contrario, inicia el grupo con una bóveda de planta perlongada, para continuarlo posteriormente con la de planta cuadrada, aunque como veremos, ambas están directamente relacionadas.

Con carácter previo, hay que hacer mención a dos hechos que concurren en esta traza. La primera es la ausencia de dibujos en los dos folios precedentes. Entre la última de las bóvedas aristadas: el ochavo; y la primera de crucería, los folios f. 27v. y f. 28r., quedan en blanco. Hasta el momento, algunos de los folios vueltos carecían de dibujos o textos, pero en ninguno de los folios rectos se había dado esta circunstancia. La segunda es la ubicación de la traza. Lo habitual en las piezas analizadas hasta el momento es que con el cuaderno abierto, aparezcan los dibujos en el lado derecho, correspondiente a los folios rectos, mientras que en el lado izquierdo, es decir, en el folio vuelto anterior, se escriban los textos descriptivos, en los casos en los que existen.

Fig. 591. Bóveda nervada de planta perlongada.

Fig. 592. Bóveda nervada de planta perlongada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 28v.

En algunas de las trazas, de las que carecen de texto, en el folio vuelto precedente se dibujaron construcciones gráficas adicionales de la pieza, como desarrollos de plantillas o alzados complementarios, cuyo tamaño no permitía que figuraran en el mismo folio que la planta. También se han descrito los casos de las dos trazas añadidas con posterioridad al

cuaderno, por un autor diferente, que aparecen igualmente en folios vueltos que habían quedado en blanco, pero que de algún modo presentan cierta relación con la traza inicial que figura a su derecha. Sin embargo, este es el primer caso en el que a pesar de estar disponible el folio recto, se dibuja la pieza en el folio vuelto anterior.

La bóveda aparece dibujada en el f. 28v., dejando libre a su derecha, como se ha comentado, el f. 29r., y no aparece titulada, ni dispone de textos explicativos, signos o notación alguna, aunque está relacionada dimensionalmente con la bóveda incorporada tras ella, como se analizará posteriormente. El dibujo de la planta de la bóveda aparece centrado vertical y horizontalmente en el folio, ocupando aproximadamente la mitad del mismo, aunque de modo adicional, en la parte derecha, está dibujado el semicírculo relacionado con una de las diagonales, que ocupa la superficie del folio hasta un punto cercano a su borde [Fig. 592].

Para todos los elementos se ha empleado una tinta de color sepia y respecto a los tipos de línea, se han usado dos diferentes: una línea continua con carácter general, y una línea punteada, utilizada para dibujar las líneas exteriores de los nervios. Como elemento gráfico adicional, los centros de las claves aparecen marcados con puntos, algunos de ellos bastante intensos, y otros de una manera más liviana. El color de la tinta, el grueso de las líneas y el tipo de trazos son compatibles con los existentes en el resto de las trazas del núcleo principal del códice.

Como criterios de representación de los elementos en la planta, las claves se dibujan mediante dos círculos concéntricos bastante próximos, con excepción de la clave principal, que queda trazada por tres círculos concéntricos: el exterior y el intermedio, ligeramente más separados; y el interior, muy próximo al intermedio. En el caso de las claves situadas en los formales, su representación se realiza mediante dos semicírculos concéntricos. Los nervios están dibujados mediante cuatro líneas paralelas: las dos interiores, continuas, que corresponderían al ancho del baquetón, mas otras dos líneas punteadas exteriores, equidistantes de las anteriores, que aparentemente reflejarían las aristas de encuentro de los nervios con la plementería. Los formales quedan representados a línea continua simple, interrumpida en los cuatro vértices por cuartos de círculo que representan las jarjas.

Todos los nervios se representan con la misma anchura, a excepción de los formales, en los que aparece representada a tinta únicamente la línea interior, y todas

las claves secundarias son del mismo tamaño, siendo la dimensión del diámetro de la clave principal aproximadamente del doble.

La traza corresponde a una bóveda tardogótica con una compleja nervadura que incorpora combados. Tiene diecinueve claves: la clave polar; cuatro claves correspondientes a los formeros y perpiaños; diez claves dispuestas en un óvalo en torno al polo; y otras cuatro claves secundarias adicionales, dos a cada lado en el sentido longitudinal, que quedan situadas entre el óvalo y los formales situados en el lado corto.

El conjunto de las nervaduras parte de los formales; los cruceros, dispuestos en ambas diagonales y una única ligadura en el sentido longitudinal, que queda interrumpida al llegar a las claves del óvalo. A ellos hay que sumar los terceletes, que obedecen a dos diferentes criterios, para adaptarse a la planta perlongada: los que corresponden al sentido longitudinal, que son de directriz recta hasta alcanzar las claves secundarias situadas en el óvalo, y a partir de ellas se curvan en el tramo restante, hasta alcanzar la clave polar; y los terceletes del sentido transversal, que comienzan igualmente con directriz recta, pero inicialmente conectan con las claves secundarias intermedias laterales, a partir de las cuales se curvan hasta la clave secundaria del óvalo, en la que finalizan.

Se completan con pies de gallo, que conectan los terceletes con las claves de los nervios formales; nervios combados entre las claves intermedias de los terceletes y las claves del óvalo; y otros dispuestos en torno al polo en ambos lados del lado mayor. Con ello se consigue un efecto visual de bóveda estrellada que incluye dos lazos ovoides situados a cada lado del polo en el sentido longitudinal.

Al margen de la planta, el único elemento que aparece dibujado es el semicírculo que une los extremos de uno de los ojivos o cruceros, no desde los vértices del rectángulo, sino desde sus puntos de conexión con las jarjas. Para Gómez Martínez (1998, 124-129), este semicírculo correspondería al alzado del ojivo, abatido sobre la planta, en lo que denomina *trazas de monte con rampante opcional*, al quedar el resto de elementos y por tanto el rampante, libres de definición, lo que permitiría adoptar diferentes disposiciones. Incluye las monteas del códice en este grupo, del que establece como prototipo la de Gil de Hontañón, reproducida por Simón García ([c. 1550] 1681, ff. 24v.-25v.).

Ahora bien, aunque la montea de Gil de Hontañón no contenga información adicional en relación al resto de los nervios, el texto que la describe otorga a las ligaduras la misma curvatura que a los cruceros, como recoge el propio Gómez Martínez y los estudios llevados a cabo por Palacios (2006, 2421), en relación a ella, le llevan a

considerarla como esférica. Por el contrario, la montea del códice no ofrece ninguna información acerca de la curvatura de las ligaduras ni de los formaletes. El abatimiento del crucero, al corresponder a la dimensión entre sus arranques, proporciona, en este caso, la verdadera magnitud y curvatura del intradós del arco.

La geometría del conjunto de las nervaduras hace referencia, sin duda, a las bóvedas evolucionadas hacia formas más curvadas de la primera mitad del XVI. La incorporación de los combados, la ausencia de ligadura transversal, la interrupción de la ligadura longitudinal y la concepción polar del conjunto, indican que se trata de una bóveda de rampante curvo, pues lo contrario provocaría plegaduras en las plementerías, incompatibles con la imagen que ofrece el conjunto de los nervios.

Una vez más, ante la falta de explicaciones de la montea, es necesario analizar las marcas de traza ciegas incisas sobre el folio del códice, para obtener información adicional en relación al planteamiento realizado por el autor. Ello ha permitido describir los mecanismos empleados para situar las bases y establecer las direcciones de los nervios, especialmente de los terceletos.

Las líneas que definen los formaletes aparecen interrumpidas en los vértices, por arcos de círculo que representan los elementos de apoyo, que aparentemente son columnas. Dos de los tres nervios que acometen a cada columna se solapan parcialmente, por lo que el arco debería corresponder a alguno de los niveles de las jarjas, anterior al primer lecho inclinado, nivel teórico en el que los nervios deberían aparecer completamente separados. No es posible determinar si el arco está referido al plano de arranque, o si alguno de los nervios queda peraltado.

Para determinar la posición de las claves, se comienza por situar las correspondientes a los formaletes en sus puntos medios "A", "B", "C" y "D"; trazando las dos diagonales, se obtiene la posición de la clave principal "P". Las líneas correspondientes a los ejes del rectángulo serán "AC", sobre la que se dispondrá la ligadura, y "BD". Puesto que el rectángulo es duplo, si se traza un círculo con centro en la clave polar "P" cuyo radio sea el lado menor del rectángulo, o lo que es igual "BD", el círculo completará la división del eje mayor "AC" en cuatro partes iguales, obteniendo los puntos "E" y "F", sobre los que se sitúan dos claves secundarias, que limitarán la ligadura. Las intersecciones del círculo trazado con las diagonales, proporcionan otras cuatro posiciones de claves "G", "H", "I" y "J".

Para determinar la situación de las ocho claves restantes, se divide por la mitad cada una de las cuatro partes iguales del eje mayor "AE", "EP", "PF" y "FC"; por los puntos

obtenidos "1", "2", "3" y "4" se trazan las perpendiculares al eje "a", "b", "c" y "d"; a continuación se trazan las líneas "e", "f", "g" y "h", que unen los extremos del eje mayor con los vértices opuestos del rectángulo, que además corresponderán con las direcciones de los terceletes en el sentido longitudinal. Las intersecciones de estas líneas con las perpendiculares más cercanas al eje de las trazadas previamente "b" y "c", proporcionan los puntos "K", "L", "M" y "N", en los que se sitúan las claves que completan el óvalo y que constituirán el punto a partir del cual los terceletes longitudinales quedarán combados.

Para completar las claves, únicamente quedan por situar las cuatro intermedias entre el óvalo y los lados menores. Para ello, se trazan las mediatrices de las cuerdas que unen las parejas de claves situadas sobre el círculo, es decir, "GE" y "EH", resultando las líneas "i" y "j", empleando una construcción euclídea, que Vandelvira (c. 1585, f. 3v.) también incorpora en la parte inicial de su *Libro de trazas*. Finalmente, las intersecciones de las perpendiculares al eje "a" y "d" trazadas previamente, con "i" y "j" proporcionan la posición de las claves "O", "P", "Q" y "R" [Fig. 593].

Definidos previamente los terceletes longitudinales, los transversales se fuerzan para que, iniciándose en los vértices, pasen por estas últimas claves obtenidas, a partir de las cuales quedarán combados hasta los extremos de la ligadura en "E" y "F". Conocidas las claves y las direcciones de los terceletes, la planta se completa con la incorporación del conjunto de nervios combados, conectando las claves entre sí.

En lo relativo a a las direcciones de los terceletes, se da una circunstancia que merece ser considerada. Por lo general, en las bóvedas nervadas, la proyección horizontal del tercelete se traza de tal modo que su prolongación pasa por la intersección del eje de simetría de la planta en el sentido considerado, con la circunferencia circunscrita en los vértices del cuadrilátero³⁷⁶. En la bóveda perlongada del código, no se cumple esa regla en ninguna de las dos direcciones.

Respecto a los terceletes en el sentido longitudinal, la prolongación de su eje, pasa por la intersección del eje de simetría con el lado corto opuesto del rectángulo, mientras que en los transversales su dirección queda definida por el vértice del rectángulo y por el centro de la clave previamente determinada por el procedimiento descrito, no pasando su prolongación por ningún punto singular de la construcción.

³⁷⁶ Respecto al trazado de los terceletes, ver Rabasa (2007b, 84).

Figura 593. Obtención de las posiciones de las claves secundarias y de las direcciones de los nervios, en la bóveda nervada perlongada contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Ahora bien, en el código se manifiesta una circunstancia que ya había sido apuntada en un trabajo previo al respecto³⁷⁷, aparecen marcadas unas líneas, no pasadas a tinta, que aportan información relevante sobre las intenciones del autor.

Algunas de ellas, nombradas en el dibujo adjunto como “L1”, “L2”, “L3” y “L4”, están en los cuatro lados, son equidistantes y exteriores a ellos, y aparentemente corresponderían a la definición de la anchura de los formaletes, lo que correspondería a la cubrición con una bóveda de una capilla que tiene continuidad con otras.

En una iglesia en la que a la nave central se añaden dos naves laterales, una por cada lado, cada uno de los tramos de dichas naves limitaría al menos en su lado de mayor longitud, con uno de los muros, disponiendo un arco formero, excepto el primer y el último tramos, que limitarían adicionalmente con el muro por su lado corto, pero el resto de los nervios perimetrales limitarían con la nave central y con los tramos adyacentes de las naves laterales, siendo habitual que los perpiaños sean comunes a ambas.

Además, hay otro detalle que confirma lo expuesto. Los arcos de círculo dibujados en las esquinas no llegan a cubrir el cuarto de círculo, pero analizando las trazas se aprecia que su centro queda situado en el punto medio de la anchura de los nervios “M”, que corresponderían con las líneas ocultas, es decir, aparentemente las líneas de las jarjas dibujadas corresponden a columnas circulares que reciben en ambas direcciones los formaletes de las bóvedas.

La bóveda que aparece dibujada con tinta en el código, delimitada por las caras interiores de los formaletes, cubre una superficie rectangular cuyas proporciones son 2:1, conocida en el siglo XVI como proporción dupla. Considerando las proporciones de la bóveda respecto a las líneas ocultas, la anchura de los nervios del perímetro modificaría ligeramente la proporción dupla para quedar con proporciones 1,92:1 si se toma en los ejes, y 1,86:1, si se considera en los vértices extremos.

Las líneas ocultas mencionadas, indicarían que la bóveda dibujada en el código está pensada para ser materializada en una iglesia u otra construcción de las características reseñadas, y se da la circunstancia de que en la iglesia parroquial de Garcinarro, cuyas bóvedas, presentan nervaduras con el mismo diseño que las del código, se dan igualmente las dos circunstancias mencionadas anteriormente, lo que refuerza la hipótesis de su vinculación directa.

³⁷⁷ Ver García Baño y Calvo (2015b, 2: 137).

Las trazas ocultas revelan otra circunstancia relacionada con el diseño de los terceletes. Anteriormente se ha comentado que los terceletes dibujados no siguen la regla habitual, forzados a pasar por el centro de las claves secundarias; sin embargo, hay una línea oculta trazada en la jarja superior derecha, "t", que arranca en el centro del arco y alcanza la intersección "P" del eje de simetría transversal "s" de la bóveda con el círculo "C1", que pasa por los centros de las jarjas, coincidentes con los ejes de los formaletes. Es decir, el autor en un primer momento inicia el procedimiento para disponer los terceletes según la norma habitual, pero no continua, desechando la construcción y disponiendo la dirección definitiva del tercelete según lo indicado anteriormente [Fig. 594].

La bóveda está relacionada directamente con la de planta cuadrada, que figura tras ella en el folio siguiente, no solo por las similitudes en los criterios de diseño de las nervaduras, sino también por sus dimensiones. La bóveda de planta cuadrada, como se verá, incorpora una escala gráfica que permite determinar sus dimensiones, correspondiendo al lado una medida de 28,28 pies, aproximada a $28 \frac{1}{4}$ ³⁷⁸.

La bóveda rectangular está dibujada a la misma escala que la cuadrada, de tal modo que sus lados mayores se corresponden en longitud con los lados del cuadrado. Su lado menor, por tanto, tiene una dimensión de 14,14 pies y la diagonal, correspondiente al diámetro de intradós del crucero, medirá 31,62 pies, con lo que la altura de la clave central respecto del plano de impostas será la mitad de la diagonal, es decir 15,81 pies.

También es posible determinar las dimensiones de los otros elementos: la clave central mide 2 pies de diámetro; las claves secundarias tienen un diámetro de 1 pie; la anchura de los nervios es de $\frac{1}{4}$ de pie en el baquetón y $\frac{3}{4}$ pie en la zona superior; y las columnas de apoyo tienen un diámetro de 5 pies. Si se consideran las líneas ocultas, la anchura con la que aparecen trazados los formaletes es de $1 \frac{1}{6}$ de pie aproximadamente.

La equivalencia en metros, daría las siguientes dimensiones: 7,88 m. de longitud para el lado mayor; 3,94 m. de longitud para el lado menor; 8,81 m. para la diagonal y 4,40 m. de altura en la clave central; 0,55 m. de diámetro para la clave principal; 0,28 m. de diámetro para las claves secundarias; y para los nervios, 0,07 m. de ancho en el baquetón y 0,20 m. en la zona superior.

³⁷⁸ La medida se obtiene a partir de la longitud de la diagonal de la bóveda cuadrada, que es de 40 pies. Se considera que el pie corresponde con el pie castellano, cuya equivalencia en metros es de 0,2786. Esta cuestión se analiza en detalle en el apartado correspondiente a la bóveda cuadrada, por lo que aquí queda sucintamente apuntada.

Fig. 594. Obtención de las direcciones de los terceletes y presencia de marcas de traza ciegas en el dibujo de la bóveda nervada de planta perlongada, contenida en el manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE.

La coincidencia en el empleo de la misma escala para las bóvedas, la igualdad de longitudes en sus lados, las similitudes en el diseño de la red de nervaduras así como el hecho de plantear columnas circulares en los apoyos, que aparecen en ambas de igual diámetro, refuerzan la hipótesis de que los dibujos corresponden a monteas destinadas a ser construidas o, con menos probabilidad, a levantamientos de bóvedas ya construidas, pertenecientes a un mismo edificio.

Al igual que se realizará en el apartado de las bóvedas de planta cuadrada, se considera más adecuado realizar el análisis de las diferentes soluciones contenidas en la

tratadística, en base a la creciente dificultad de las nervaduras que realizarlo con criterios exclusivamente cronológicos.

En este sentido, en modelo más sencillo corresponde a la bóveda cuatrimpartita en la que, como únicos nervios, se disponen los formales y los ojivos, con la clave única dispuesta en su cruce.

En algunas de las planas de iglesias del manuscrito de Gil de Hontañón ([c. 1550] 1651, ff. 6r.; 7r; 7v.; 11r.), las naves centrales presentan tramos de planta perlongada cubiertos con bóvedas cuatrimpartitas, que aparecen representadas en planta con las líneas de sus ejes y que en base a los dibujos de secciones y a los datos del texto, dispondrían de formales con arcos apuntados. Adicionalmente hay otros casos en los que las nervaduras presentan mayor complejidad, que serán comentados más adelante.

Además de la bóveda de planta cuadrada, que se analizará en el apartado correspondiente, De L'Orme (1567, f. 111r.) incorpora un dibujo en perspectiva central de una bóveda de crucería cuatrimpartita. Aunque a primera vista, el efecto de la perspectiva pudiera inducir a pensar que se trata de una bóveda de planta cuadrada, sin embargo, el examen de la misma indica que la bóveda representada corresponde a una planta rectangular. En primer lugar, respecto al despiece del pavimento, en la hipótesis de que las baldosas son cuadradas, como parece evidente, se aprecia un mayor número de hiladas en anchura que en profundidad, pero adicionalmente, el propio autor indica que los formales y perpiaños son arcos de medio punto, y en el dibujo se manifiesta con claridad que la altura de la clave de los formales es notablemente inferior a la de los perpiaños, lo que indica que la anchura de la bóveda es mayor que su profundidad [Fig. 595].

El autor explica que el dibujo está extraído de su publicación anterior *Nouvelles inventions pour bien bastir et á petis fraiz* (De L'Orme, 1561), y que aunque se trata de un elemento de carpintería, puede ser realizado en piedra. Además de los nervios mencionados, y de los ojivos, dispone de una clave suspendida, conectada adicionalmente a los ojivos mediante unos cortos nervios adicionales.

La condición que impone es que los ojivos no sean semicirculares, en contra de lo habitual, con el fin de elevar la clave, y justifica la clave suspendida o pinjante, por su capacidad de contrarrestar la tendencia a elevarse los vértices superiores de los ojivos, una

elementos comunes es la coincidencia respecto a la altura del intradós de los ojivos, que queda igualada con el trasdós de los formeros (Rabasa 2011, 386).

La más elemental es la *capella perllongade* (f. 133 r.), en la que todos los formeros son apuntados, pero los menores quedan peraltados para igualar su altura [Fig. 596]. En la *capella perllongada ab formeret de nient* (f. 136r.), se plantea una solución que Gelabert no recomienda, pero al igual que hará con la correspondiente de planta cuadrada, la incluye en su manuscrito por ser de frecuente aparición constructiva [Fig. 597]. Consiste en disponer el formero de acceso, uno de los correspondientes al lado largo, a menor altura que los otros tres, que quedan peraltados, aunque todos ellos son apuntados³⁸⁰.

La siguiente traza plantea una situación singular; es la *capella perllongade escasana ab una parte biixa* (f. 141r.), en la que uno de los lados menores corresponde a un muro que presenta esviaje [Fig. 598]. Como indica Rabasa (2007, 753), ante la irregularidad de la planta, Gelabert mantiene el esquema de nervios, haciendo que el formero y el crucero se intersequen y se maclen con el muro, desaprovechando la flexibilidad y capacidad de las bóvedas nervadas para adaptarse a las circunstancias especiales que el perímetro pueda plantear. La bóveda tiene antecedentes en la construida en la Lonja de Palma, citada por el propio autor. En este caso, los ojivos y los formeros mayores son arcos escarzanos, mientras los menores son semicirculares para no sobrepasar su altura³⁸¹.

La cuarta es la *capella perllongada ansapanera* (f. 142r.), de planta regular, en la que los ojivos y formeros mayores son arcos carpaneles y los formeros menores, de medio punto [Fig. 599]. La última de este tipo es la *capella perllongada ab una clau pendant*, en la que todos los arcos son apuntados, con la particularidad de plantear una clave pinjante, o descolgada, añadiendo al ojivo una bifurcación que lo conecta con la zona inferior de la clave [Fig. 600]. Una bóveda similar había sido construida por Francesc Baldomar en el claustro de Santo Domingo de Valencia, empleando para la plementería el sistema de bóveda tabicada. La traza se relaciona con la de De L'Orme, mencionada con anterioridad³⁸².

³⁸⁰ Para la *capella perllongade*, ver Rabasa (2011, 368-369); para la *capella perllongada ab formeret de nient*, Rabasa (2011, 376-377).

³⁸¹ Ver Gómez Martínez (1998, 36) y Rabasa (2011, 386).

³⁸² Para la *capella perllongada ansapanera*, ver Rabasa (2011, 388-389). Para la *capella perllongada ansapanera*, Gómez Martínez (1998, 154-155) y Rabasa (2011, 392).

Fig. 596. Joseph Gelabert, *capella perllongade*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 133r.

Fig. 597. Joseph Gelabert, *capella perllongade ab formeret de nient*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 136r.

Fig. 598. Joseph Gelabert, *capella perllongade escasana ab una parte biassa*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 141r.

Fig. 599. Joseph Gelabert, *capella perllongada ansapanera*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 142r.

Además de las cinco variantes de la bóveda cuatrimpartita mencionada, Gelabert (1653, f. 147r.) incluye otra bóveda de planta rectangular, la *capella de sinch claus perllongade*, de cinco claves, añadiendo al esquema de nervios las ligaduras, que no se prolongan hasta los formeros, sino que quedan interrumpidas en las claves secundarias, y los terceletes [Fig. 601].

El sistema de representación es análogo, añadiendo en el alzado la representación en verdadera magnitud de ligaduras y terceletes girados, siempre referidos a la clave principal. El diseño de los terceletes obedece a la regla habitualmente empleada por los tratadistas, presente también en la gran mayoría de los ejemplos construidos, consistente en disponer su proyección en planta para que su directriz pase por la intersección de la prolongación del eje de simetría de la bóveda con el círculo en el que se inscribe la planta rectangular, aunque como hemos visto, la bóveda del código es uno de los escasos ejemplos que obvia esta regla respecto a los terceletes transversales

Otra circunstancia a reseñar en la traza de Gelabert, es el tratamiento de las claves secundarias, detalladas en el alzado, cuyo eje no se dispone vertical, sino que resulta perpendicular a las ligaduras³⁸³.

Fig. 600. Joseph Gelabert, *capella perllongada ab una clau pendant*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 144r.

Fig. 601. Joseph Gelabert, *capella de sinch claus perllongade*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 147r.

³⁸³ Ver Rabasa (2007, 750); (2011, 400), que ha constatado en relación al modelo de planta cuadrada con la misma disposición, una incidencia provocada por una inadecuada intersección en la acometida del tercelete a la tortera. Ver también Gómez Martínez (1998, 36).

Además de las ya citadas bóvedas cuatrimpartitas, las plantas de las iglesias del manuscrito de Gil de Hontañón ([c. 1550] 1651), contienen varias soluciones para las nervaduras de las bóvedas perlongadas. En todas ellas, el sistema de representación es análogo, trazando en la planta los ejes de los nervios y los círculos que representan las claves, estableciendo una jerarquía en sus diámetros, en función de la importancia de su posición. En ellas podemos encontrar la disposición de cinco claves con formaletes, ojivos, terceletes, trazados según la regla habitual, y ligaduras, que quedan interrumpidas en las claves secundarias³⁸⁴ [Fig. 602] [Fig. 603].

El siguiente modelo incrementa el número de claves a nueve, añadiendo a la disposición anterior cuatro nervios que unen las claves secundarias formando un rombo. Del grupo de las bóvedas solucionadas con este modelo, con carácter general, los terceletes están dispuestos según la regla habitual, pero en algunos de los tramos, rompen esta norma para orientarse con el punto medio del lado del rectángulo, como sucede en la bóveda del códice³⁸⁵ [Fig. 603] [Fig. 606].

También con nueve claves (siete más las situadas en los dos formeros), pero con una disposición menos convencional, aparece una tipología en la que desaparecen las ligaduras, y los terceletes se disponen únicamente en el sentido longitudinal, alcanzando el punto medio del formero del lado mayor³⁸⁶ [Fig. 604] [Fig. 605].

El modelo más complejo de las que se resuelven exclusivamente mediante nervios rectos corresponde a una bóveda de veintiuna claves en cuyo diseño se combinan los modelos anteriormente citados. Dispone de ligaduras en ambas direcciones y los terceletes no siguen las pautas habituales: los longitudinales se conectan con el extremo opuesto de la ligadura; los transversales con la clave de los formeros y a ellos se añaden contraterceletes, que conecten los vértices y las ligaduras. Con esta disposición se plantean la cabecera y el primer tramo de las dos capillas laterales de la *iglesia con bóvedas de crucería* (f. 18v.) [Fig. 606].

³⁸⁴ Esta disposición aparece en las colaterales del crucero y en la sacristía de la *iglesia de una nave con crucero* (f. 4r), y en todas las bóvedas de la *iglesia con hornacinas tan altas como la nave* (f. 4v), excepto el crucero y la cabecera.

³⁸⁵ Se emplea en los tramos de la nave central de la *iglesia de una nave con crucero* (f. 4r), en la que los terceletes se alinean con el punto medio del lado del rectángulo; y en todos los tramos de las naves laterales de la *iglesia con bóvedas de crucería* (f. 18v.).

³⁸⁶ El modelo se adopta en las colaterales del crucero de las iglesias de una nave con capillas hornacinas (f. 6r.) y de tres naves con cabecera trebolada (f. 7v.).

Fig. 602. Rodrigo Gil de Hontañón, planta de iglesia de una nave con crucero, c. 1550. Contenida en Simón García, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*, 1651, f. 4r.

Fig. 603. Rodrigo Gil de Hontañón, planta de iglesia con hornacinas tan altas como la nave, c. 1550. Contenida en Simón García, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*, 1651, f. 4v.

Fig. 604. Rodrigo Gil de Hontañón, planta de iglesia de una nave con crucero y capillas hornacinas, c. 1550. Contenida en Simón García, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*, 1651, f. 6r.

Fig. 605. Rodrigo Gil de Hontañón, planta de iglesia con cabecera trebolada, c. 1550. Contenida en Simón García, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*, 1651, f. 7v.

En la misma planta, los tramos de la nave central se resuelven mediante bóvedas con la particularidad de incluir nervios combados. Las bóvedas presentan el interés de ser las primeras de la tratadística en incorporar los nervios combados, que ya se venían utilizando desde la última década del siglo XV³⁸⁷. La del primer tramo presenta planta cuadrada, por lo que será analizada en el siguiente apartado, pero las otras tres corresponden a plantas perlongadas, aunque todas ellas presentan un diseño que obedece al mismo patrón, con ligeras diferencias.

La disposición posee en todos los casos veinticinco claves, con formaletes, ojivos, ligaduras, terceletes, pies de gallo y combados semicirculares que conectan las claves intermedias de los terceletes. A ellos se añaden ocho combados trebolados, en los tramos segundo y cuarto, o nervios rectos formando un cuadrado que conecta las claves intermedias de las ligaduras, en el tercer tramo [Fig. 606].

Fig. 606 Rodrigo Gil de Hontañón, planta de iglesia con bóvedas de crucería, c. 1550. Contenida en Simón García, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*, 1651, f. 18v.

³⁸⁷ Respecto a las primeras bóvedas con combados, que serán tratadas en un capítulo posterior, ver (Gómez Martínez 1998, 91). Martín Martínez (2013, 238-247; 2014, 107).

El manuscrito de Portor y Castro (1708, ff. 89r.; 90r.), contiene dos bóvedas nervadas de planta perlongada, ambas de forma esférica, como se desprende de los alzados, en los que se representan girados en verdadera magnitud y con su espesor los arcos correspondientes a los nervios, en todos los casos cuartos de círculo con tangencias horizontal y vertical en sus extremos, y con sus centros en el nivel de las impostas. En la planta, aparecen representados los nervios con su anchura, y además están reflejados los ejes.

Sin embargo, aunque ambas contienen combados, presentan diferencias significativas, tanto en su diseño como en su planteamiento. La primera de ellas corresponde al esquema habitual de cinco claves, pero con las ligaduras prolongadas hasta los formaletes y una serie de combados con inflexión que van conectando las claves [Fig. 607]. En la segunda, se elimina la clave central, situación presente en numerosos ejemplos contruidos, pero obviada por la tratadística, y se disponen dos círculos concéntricos, el menor de los cuales interrumpe los cruceros y las ligaduras. Se complementa el diseño con pies de gallo con inflexión [Fig. 608]. Los encuentros entre nervios se resuelven directamente, por cruceros, sin la presencia de claves propiamente dichas³⁸⁸.

Fig. 607. Juan de Portor y Castro, bóveda de crucería, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 89r.

Fig. 608. Juan de Portor y Castro, bóveda de crucería, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 90r.

³⁸⁸ En relación a estas bóvedas, ver Gómez Martínez (1998, 38-40); Carvajal (2011, 214).

El manuscrito de la familia de arquitectos Tornés (s. XVII-XVIII, f. 56v.), contiene una traza de bóveda de crucería de planta ligeramente perlongada que presenta interés por sus particulares características de trazado³⁸⁹. Tiene trece claves y en su conjunto de nervios, a los formaletes, ligaduras y terceletos, añade cuatro pies de gallo y series de combados formando lazos el torno al polo. En diseño se aproxima a la del códice, especialmente a la de planta cuadrada, con la salvedad de no disponer claves en el encuentro de los terceletos con los pies de gallo, y de agrupar los combados cóncavos polares de dos en dos, con lo que la apariencia es de cuatro lazos, en lugar de los ocho del códice [Fig. 609].

Los nervios se representan en planta con línea única y las claves mediante círculos de diámetro variable en función de su ubicación. Lo que les aporta mayor singularidad es el dibujo de los alzados, en primer lugar por figurar en la parte inferior de la planta, y no en la superior, hecho que únicamente se había manifestado con anterioridad en la de planta cuadrada de Milliet, Copiada por Tosca, Mazarraza y por la que se añadió al manuscrito de Portor con posterioridad, mencionadas en el siguiente apartado³⁹⁰. La obtención de las curvaturas de los arcos se realiza girándolos en planta y colocándolos en posición frontal, pero con una diferencia respecto a todos los citados anteriormente que los hace únicos: los arcos se colocan en ambos lados, para evitar su superposición, lo que permite diferenciar claramente los nervios de ambos lados, a pesar de la escasa diferencia entre sus longitudes. Sus formaletes son arcos apuntados, lo que indica que se trata de una superficie no esférica, como se desprende de las tangencias en los extremos superiores en el alzado, otra característica que los diferencia de sus contemporáneos.

Con posterioridad, Frézier (1737-1739, 3: 37), en su línea de simplicidad de dibujo habitual, plantea dos bóvedas perlongadas que prescinden, al igual que había mostrado Portor, de la clave central, disponiendo nervios que interrumpen los ojivos y las ligaduras, ya sea mediante un círculo o mediante un rombo acompañado de un octógono [Fig. 610].

³⁸⁹ En la autoría del manuscrito intervinieron diversos miembros de la familia Tornés, pero Juan (2011, 87-88), atribuye las trazas de las bóvedas a Antón Tornés Grasa.

³⁹⁰ Juan (2011b, 689); (2013, 518-519); (2015, 37-38), pone de manifiesto la dificultad de datar el manuscrito y sus contenidos, por la amplitud de fechas a las que se hace referencia en él, aunque por sus características y las relaciones indicadas, las bóvedas correspondan al primer cuarto del s. XVIII.

Fig. 609. Antón Tornés Grasa, bóveda de crucería de planta desigual, *Taccuino Tornés. Libro de trazas de la arquitectura jacetana*, s. XVII-XVIII, f. 56v.

Fig. 610. Amédée-François Frézier, bóvedas de nervios perlongadas, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres...*, 1737-1739, 3: 37.

Al margen de la tratadística propiamente dicha, respecto del conjunto de trazas de carácter operativo, en cuanto a las de planta perlongada, como ejemplos se pueden citar la traza realizada por Juan de Vallejo en torno a 1538, para la iglesia parroquial de Villagonzalo-Pedernales en Burgos, con la disposición convencional de cinco claves, además de una cuadrada³⁹¹ [Fig. 611].

La traza de Gaspar de Solorzano realizada en 1532 para la capilla para el Bachiller Juan Rodríguez, en la iglesia parroquial de Castromocho, en Palencia, quiebra los ojivos, elimina los terceletes en una de las direcciones, orienta los de la otra dirección hacia el punto medio del lado y añade contraterceletes, en un diseño que trata de minimizar las proporciones tan alargadas de la bóveda³⁹² [Fig. 612].

Otro ejemplo es la traza de Juan de Murribiza Estala, de 1564, para la iglesia parroquial de Soravilla en Guipuzcoa, que proyecta varias bóvedas para la cabecera, sacristía y naves con el mismo patrón [Fig. 613]. Las naves presentan planta perlongada, para la que se traza una bóveda de nueve claves, en la que a partir un modelo básico de

³⁹¹ Gómez Martínez (1998, 217); Valladolid, Archivo de la Real Cancillería, pleitos civiles, Lapuerta, F., C. 2575-2, planos y dibujos, carp. 17-245 y carp. 17-246. Publicado en *Tesoros de la Real Cancillería...* (1998, 116-117).

³⁹² Gómez Martínez (1998, 63). Archivo particular de Francisco Castillo. Publicado en García Chico (1951, pp. 169-179).

terceletes, se añaden unos combados que conectan las claves de los terceletes, eliminando la ligadura longitudinal y prolongando la transversal hasta los perpiaños³⁹³.

Fig. 611. Juan de Vallejo, traza de bóveda de crucería para la parroquial de Villagonzalo-Pedernales, c. 1538.

Fig. 612. Gaspar de Solorzano, traza de bóveda de crucería para la parroquial de Castromocho (Palencia), 1532.

En la licitación para construir la iglesia parroquial de Zumárraga, realizada en, 1577, consta la traza de Juan de Altuna y Santoro de Aresti, figuran bóvedas de planta cuadrada para los tramos de la nave central, y rectangular para las naves laterales, con diversos dibujos. En particular es de interés el trazado para el último tramo de ambas naves, pues el dibujo que presentan las nervaduras muy similar al contenido en el código. Las diferencias consisten en la incorporación de la ligadura transversal y el cambio de curvatura en los combados que unen las claves secundarias de los terceletes longitudinales con las de los ojivos.³⁹⁴ [Fig. 614]. También aparecen bóvedas nervadas en la traza realizada para la ampliación de la catedral de Barbastro, en el siglo XVII, con conjunto de nervaduras que incluyen combados y pies de gallo, algunos con puntos angulosos, pero mantienen los terceletes rectos hasta las claves secundarias³⁹⁵ [Fig. 615].

³⁹³ Gómez Martínez (1998, 216-217). Archivo General de Guipuzcoa, prot. Partido judicial de Tolosa, leg. 1513, ff. 139-142.

³⁹⁴ Gómez Martínez (1998, 119-120); Pamplona, Archivo Diocesano. Secretario Ibarrola, cartón 70-27. Publicado en García Gaínza (1971, 265-280).

³⁹⁵ Gómez Martínez (1998, 205); Barbastro, Museo de la Catedral. Publicado en Iglesias Costa (1987, 185).

Se conserva en el Archivo Histórico Nacional de Madrid, la traza para la torre de entrada de la iglesia de San Benito en Valladolid, realizada por Rodrigo Gil de Hontañón, en la que plantea para resolver la planta perlongada, una bóveda en la que emplea uno de los diseños que figuran en la iglesia con bóvedas de crucería de su manuscrito, repitiéndolo mediante la yuxtaposición de dos módulos iguales³⁹⁶ [Fig. 616].

Fig. 613. Juan de Murribiza Estala, traza de bóveda de crucería para la parroquia de Soravilla en Guipuzcoa, 1564.

Fig. 614. Juan de Altuna y Santoro de Aresti, bóveda de crucería para la parroquia de Zumárraga, 1577.

Fig. 615. Traza de bóveda de crucería para la catedral de Basbastro, s. XVII.

Fig. 616. Rodrigo Gil de Hontañón, traza para la torre de entrada, iglesia de San Benito, Valladolid.

A las trazas contenidas en la tratadística y en los documentos gráficos relacionados en algún modo con el diseño y disposición de las bóvedas nervadas, hay que añadir las monteas trazadas *in situ*, para llevar a cabo la materialización física de las bóvedas en las construcciones. El número de los que se conservan no es muy elevado, pues lo habitual era que fueran eliminadas tras la construcción, desaparecieran por un pulido de la superficie o por la ejecución de un recubrimiento sobre ella (Taín 2003, 339).

³⁹⁶ La traza fue publicada por Hoag (1985, 203-204), que indica que en 1572 las obras estaban bastante avanzadas, pero se desconoce la fecha de la traza.

Entre las que se han conservado de bóvedas nervadas, se puede citar el ejemplo de la existente en el pavimento del crucero norte de la iglesia del monasterio de Santa María de Montederramo, para la ejecución de la bóveda central del tercer tramo del coro alto, realizada avanzado el siglo XVII, que corresponde a una bóveda cuatrimpartita, lo que resulta extraño para lo avanzado de la fecha, al igual que la disposición singular de su clave, en la que los ejes de los ojivos quedan ligeramente desplazados a ambos lados³⁹⁷.

Otra de ellas es la grabada en el suelo de la capilla de Santa Catalina de la catedral de Tuy, que corresponde a una bóveda estrellada de cinco claves, en las que ligaduras y terceletes están complementados con cuatro nervios que conectan las claves secundarias en forma de rombo [Fig. 618], en una disposición que Taín et al (2012, 4) comparan con las bóvedas levantadas por Juan Guas entre 1472 y 1485 en el monasterio del Parral en Segovia, o con las existentes en la girola de la catedral de Murcia, construidas en torno a 1545. La disposición de los nervios se corresponde con uno de los modelos contenido en las plantas de dos de las iglesias del manuscrito de Gil de Hontañón ([c. 1550] 1651, ff. 4r.; 18v.), citadas anteriormente³⁹⁸, salvo la dirección de los terceletes, que en el dibujo de Gil de Hontañón obedece al criterio habitual de hacerla pasar por la intersección del eje del rectángulo con el círculo inscrito en él, mientras que en la monte de Tui pasa por el punto medio del lado opuesto, al igual que sucede en la bóveda dibujada en el código [Fig. 618].

Fig. 617. Miguel Taín Guzmán et al (2012, 9), traza de bóveda de crucería en la capilla de Santa Catalina, catedral de Tui, superposición sobre la bóveda construida.

Fig. 618. Rodrigo Gil de Hontañón, bóveda de crucería en la iglesia de una nave con crucero, c. 1550. Contenida en Simón García, Compendio de arquitectura y simetría de los templos, 1651, f. 4r.

³⁹⁷ Los datos en torno a la monta y a la bóveda han sido publicados por Taín (2003, 346-349; 2003b, 1892).

³⁹⁸ Taín (2013, 347), la relaciona con alguno de los abovedamientos realizados durante el siglo XVI, que fueron sustituidos a partir del siglo XVIII; pero posteriormente Taín et al (2012, 4) que incorporan una reconstrucción de la traza extendida al perímetro, han vinulado la disposición de sus nervaduras con una de las bóvedas existentes en la sacristía. Ver también Taín (2003b, 1892-1893); Taín y Natividad (2011, 1391-1392); Calvo et al. (2015, 3; 9).

La bóveda nervada de planta cuadrada

La segunda de las bóvedas nervadas contenida en el códice, es la correspondiente a una planta cuadrada, en la que el diseño de nervaduras obedece a parecidos patrones que la precedente, con la particularidad de la igualdad entre los cuatro lados, lo que permite un diseño completamente regular, que no resulta posible en la rectangular.

Se repite la disposición que se había adoptado para emplazar el dibujo de la perlongada, disponiéndolo en la parte izquierda, correspondiente al f. 29v., quedando inicialmente en blanco el f. 30r., situado a la derecha. La montea está centrada verticalmente en el folio, y ocupa prácticamente toda su anchura, lo que provoca que el semicírculo dibujado que circunscribe la diagonal, invada parcialmente la zona central izquierda del f. 30r.

Al igual que la anterior, se ha empleado una tinta de color sepia para todos los dibujos, pero en este caso todas las líneas son continuas, sin que aparezca ninguna de trazos o punteada. Los distintos elementos están representados de modo similar al de la bóveda perlongada, pero hay que reseñar algunas matizaciones.

Fig. 619. Bóveda nervada de planta cuadrada.

Fig. 620. Bóveda nervada de planta cuadrada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 29v.

En el caso de las claves, se mantiene el criterio de representar con tres círculos concéntricos, relativamente próximos, la clave central, y con dos círculos concéntricos, igualmente próximos, las claves secundarias, excepto una de las situadas en la zona superior del dibujo, representada por un solo círculo, en la que probablemente por error se omitió el segundo.

Las claves perimetrales también son objeto de variación respecto de la traza precedente, representadas ahora con un único semicírculo, en lugar de los dos empleados en la perlongada. La mayoría de ellas, aparecen con un punto señalando su centro. El tamaño del diámetro de la clave central es, con carácter general, el doble que el de las secundarias; sin embargo, tres de las ocho claves del círculo externo aparecen dibujadas de mayor tamaño que el resto. En esas tres claves, el diámetro del círculo interior coincide con el exterior del resto, por lo que probablemente, por error de dibujo, al trazar el círculo concéntrico se hizo por el exterior, pues no parece lógico que el autor tuviera intención de diferenciar el tamaño de esas tres claves respecto de las otras cinco situadas en el mismo círculo, cuyas características son equivalentes.

Los nervios aparecen dibujados mediante cuatro líneas paralelas, en este caso todas ellas continuas, representando las interiores las anchuras del baquetón, y el encuentro con la plementería las exteriores. En el caso particular de los nervios del perímetro, únicamente está dibujada a tinta la línea correspondiente a la cara interior. Se completa la planta con los cuatro arcos situados en las esquinas, que representan las jarjas, con un diámetro tal que desde ellas prácticamente salen separados los nervios contiguos, con un mínimo solape, por lo que podrían representar el nivel a partir del cual se inclinan los lechos. El ancho con el que están dibujados es ligeramente superior a los de la bóveda rectangular [Fig. 620].

La bóveda no está titulada ni acompañada de textos. Sin embargo, presenta un elemento de gran interés: en la parte inferior, bajo la planta, aparece dibujada una escala gráfica o pitipié graduado en el que figura una leyenda con los números 5; 10; y 20, tras el que está escrita la palabra *pies*. Adicionalmente, están marcadas las divisiones correspondientes a 0; 1; 2; 3; y 4 pies. Las que representan 0; 5; 10; y 20 pies, aparecen indicadas con un punto central, acompañado de otros dos puntos, situados respectivamente encima y debajo de él. El resto de las tabulaciones están indicadas con un único punto.

La presencia de escalas es un elemento muy inusual en los manuscritos y tratados de cantería, excepto en los casos referidos a las escaleras, pues los autores tratan de ofrecer soluciones generales para un tipo particular de arco o bóveda, que debe adaptarse posteriormente por el maestro responsable de su ejecución a las construcciones concretas. Este hecho sugiere que el conjunto de los dibujos de las bóvedas nervadas del código, no corresponde a un mero ejercicio de carácter teórico, sino más bien que se trata

de monteas destinadas a la construcción de elementos concretos, o bien de representaciones de ejemplos ya contruidos³⁹⁹.

La bóveda queda estructurada mediante veintiuna claves: la clave polar; dieciséis claves secundarias que están dispuestas en dos círculos concéntricos de ocho claves cada uno, alrededor del polo; y las cuatro claves pertenecientes a los nervios del perímetro del cuadrado.

En cuanto a la estructura y distribución de los nervios, partiendo de los formaletes, se disponen los cruceros completando ambas diagonales. En las dos direcciones se colocan sendas ligaduras, que no alcanzan los formaletes, quedando interrumpidas en las claves pertenecientes al primer círculo, el más próximo al polo. Se añaden, terceletos que son de directriz recta en el primer tramo, desde los vértices hasta las claves del segundo círculo, el más alejado del polo, para curvarse posteriormente hasta enlazar con las claves del primero.

Completan el esquema de nervios los pies de gallo que conectan los terceletos con las claves de los formaletes, y dos series de nervios combados. La primera conecta mediante pares de nervios, cada una de las claves intermedias de los terceletos con las claves de los extremos de las ligaduras y con las claves intermedias colocadas en los cruceros, todas ellas pertenecientes al primer círculo. La segunda la forman ocho nervios cóncavos dispuestos polarmente, que conectan cada par de claves contiguas del primer círculo. El efecto del conjunto es el de una bóveda estrellada en la que se ha incluido una serie de ocho lazos ovoides dispuestos en torno al polo.

Al igual que en la bóveda rectangular, el único elemento dibujado de modo adicional a la planta, que puede ofrecer información acerca de la geometría de la superficie, al margen de la mencionada escala, es el semicírculo que aparece en la zona derecha. Si en la bóveda rectangular su diámetro se correspondía con los extremos de los cruceros en el encuentro con las jarjas, ahora se toman como extremos del diámetro los vértices del rectángulo envolvente.

Como ya ha quedado explicado en la traza anterior, el semicírculo correspondería al abatimiento sobre la horizontal del nervio crucero, manifestando de este modo su verdadera curvatura y magnitud (Gómez Martínez 1998, 124-129), según el prototipo de Gil de Hontañón, reproducido por Simón García ([c. 1550] 1681, ff. 24v.-25v.), pero si en la

³⁹⁹ En este sentido se manifiesta Gómez Martínez (1998, 31). Ver también García Baño y Calvo (2015b, 2: 136-137)

bóveda anterior la curva refleja el intradós del nervio, en este caso, tal y como aparece dibujado, representa el trasdós.

En el caso de que todos los nervios tengan el mismo canto, puede resultar indiferente obtener el intradós o el trasdós, a efectos de labrar las piezas del nervio. Sin embargo, si los nervios tienen cantos diferenciados, necesariamente deben ser concurrentes en sus encuentros en el trasdós, para permitir el apoyo de los elementos de la plementería, pero sus superficies de intradós alcanzarán las claves a diferentes alturas, por lo que puede resultar más práctico disponer del trasdós, especialmente si se intentan unificar las curvaturas de todos o parte de los nervios.

La geometría de este tipo de bóvedas ha sido objeto de estudio por parte de Moya (1980 1: 55), que en su relación de esquemas correspondientes a bóvedas construidas en la rioja, incluye con el nº 68 uno que coincide plenamente con el de la bóveda de planta cuadrada del código. La describe como bóveda de cuatro conopios contrapuestos con vértices en las claves de formeros y perpiaños, con terceletes incurvados y polígono de lados cóncavos en torno a la clave mayor, combinados con los conopios, produciendo una flor con pétalos acorazonados, y haciendo referencia a que se da antes de 1525.

También las ha estudiado Gómez Martínez (1998, 98), que las considera uno de los modelos más complejos, variaciones sobre el modelo de Simón de Colonia en el cruce de la catedral de Palencia, y establece su proceso generador mediante una serie de círculos tangentes, cuyos centros describen una trama ortogonal, que sucesivamente se van subdividiendo y transformando. Asimismo Freire (2011, 428-429) ha analizado su trazado, en relación a la bóveda del presbiterio de la iglesia de San Vicente del Pino, en Monforte de Lemos, definiéndola como bóveda de claves desdobladas con dobles combados.

Con el fin de determinar el modo de generación de la red de nervios empleado por el autor, se han analizado las marcas de traza ciegas existentes en el código, que aportan una valiosa información al respecto, y muestran que los trazados y recursos gráficos utilizados responden a criterios de mayor sencillez geométrica.

Una vez dibujadas las líneas correspondientes al cuadrado en el que se desarrollará la bóveda, se trazan las dos diagonales que definen los ejes de los cruces, en cuyo centro quedará ubicada la clave principal "P". En el paso inicial de la construcción gráfica, se aprecia un primer error al trazar los lados del cuadrado, que se separan ligeramente de la perpendicular, lo que implicará en las posteriores construcciones, la acumulación de errores de dibujo, cuya magnitud es significativa.

Tomando los puntos medios de los lados del cuadrado, se sitúan en ellos las claves secundarias de los formaletes, "A", "B", "C" y "D", y se trazan los ejes de la bóveda. A continuación, se divide el semieje "DP" en dos partes iguales, obteniendo el punto "E". El círculo sobre el que se sitúa el primer grupo polar de claves secundarias tiene centro en el polo "P" y su radio es la cuarta parte del lado del cuadrado, es decir, la longitud del segmento "EP".

Por tanto, trazando el círculo "c1" con centro en "P" y radio "EP", sus intersecciones con las diagonales y con los ejes del cuadrado, proporcionan la posición de las ocho claves secundarias del primer grupo: "E", "F", "G", "H", "I", "J", "K" y "L". Adicionalmente, aparecen dibujados otros dos círculos concéntricos, "c2" y "c3", que trasladan el diámetro de las claves secundarias mencionadas a los ejes y diagonales, y un octógono "o1" con vértices en las claves.

Para situar las ocho claves restantes, es necesario determinar previamente las direcciones de los terceletes, puesto irán emplazadas sobre ellos. En esta bóveda, responden a la práctica habitual de unir el vértice del cuadrado con la intersección del eje de simetría de la planta con el círculo que circunscribe al cuadrado⁴⁰⁰.

Sin embargo, la construcción gráfica no se realiza de este modo para todos ellos, sino que se determina la posición de una de las claves con este criterio, y posteriormente se fuerza al resto a pasar los puntos obtenidos trasladando las distancias.

Describiendo con detalle el proceso, se comienza por determinar la dirección del tercelete "a", uniendo el vértice "V1" con la intersección "V2", del círculo con la prolongación del eje, aunque únicamente se marca con traza ciega la primera parte del segmento. Conocida la dirección del tercelete, hay que determinar la posición en la que se colocará la clave secundaria. Para ello, se traza la mediatriz "b", del lado "EL" del octógono dibujado previamente, repitiendo la construcción euclídea mencionada en la traza previa, que igualmente emplea Vandelvira (c. 1585, f.3v.), y se emplaza la clave en su intersección "M" con la línea directriz "a" del tercelete.

En lugar de repetir esta construcción, una vez conocida la posición de la primera clave del segundo círculo, se traza por su centro una línea "c" paralela al lado del cuadrado, y se repite esta operación en los otros tres lados, trazando paralelas a ellos a la misma distancia, que se corresponden con las rectas "d", "e" y "f".

⁴⁰⁰ Ver Rabasa (2007b, 84).

Sobre estas cuatro líneas deberán ir emplazadas las claves, para lo cual se toma la distancia desde el primer vértice "V1" a la clave conocida "M" y trazando pequeños arcos desde los cuatro vértices del cuadrado, con ese radio "V1M", quedan definidas las posiciones del resto de claves "N", "O", "Q", "R", "S", "T" y "U", forzando a que las direcciones del resto de los terceletes pasen por esos puntos.

De forma adicional, las intersecciones de las mediatrices del octógono con las prolongaciones de las direcciones de los terceletes se toman como centros de los combados cóncavos situados en torno al polo, haciendo radio en las claves colindantes, como es el caso del que tiene centro en "V" y radio "VE" [Fig. 621].

Con la construcción gráfica realizada, las ocho claves secundarias situadas sobre los terceletes deberían quedar alineadas, junto con las cuatro claves de los formaletes, en un cuadrado inscrito en el que define la bóveda, girado 45° respecto a él, cuyos vértices son precisamente los puntos medios de los formaletes, es decir, "A", "B", "C" y "D"; y además, todas ellas deben estar situadas en las intersecciones de las direcciones de los terceletes que se cortan, completando la figura de una estrella regular.

Como ejemplo, la clave "O" debe quedar situada en la intersección del tercelete "a" con el "g". Sin embargo, los errores acumulados de dibujo, con inicio en la falta de perpendicularidad de los lados del cuadrado, continuados por la cantidad de construcciones necesarias para completar el trazado de la bóveda, hacen que ninguna de estas dos condiciones se de en la bóveda dibujada en el códice.

Hay otras líneas de traza no pasadas a tinta, que de forma análoga a la señalada para la bóveda rectangular, corresponden a paralelas a los lados del cuadrado, exteriores y equidistantes de ellos, que indicarían las caras exteriores de los formaletes, definiendo su anchura.

Lo mismo ocurre en relación a los arcos que definen las jarjas, cuyos centros quedan situados exactamente en el punto medio del espesor trazado, por lo que aparentemente corresponden a columnas que servirían de apoyo de la bóveda, que tendría continuidad con las bóvedas contiguas, representadas en el folio precedente, puesto que las dimensiones del lado del cuadrado y el lado mayor son coincidentes, así como el diámetro de las columnas de apoyo [Fig. 622].

Figura 621. Obtención de las posiciones de las claves secundarias y de las direcciones de los nervios, en la bóveda nervada cuadrada contenida en el manuscrito Mss.12686 de la BNE.

Fig. 622. Obtención de las direcciones de los terceletes y presencia de marcas de traza ciegas relacionadas con los terceletes y los nervios perimetrales en el dibujo de la bóveda nervada de planta cuadrada, contenida en el manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE.

Al igual que en la de planta rectangular, el diseño del conjunto de nervaduras hace referencia a las bóvedas tardogóticas de la primera mitad del siglo XVI, en las que el rampante es curvo y la superficie se curva tendiendo a aproximarse a la esfera.

Sin embargo, como consecuencia de la incorporación de la escala gráfica, no nos encontramos ante una pieza abstracta, sino que es posible determinar las dimensiones de la bóveda que aparece dibujada.

La escala está emplazada en el dibujo bajo la planta de tal modo que su punto final, correspondiente a la graduación de 20 pies, es coincidente con el vértice del lado derecho del cuadrado. De este modo, haciendo un arco con centro en el vértice mencionado y radio el segmento desde el vértice hasta el centro de la bóveda, sobre el lado inferior de la

planta quedará reflejado el punto que corresponde al origen de la escala. Si se parte inicialmente de la escala, la construcción inversa permite obtener el cuadrado cuya diagonal mide el doble que la longitud total de la escala, obteniéndolo de una forma gráfica, a partir de una unidad conocida marcada previamente en el pitipié graduado.

Las trazas ciegas indican que la escala está dibujada sobre una línea de igual longitud que el lado del cuadrado, y aunque únicamente estén grafiadas las divisiones ya señaladas, están marcadas todas las correspondientes a cada una de las unidades de los 20 pies totales, lo que indica que probablemente se comenzó por trazar la escala y a partir de ella, se realizó la construcción gráfica del dibujo.

Un dato de importancia es la aparición del texto sobre la escala gráfica, pues la caligrafía de los números escritos: 5; 10; y 20, así como la palabra *pies*, es coincidente con la contenida en las trazas previas, pertenecientes al núcleo principal del código, por lo que se puede atribuir su autoría a la misma mano.

Podemos considerar que la escala del código, en función de sus vinculaciones temporales y geográficas, se refiere a la medida del pie castellano, usado tradicionalmente en la zona de Cuenca en el siglo XVI. Su equivalencia al sistema métrico decimal, sería la de 0,2766 m. (Ministerio de Fomento 1852, 1-4; Sancho 1946, 16).

Trasladando las dimensiones de la escala gráfica a la planta, la medida de 20 pies corresponde con la dimensión del radio del círculo circunscrito, y por tanto, también proporciona la altura de la clave polar respecto del plano de impostas. El diámetro del círculo es la diagonal de la planta entre los vértices interiores de los formaletes, cuya dimensión es de 40 pies y el lado cuadrado de la bóveda mediría 28,28 pies.

El diámetro de la clave polar es de 2 pies y el de las claves secundarias de 1 pie. Los nervios tienen un ancho aproximado de $\frac{1}{4}$ de pie en el baquetón y $\frac{3}{4}$ de pie en la zona superior. También es posible, a través de las líneas ocultas, determinar el diámetro de las columnas que sustentarían la bóveda, que es de 5 pies, y la anchura de los nervios formaletes que es de $1 \frac{1}{4}$ pies, aproximadamente.

Si consideramos la equivalencia en metros, la diagonal de la bóveda correspondería con una medida de 11,14 metros; la altura de la clave polar sobre el plano de impostas sería de 5,57 m.; el lado del cuadrado mediría 7,88 m.; la clave principal 0,55 m. de diámetro; las claves secundarias 0,28 m. de diámetro; el ancho de los nervios 0,20 m. en el encuentro con la plementería y 0,07 cm. en el baquetón; las columnas 1,39 m. de diámetro; y los formaletes 0,35 m.

Son numerosas las monteas de bóvedas de nervios de planta cuadrada contenidas en la tratadística de cantería⁴⁰¹. No siempre el orden cronológico de su aparición corresponde con la complejidad de las soluciones expuestas, razón por la que se ha considerado más conveniente realizar el estudio en base a la creciente complejidad de los modelos, con independencia de su datación.

La solución más sencilla corresponde a la bóveda cuatrimpartita en la que, además de los formaletes, los únicos nervios que la conforman son los ojivos o cruceros. Quizá debido a la sencillez que presenta, al margen de los dibujos generales de plantas de iglesias, como los mencionados de Villard (c. 1225), el único autor que se ocupa de su monteas, incorporando tres modelos de planta cuadrada es Gelabert, cuyo tratado es, según Rabasa (2007, 748), el único junto con el de Simón García (1681), que describe la construcción de bóvedas góticas.

En todos ellos dispone arcos apuntados en los formeros, pero con matizaciones en las diversas soluciones. La primera de ellas, es la que denomina *capella quadrada* (Gelabert 1653, f. 132r.), en la que expone su criterio de reproducir el formero del arranque en los cuatro lados de la bóveda [Fig. 623]; la segunda es la *capella quadrada ab la qual se demostra el modo de trasar la mellura alas plantas del enserjat* (Gelabert 1653, f. 134r.), que contiene las secciones horizontales correspondientes a diferentes niveles del enjarje, en las que llega al detalle de diferenciar rigurosamente las secciones inclinadas respecto de las horizontales del mismo nervio, a pesar de la escasa diferencia real entre ambas [Fig. 624]. La tercera es la *capella quadrada ab formeret de nient* (Gelabert 1653, f. 135r.), que contiene una solución que el propio Gelabert no recomienda, aunque comenta que es un modelo habitualmente construido, debido a que el formero de arranque queda a un nivel inferior a los otros tres, que están peraltados⁴⁰² [Fig. 625]. Gelabert dibuja en los tres casos los ojivos a doble línea, indicando su anchura, mientras que para los formaletes alterna la representación a doble línea, con la que refleja únicamente la cara interior, como sucede en el segundo caso.

⁴⁰¹ Rabasa, Alonso Rodríguez y Pliego (2015, 1399-1401), aportan una visión esquemática de sus características, especialmente en lo relativo a la curvatura de sus nervios perimetrales, ligaduras, terceletes y curvatura de las superficies.

⁴⁰² Para la primera traza, ver el análisis de la traza y las perspectivas realizadas en base a ella en Rabasa (2011, 364); respecto a la segunda, este hecho ha sido expuesto con detalle por Rabasa (2007, 749). Ver también Rabasa (2011, 370), que al estudio de la traza acompaña la perspectiva aclaratoria del modelo. Respecto de la tercera, ver Rabasa (2011, 374). En relación a todas ellas, ver Gómez Martínez (1998, 34-37).

Fig. 623. Joseph Gelabert, *capella quadrada*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 132r.

Fig. 624. Joseph Gelabert, *capella quadrada ab la qual sa demostra el modo de trasar la mellura alas plantas del enserjat*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 134r.

Fig. 625. Joseph Gelabert, *capella quadrada ab formeret de nient*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 135r.

El paso siguiente en nivel de dificultad es el correspondiente a la bóveda de cinco claves, en la que además de los formaletes, se incorporan ligaduras en las dos direcciones, que no alcanzan el perímetro, para quedar interrumpidas en las claves secundarias, a las que también acometen los terceletes. Aunque con distintas soluciones, la totalidad de los autores que incluyen este modelo, trazan los terceletes según la regla habitual, de disponer su directriz desde un vértice hasta la intersección del eje de simetría de la planta con el círculo que la circunscribe.

El primero en incluir este modelo fue Hernán Ruiz (c. 1550, f. 46v.), que ofrece una representación simplificada, pues en la planta, aunque aparecen los formeros y perpiaños dibujados con su espesor, para el resto de los nervios, la representación se limita a la línea que indica su eje. Las claves también se trazan con su diámetro. El dibujo de Hernán Ruiz presenta un gran interés, pues incorpora a modo de alzados, esquemas de cada uno de los nervios, representados mediante una única línea, que corresponde a su curva directriz en el intradós. Para dibujarlos, se realiza el equivalente a un giro en planta hasta colocarlos en posición frontal, y se abaten en el alzado, en el que quedan representados en verdadera magnitud, relacionándolos a partir de la traslación de las alturas fijadas para las claves y de sus radios [Fig. 626].

Rabasa (1996, 427-429) aclara que las embocaduras son arcos ligeramente apuntados y que el estudio del manuscrito manifiesta la existencia de una tentativa de disponerlos de medio punto, que finalmente fue borrada. También explica el trazado de las líneas que muestran los ángulos necesarios para labrar las claves secundarias⁴⁰³.

De L'Orme incorpora tres ejemplos de bóvedas de nervios. Uno de ellos obedece a esta disposición de nervios. La monte que dibuja De L'Orme (1567, f. 108v.) difiere de la de Hernán Ruiz en los modos de representación, pues en este caso, aparecen dibujados todos los nervios con sus correspondientes ejes y espesores, pero sin embargo, no están grafiadas las claves, además de presentar la planta sobre el folio con los lados girados 45° respecto de su eje. De forma adicional, y en una circunstancia muy poco habitual, también se detallan los elementos de la plementería [Fig. 627].

⁴⁰³ En relación a la traza de Hernán Ruiz, ver además los diferentes estudios de Rabasa (2000, 124-129; 2005, 909-917; 2007b, 79-115; 2007c, 86-96), que recogen adicionalmente la experiencia de haber construido una bóveda conforme a la traza de Hernán Ruiz, aunque siguiendo las indicaciones constructivas de Gil de Hontañón. Ver también Gómez Martínez (1998, 25-26); Palacios ([1990] 2003, 297); Rabasa y Calvo (2009, 173-183).

Fig. 626. Hernán Ruiz, bóveda de crucería de planta cuadrada, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 46v.

Fig. 627. Philibert de L'Orme, voute moderne, *Le premier tome de l'Architecture*, 1567, f. 108v.

La forma de resolver la bóveda es básicamente la misma que había empleado Hernán Ruiz, con la incorporación de los alzados girados, para que aparezcan en verdadera magnitud de todos los nervios, que aparecen igualmente dibujados con su espesor. De L'Orme llega al detalle de obtener también los alzados de las curvas directrices, con sus respectivas longitudes, de cada una de las hiladas que conforman la plementería. Como ha apuntado Palacios ([1990] 2003, 301), todos los nervios son apuntados, circunstancia que puede apreciarse en el alzado, pues aunque todos ellos arrancan con tangencia vertical, sin embargo, ninguno, ni siquiera el ojivo, presenta en su clave la tangencia horizontal⁴⁰⁴.

La solución de Alonso de Guardia (c. 1600, ff. 85v.-86r.) en la *capilla quadrada de crucería en buelta de horno*, resulta novedosa respecto a las anteriores, pues aunque la planta corresponde a una bóveda de crucería, en realidad plantea una bóveda de intradós semiesférico, en la que los formaletes son arcos de medio punto y la plementería corresponde a una superficie continua dispuesta sobre la retícula de arcos. Para garantizar

⁴⁰⁴ Palacios ([1990] 2003, 301), asimismo añade que la plementería va adintelada entre los nervios, pero en los alzados que incorpora De L'Orme, se aprecia que las líneas dibujadas corresponden a arcos, aunque dadas sus reducidas longitudes, las flechas son muy pequeñas. La curvatura puede apreciarse con mayor nitidez en las hiladas de mayor longitud. Ver también Gómez Martínez (1998, 159).

la curvatura adecuada en los terceletes, emplea el mismo procedimiento que Hernán Ruiz, de representar girados los nervios, tomando como eje la vertical que pasa por uno de los vértices de la planta, para buscar el radio que proporciona el adecuado encuentro con las ligaduras a la altura correcta, y la posición del centro, que deberá estar en el plano horizontal de las impostas, mediante el trazado de la mediatriz de la cuerda⁴⁰⁵.

Respecto a su sistema de representación, en la planta aparecen trazados todos los nervios mediante su eje, pero puntualmente, en los encuentros se grafía su anchura, dado que no se disponen claves con tortera, por lo que se resuelven como cruceros, lo que requiere un planteamiento especial de labra. Aunque como se ha comentado, los anteriormente mencionados disponen los terceletes según la regla habitual, Guardia dibuja explícitamente la construcción sobre la planta, prolongando el eje de la bóveda hasta cortar al círculo que la circunscribe para buscar la dirección del nervio. Se añaden los desarrollos de conos correspondientes a las plantillas obtenidas para facilitar la labra de los elementos [Fig. 628]. En síntesis, Guardia plantea métodos plenamente renacentistas aplicados a la bóveda de crucería.

Además de los modelos elementales citados anteriormente, también incorpora una capilla con esta disposición de nervios Gelabert (1653, f. 146r.) en *la capella de sinch claus quadrada*. El sistema de representación es análogo al de sus anteriores bóvedas, con todos los nervios dibujados con su anchura, siendo mayores los ojivos que los terceletes y ligaduras [Fig. 629]. En este caso no se incorporan las plantillas del enjarje, aunque en el alzado quedan detallados los niveles de los sucesivos planos horizontales hasta el primer lecho radial. Los formaletes son arcos apuntados, todos de la misma altura. La novedad más significativa es la disposición de la clave secundaria con su eje perpendicular a la ligadura, en una disposición que provoca que el tercelete corte de un modo indebido a la tortera⁴⁰⁶.

Aunque muchos años después, el jesuita francés Derand (1643, 393) con la *voulte moderne ou a ogives*, plantea la traza en términos muy similares a los de Alonso de Guardia. En el título de hace referencia a la *bóveda moderna*, y presenta formeros ligeramente apuntados (Calvo 2017, 37-39). Aparece dibujada bajo ella una bóveda baída por hiladas redondas.

⁴⁰⁵ Ver el estudio detallado realizado por Calvo (2015, 438-443), en relación a la obtención de los nervios y a las explicaciones de Guardia para la talla de los nervios y sus encuentros. Ver también Rabasa (1996, 430).

⁴⁰⁶ Esta cuestión ha sido reseñada por Rabasa (2007, 750), a partir del modelado de la bóveda realizado en base a la traza de Gelabert. Ver también Rabasa (2011, 396-398).

Fig. 628. Alonso de Guardia, *capilla quadrada de cruçeria en buelta de horno*, *Rasguños de arquitectura y cantería*, c. 1600, f. 86r.

Fig. 629. Joseph Gelabert, *capella de sinch claus quadrada*, *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*, 1653, f. 146r.

Fig. 630. François Derand, *voulte moderne ou a ogives*, *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 393.

El sistema de representación es muy esquemático, trazando sobre la planta todos los nervios mediante su eje, aunque en una de las esquinas se representa abatida la

sección del perfil. En el alzado, en el que también quedan representados los nervios mediante sus directrices, se utiliza el mismo recurso de girarlos sobre la vertical que pasa por el vértice hasta colocarlos en posición frontal, en verdadera magnitud, lo que permite determinar sus curvaturas. No se aporta información de las claves ni en la planta ni en el alzado.

En el caso de Derand, aparecen dibujadas las líneas auxiliares, incluso las mediatrices trazadas para determinar las posiciones de los centros de los diferentes arcos sobre la línea de impostas, para conseguir su tangencia vertical en el arranque y horizontal en la clave, garantizando que corresponden a la superficie esférica [Fig. 630].

Los siguientes autores que reflejaron bóvedas con esta disposición tomaron el modelo que habían planteado Guardia y posteriormente Derand, con conjuntos de nervaduras que generan una superficie esférica.

El que prosigue cronológicamente es otro religioso, el jesuíta Milliet (1674, 2: 62) en la *testudines variè quadrario lapide decusata*, que mantiene la simplicidad de representación de los nervios mediante sus ejes, y emplea el mismo método de todos los anteriormente referenciados para determinar las curvaturas en el alzado de los nervios girados frontalmente, dibujados igualmente con una línea que refleja su curvatura [Fig. 631].

No aparecen referencias a las claves, pero sin embargo, está dibujada la construcción del tercelete. Aunque en todos los alzados, los nervios son cuartos de círculo, como corresponde a la superficie esférica, tampoco figura el modo de obtención de los centros sobre la línea de impostas, que Guardia realizó por tanteos y Derand, con la obtención de las mediatrices, en una más precisa construcción. Presenta la particularidad de dibujar los alzados de los nervios en la parte inferior de la planta, en lugar de hacerlo en la superior, como los anteriormente citados.

La bóveda nervada que publicaría unos años más tarde otro religioso, Tosca (1707-1715, 232) denominada *bóveda con cruzeros de piedra*, es una copia literal del dibujo de Milliet⁴⁰⁷ [Fig. 632]. Otro tanto sucede con una de las bóvedas contenidas en el manuscrito de Portor y Castro (1708, f. 93v.), la *bóveda de cruzerías* [Fig. 633], en la que se incorpora el dibujo de las claves, de mayor tamaño la polar que las secundarias, se elimina la notación y se invierte el lado en el que aparecen dibujados los alzados, en este caso el izquierdo, pero

⁴⁰⁷ Gómez Martínez (1998, 37), justifica la aparición de esta bóveda en el Compendio matemático, por la procedencia valenciana de Tosca y por el arraigo de los usos medievales en la zona levantina.

se dibujan igualmente en la zona inferior, en una traza que prácticamente copia las de Milliet y Tosca⁴⁰⁸.

Se da la misma circunstancia con la incorporada años más tarde por el maestro de cantería Andrés Julián de Mazarrasa ([1750] 1988, f. 141v.), como bóveda de cruzería o porción de emisferio [Fig. 634], copia literal de las de Milliet y Tosca, al que hace referencia el autor, con la salvedad de haber omitido la notación⁴⁰⁹.

En el manuscrito de la familia de arquitectos Tornés (s. XVII-XVIII, 56r.), además de la bóveda perlongada, ya mencionada, está contenida otra de planta cuadrada con características similares en cuanto a su representación y resolución, que presentan interés por sus particulares características de trazado⁴¹⁰. Consta de veintiuna claves y su diseño parte del modelo básico de cinco claves, al que añade un círculo de combados que genera ocho nuevas claves secundarias en torno al polo, y además interrumpe los terceletes, disponiendo entre su extremo y la clave secundaria cuatro combados cóncavo-convexos, que a su vez, se encuentran en dos pequeñas claves adicionales [Fig. 635].

En la planta, el dibujo de los nervios se realiza mediante su eje, y para las claves se grafían círculos que indican el diámetro. Al igual que la citada perlongada, su singularidad reside en los alzados, por figurar en la parte inferior de la planta, y no en la superior, recurso que aparece únicamente en la traza de Milliet, copiada por Tosca, Mazarrasa y por la que se añadió al manuscrito de Portor con posterioridad, citadas anteriormente⁴¹¹. La obtención de las curvaturas de los arcos se realiza girándolos en planta y colocándolos en posición frontal, disponiendo los dibujos en ambos lados para evitar su superposición, en una disposición que ningún otro tratadista emplea. La bóveda es de rampante curvo, pero su superficie no es esférica, pues los formaletes son arcos apuntados, como se desprende de las tangencias en los extremos superiores en el alzado, a diferencia de las bóvedas de los tratados contemporáneos a ella.

⁴⁰⁸ Carvajal (2013,212), se refiere a la remota posibilidad de que Portor conociera el Compendio de Tosca cuando salió a la luz su manuscrito, por lo que indica que probablemente las trazas que aparecen copiadas fueran añadidas posteriormente al manuscrito por un autor diferente, puesto que además son de menor tamaño y están dibujados con tinta más oscura. Ver también Gómez Martínez (1998, 39-40).

⁴⁰⁹ Las referencias de Mazarrasa a la obra de Tosca están reseñadas por Gómez Martínez (1998, 40).

⁴¹⁰ En la autoría del manuscrito intervinieron diversos miembros de la familia Tornés, pero Juan (2011, 87-88), atribuye las trazas de las bóvedas a Antón Tornés Grasa.

⁴¹¹ Juan (2011b, 689; 2015, 37-538), pone de manifiesto la dificultad de datar el manuscrito y sus contenidos, por la amplitud de fechas a las que se hace referencia en él, aunque por sus características y las relaciones indicadas, las bóvedas correspondan al primer cuarto del s. XVIII.

Fig. 631. Claude-François Milliet de Challes, *testudines variè quadrario lapide decusata, Cursus seu mundus mathematicus*, 1674, II: 62.

Fig. 632. P. Thomas Vicente Tosca, *bóveda con cruzeros de piedra, Compendio mathemático*, 1707-1715, f. 232.

Fig. 633. Juan de Portor y Castro, *bóveda de cruzerías*, Cuaderno de arquitectura, 1708, f. 93v.

Fig. 634. Andrés Julián Mazarrasa, *bóveda de crucería o porción de hemisferio*, Tratado de arquitectura, c. 1750, f. 141v.

La bóveda que cierra el numeroso grupo de las que responden a esta disposición, corresponde a una de las que contiene el tratado de Frézier (1737-1739, 3: 33). Mantiene el criterio de simplicidad en el dibujo de sus predecesores del XVIII, pero plantea una superficie no esférica, con arcos apuntados en los formaletes. El alzado en el que se obtienen los nervios por el procedimiento habitual, ya descrito, contiene las líneas auxiliares empleadas para obtener los puntos y vértices, en una prueba del carácter teórico hacia el que derivaron los tratados de la época. En ese sentido, en la mitad inferior de la planta se incorporan unas nervaduras adicionales que conforman una estrella entre las claves secundarias [Fig. 636].

Se adjuntan otros dibujos que ofrecen información complementaria, como el alzado de un formero apuntado, cuyo canto plantea variable, la sección horizontal por el enjarje en la que se aprecian las plantillas de las nervaduras o una perspectiva central de la bóveda.

Fig. 635. Antón Tornés Grasa, bóveda de crucería de planta igual, *Taccuino Tornés. Libro de trazas de la arquitectura jacetana*, s. XVII-XVIII, f. 56r.

Fig. 636. Amédée-François Frézier, bóveda de nervios, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres*, 1737-1739, 3:33.

Resulta significativo que la práctica totalidad de los autores mencionados anteriormente, de los siglos XVII y XVIII, con algunas excepciones, incorporen en sus manuscritos y tratados bóvedas nervadas de planta cuadada con diseños tan elementales, alejándose diametralmente de la práctica constructiva de la España del XVI, en la que

dichos modelos estaban ampliamente superados. Rabasa, Alonso Rodríguez y Pliego (2015, 1399), consideran las trazas contenidas en la tratadística como ejemplos teóricos en su mayoría, con voluntad didáctica, alejada de la especulación sobre situaciones singulares.

Es precisamente un maestro anterior a todos ellos, salvo a Hernán Ruiz, el que incorpora un mayor número de soluciones, que además son reflejo de la realidad constructiva del momento y de su propia experiencia en su ejecución. Se trata de Rodrigo Gil de Hontañón y de su manuscrito, realizado en torno a 1550, del que se tiene conocimiento a través del manuscrito de Simón García, de 1681, gran parte de cuyo contenido corresponde a Rodrigo Gil⁴¹².

En las plantas de las iglesias del manuscrito de Gil de Hontañón, están contenidas numerosas bóvedas de crucería de planta perlongada, ya mencionadas en el apartado anterior, que responden a diversos esquemas en sus nervaduras⁴¹³. Algunas de ellas incluyen tramos de bóvedas de planta cuadrada cubiertas con bóvedas cuatrimpartitas, de las que en base a una sección dibujada en el manuscrito, se desprende que disponían de formeros apuntados.

Sin embargo, en tres de las iglesias aparece un tramo de planta cuadrada, que en todos los casos corresponde al crucero, en el que el diseño de las nervaduras resulta más complejo y responde a un mismo patrón.

Las plantas de las iglesias referidas son respectivamente: el templo nombrado como *A*, correspondiente a una iglesia pequeña de una sola nave [Fig. 637]; *B*, de una iglesia de mediano tamaño con las hornacinas tan altas como la nave [Fig. 638]; y la iglesia de tamaño grande, con tres naves [Fig. 639] (Gil de Hontañón [c. 1550] 1651, ff. 4r.; 4v; 18v.).

Se trata de una composición de veinticinco claves (veintiuna más las cuatro de los formales) en la que a los formales, ojivos y ligaduras, que quedan interrumpidas en las claves secundarias, se añaden cuatro pies de gallo y dos series de ocho nervios combados: una trebolada en torno al polo y una de nervios semicirculares que conecta las claves secundarias intermedias de los terceletes con las dispuestas en los cruceros, también en un punto intermedio. En la de mayor tamaño, además se disponen nervios formando un cuadrado girado 45° entre las claves intermedias de las ligaduras. Como se ha dicho en el

⁴¹² Hoag (1985), recuerda que el propio Simón García dice haber utilizado el manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón, y expone que los seis primeros capítulos de Simón García son en su mayor parte una copia más o menos fidedigna de un original más antiguo.

⁴¹³ Las plantas referidas corresponden a las naves laterales de la *planta de una iglesia muy grande* y a de la iglesia con cabecera trabolada; (Gil de Hontañón [c. 1550] 1651, ff. 7r.; 7v.).

apartado precedente, se trata de las primeras bóvedas de la tratadística que incorporan nervios combados, aunque en la práctica se venían empleando desde los años finales del siglo XV.

Fig. 637. Rodrigo Gil de Hontañón, bóveda de crucería, c. 1550. Contenida en Simón García, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*, 1651, f.4r.

Fig. 638. Rodrigo Gil de Hontañón, bóveda de crucería, c. 1550. Contenida en Simón García, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*, 1651, f. 4v.

Fig. 639. Rodrigo Gil de Hontañón, bóveda de crucería, c. 1550. Contenida en Simón García, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*, 1651, f. 18v.

Se puede relacionar el diseño de la bóveda contenida en el manuscrito con modelos contruidos en obras en las que intervino Rodrigo Gil a lo largo de su trayectoria, como la capilla mayor de la iglesia de San Sebastián en Villacastín (c. 1529); algunos de los tramos de la catedral de Salamanca (c. 1538); las capillas del transepto de la catedral de Astorga (1549-1559); la sacristía de la iglesia de Santiago de Medina de Rioseco (c. 1533-1571) o el crucero de la iglesia de la Magdalena en Valladolid (1566-1572).

Una montea muy similar a este modelo concreto de bóveda es la que aparece desarrollada posteriormente en el manuscrito (Gil de Hontañón [c. 1550] 1651, f. 25r.), constituyendo un valioso documento, tanto por los dibujos, como por las explicaciones que la acompañan, para el conocimiento de los modos de construir las bóvedas de nervios. La planta aparece dibujada de modo esquemático, en la que quedan representados, exclusivamente en la mitad inferior, los nervios mediante sus ejes, las claves, y el perímetro del enjarje [Fig. 640].

En el alzado del crucero, abatido sobre la diagonal, se dibujan con detalle los elementos que conforman la bóveda: el enjarje, con su altura y sus sucesivos planos horizontales hasta alcanzar el salmer, plano radial en el que se independizan los nervios; el tablero de trabajo, que habrá que disponer a ese nivel, sobre el que se trasladará la montea; los pies derechos de madera con sus zapatas de remate, colocados en las posiciones de las claves y a las alturas adecuadas, sobre los que se colocarán las torteras de las claves y entre ellas las cimbras; y los nervios, que irán colocados sobre ellas,

dibujados también al detalle con sus correspondientes molduraciones, incluyendo además las secciones con su espesor, y el bulco, o ángulo con el que hay que revirar los nervios combados⁴¹⁴.

A la montea se acompaña un dibujo en el que se reliza una traslación de la proporción de los nervios, espesor y longitud, así como su disposición, en relación a los dedos de la mano y a sus uñas⁴¹⁵ [Fig. 641].

La aparición de los combados la aproxima al diseño contenido en el códice, frente a las que corresponden al esquema básico, tratadas anteriormente, aunque los dibujos que forman los nervios curvos son claramente diferentes. Sin embargo, hay un aspecto importante que marca la evolución de las nervaduras de este tipo: el recurso de curvar los terceletes más allá de las claves secundarias.

Gómez Martínez (1998, 96) expone que ni Juan ni Rodrigo Gil de Hontañón curvaron los terceletes. Sin embargo, en algunas de las bóvedas del claustro de la catedral de Palencia (1505-1509), realizadas por Juan Gil de Hontañón⁴¹⁶, que corresponden al modelo trebolado, los terceletes se prolongan en combados desde las claves secundarias hasta las ligaduras. Algo parecido sucede con la bóveda dibujada en la cabecera de uno de los templos, de tres plantas y crucero, que aparece en el manuscrito de Rodrigo Gil de Hontañón ([c. 1550] 1651, f. 7v.), con una planta ochavada cubierta por una bóveda trebolada en la que los terceletes se prolongan tras las claves secundarias mediante combados hasta alcanzar las claves situadas en los combados que conforman un círculo polar [Fig. 642].

El diseño de esta cabecera trebolada, a pesar de no tratarse de una planta cuadrada, se aproxima al códice en mayor medida que la anterior, por la circunstancia mencionada de la curvatura de los terceletes tras las claves secundarias, aunque el círculo polar de claves mencionado difiere respecto del haz de combados cóncavos del códice

⁴¹⁴ En relación a la montea de Gil de Hontañón, ver Gómez Martínez (1998, 20-24); Zaragoza (2000, 178); Rabasa (2000, 72-73; 2005, 913). Palacios (2006, 2420-2421), que define la bóveda como de rampante curvo y esférica; Huerta Fernández (1990, 108-116; 2013, 118-126), que analiza con gran detalle el proceso descrito en el manuscrito, y se refiere al alzado que la acompaña en el que se aprecian arcos apuntados, lo que le lleva a afirmar que la bóveda no es esférica; Huerta Fernández (2012, 172-177); Palacios y Moreno Dopazo (2015), que recogen la experiencia de construcción de una bóveda a escala según uno de los modelos de Gil de Hontañón y las explicaciones del manuscrito.

⁴¹⁵ Al respecto, Huerta Fernández (2013, 112-115) explica con detalle las indicaciones contenidas en el manuscrito.

⁴¹⁶ La atribución está recogida en Hoag (1985, 31-33).

Fig. 640. Rodrigo Gil de Hontañón, bóveda de crucería, c. 1550. Contenida en Simón García, Compendio de arquitectura y simetría de los templos, 1651, f. 25 r.

Fig. 641. Rodrigo Gil de Hontañón, traslación de los nervios de una bóveda de crucería a las proporciones de los dedos de la mano, c. 1550. Contenida en Simón García, Compendio de arquitectura y simetría de los templos, 1651, f. 25 v.

Fig. 642. Rodrigo Gil de Hontañón, cabecera de iglesia con bóveda trebolada de crucería, c. 1550. Contenida en Simón García, Compendio de arquitectura y simetría de los templos, 1651, f. 7 v..

Vandelvira (c. 1585, f. 96v.), dentro de las páginas dedicadas a las jarjas, incluye una bóveda nervada de planta cuadrada con una estructura de nervios compuesta de formaletes, ojivos, ligaduras y terceletes, a los que añade círculos concéntricos de combados en torno a la clave. Coherente con la geometría esférica de la bóveda que plantea, dispone los combados en planos horizontales.

Representa en la planta los nervios con sus espesores y obtiene las curvaturas en el alzado, girando los nervios por el sistema descrito. En el alzado incluye las secciones de los nervios, con los correspondientes *revirados*, necesarios para resolver los encuentros, pues omite las claves propiamente dichas, con lo que las intersecciones quedan resueltas mediante *cruceros* [Fig. 643]. La obtención de los patrones de intradós de los elementos se realiza por su método basado en el desarrollo de conos⁴¹⁷.

Fig. 643. Alonso de Vandelvira, bóveda de nervios, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 96v.

Fig. 644. Joseph Ribes i Mestre, volta ab catorce claus, *Libre de trasas de vias y muntea*, 1708.

⁴¹⁷ El estudio detallado de la traza ha sido realizado por Palacios ([1990] 2003, 290-301). Ver también Martín y Palacios (2009) en relación a la construcción de una bóveda conforme a la traza de Vandelvira.

En el grupo de bóvedas de planta cuadrada incluidas en tratados hay que incluir el numeroso grupo contenido en el tardío *Llibre de trasas de viax y muntea*, de Joseph Ribes (1708). El estudio realizado sobre el tratado por Tellia y Palacios (2015), pone de manifiesto la característica común a todas ellas de disponer un intradós esférico, de modo análogo al ya descrito para los tratadistas a partir del XVII. Las bóvedas responden a diferentes esquemas, con o sin nervios cruceros, con diferentes disposiciones de los terceletes, o en numerosos casos, con diseños estrellados [Fig. 644]. Comparten la característica de incorporar claves de gran tamaño en relación a su superficie, una de las características apuntadas por Zaragoza (2009, 107-108) en algunos ejemplos de bóvedas góticas tempranas en la Corona de Aragón.⁴¹⁸

Ninguna de las bóvedas mencionadas, contenidas en los tratados y manuscritos, responde a un diseño de nervios que la relacione directamente con las contenidas en el código. Pero como se ha mencionado, al margen de la tratadística, existen numerosos documentos, relacionados directamente con la construcción, en los que aparecen trazas que no obedecen a los modelos teóricos, sino a los destinados a una ejecución real⁴¹⁹. En muchos casos obedecen a disposiciones complejas en el conjunto de las nervaduras, cuya descripción pormenorizada excedería el objeto de este trabajo, por lo que se hará referencia únicamente a las que se relacionan de un modo más directo por su geometría con la bóveda de planta cuadrada del código.

La primera es la traza realizada por Juan de Lizarazu y otros, para reflejar la bóveda realmente ejecutada por Juan de Vallejo para la iglesia parroquial de Villagonzalo-Pedernales en Burgos, en la que de un modo unilateral había modificado la traza inicial contratada en 1538, lo que dio origen a un pleito. La bóveda incluye los pies de gallo y los combados formando ocho lazos en torno al polo, pero a diferencia del código, los más próximos al centro forman un círculo en lugar de ser cóncavos, y además los terceletes se mantienen rectos hasta la ligadura⁴²⁰ [Fig. 645].

El diseño de la traza realizada en 1540, para la capilla de la familia Ruiz en la iglesia parroquial de San Juan Bautista en Tudela, de planta cuadrada, aunque incorpora una

⁴¹⁸Ver también Tellia (2011). El conjunto de los diseños de las bóvedas de Ribes puede consultarse en www.bovedasgoticasdecruceria.com.

⁴¹⁹ En este sentido, actualmente se está desarrollando un proyecto de investigación denominado: Los diseños de arquitectura en la Península Ibérica entre los siglos XV y XVI. Inventario y catalogación, del que es investigador principal el profesor Javier Ibáñez Fernández, que probablemente permitirá recopilar y documentar un conjunto importante de trazas de las que se tiene conocimiento.

⁴²⁰ Gómez Martínez (1998, 217-218); Valladolid, Archivo de la Real Cancillería, pleitos civiles, Lapuerta, F., C. 2575-2, planos y dibujos, carp. 17-245 y carp. 17-246. Publicado en *Tesoros de la Real Cancillería....*(1998, 116-117).

cabecera semiexagonal, está muy cercano al del código, del que le separan únicamente la ausencia del haz de combados cóncavos en torno al polo y la inflexión introducida en los terceletes [Fig. 646]. Forma parte del numeroso grupo de trazas que se presentaban por los maestros para conseguir la licitación de un trabajo, en los que generalmente se limitaban a aportar una planta de la bóveda, siendo raros los ejemplos en los que se añadían alzados o secciones⁴²¹.

Con motivo de otra licitación realizada en 1558 para construir una capilla en el hospital de San Lázaro en Valladolid, se presentaron dos trazas que incluían combados y pies de gallo en sus nervaduras [Fig. 647], pero una de ellas presenta un diseño muy parecido al contenido en el manuscrito, con la particularidad de que los terceletes se mantienen rectos hasta las claves secundarias, en lugar de incorporar los tramos combados [Fig. 648], aspecto que como veremos más adelante, incide en la determinación de las transferencias de conocimiento en lo relativo al empleo de este tipo concreto de bóveda, y además se suprimen las ligaduras⁴²².

En esa misma línea hay que contemplar la traza realizada en 1563 para la sala capitular del monasterio de Santa María de la Caridad de Tulebras, pero en este caso, los combados más cercanos al polo adquieren continuidad de dos en dos, generando una figura estrellada de cuatro puntas⁴²³ [Fig. 649].

En otra licitación, realizada en, presentada en 1577, consta la traza de Juan de Altuna y Santoro de Aresti para construir la iglesia parroquial de Zumárraga, además de las bóvedas de planta rectangular, ya descritas, se proyectan bóvedas para los tramos de la nave central, de planta cuadrada [Fig. 650]. En ellas aparecen, al igual que en las perlongadas, numerosos combados y pies de gallo, pero a diferencia de ellas, los terceletes son rectos y el conjunto presenta una imagen alejada de la bóveda dibujada en el código⁴²⁴.

⁴²¹ Ver Tarifa (2005, 67-68); Archivo de Protocolos de Tudela, Tudela, Pedro de Sadaba, 1540.

⁴²² Gómez Martínez (1998, 184); Valladolid, Archivo Histórico Provincial, prot. 239. s/f (21-XII-1558), planos y dibujos, carp. 6-37. Publicado en Parrado del Olmo (1975, 648-653).

⁴²³ Ver Tarifa (2005, 449-451); Archivo de Protocolos de Tudela, Cascante, Juan Malón de Echaide, mayor, 1563.

⁴²⁴ Gómez Martínez (1998, 119-120); Pamplona, Archivo Diocesano. Secretario Ibarrola, cartón 70-27. Publicado en García Gaínza (1971, 265-280).

Fig. 645. Juan de Lizarazu y otros, traza de bóveda de crucería ejecutada por Juan de Vallejo, parroquial de Villagonzalo-Pedernales, c. 1538.

Fig. 646. Traza de bóveda de crucería capilla de la familia Ruiz en la iglesia parroquial de San Juan Bautista en Tudela, 1540.

Fig. 647. Traza de bóveda de crucería para una capilla en el hospital de San Lázaro en Valladolid (I), 1558.

Fig. 648. Traza de bóveda de crucería para una capilla en el hospital de San Lázaro en Valladolid (II), 1558.

Fig. 649. Trazado de bóveda de crucería para la sala capitular del monasterio de Santa María de la Caridad en Tulebras, 1563.

Fig. 650. Juan de Altuna y Santoro de Aresti, traza para la iglesia parroquial de Zumárraga, 1577.

Fig. 651. Trazado de bóveda de crucería para la capilla de la familia Fontellas, en la iglesia del convento de San Francisco de Tudela, 1584.

Fig. 652. Trazado de bóveda de crucería para la bóveda del coro de la iglesia parroquial de Nuestra Señora de la Asunción de Cascante, 1587.

Otro caso perteneciente a Tudela, similar al mencionado anteriormente es la traza realizada en 1584, para la capilla de la familia Fontellas, en la iglesia del convento de San Francisco, de planta ligeramente rectangular [Fig. 651], cuyo diseño permite asimilarla a una de planta cuadrada, en la que igualmente se mantienen los terceletes rectos hasta la clave, y los pies de gallo se sustituyen por dos nervios combados, que se unen sin mediar clave⁴²⁵.

Aunque de planta ligeramente rectangular, por su disposición debe incluirse en este apartado la traza presentada en 1587 para ejecutar la bóveda del coro de la iglesia parroquial de Nuestra Señora de la Asunción de Cascante [Fig. 652], con dos series de combados, aunque igualmente mantiene los terceletes rectos y los nervios que conforman los pies de gallo, incluyen una inflexión intermedia⁴²⁶.

Un ejemplo tardío de 1706 es la traza realizada por Francisco de los Corrales para construir la iglesia parroquial de Argueso en Cantabria. Emplea dos diferentes tipos: uno para las colaterales, de diseño más sencillo, añadiendo al modelo básico de cinco claves un conjunto de combados convexos polares; y otro para la capilla mayor [Fig. 653], que obedece casi idénticamente al modelo reproducido en el manuscrito de Gil de Hontañón⁴²⁷.

En la traza realizada para la ampliación de la catedral de Barbastro, en el siglo XVII, además de la bóveda perlongadas descritas en el apartado precedente⁴²⁸, aparecen otras de planta cuadrada, que responden a los mismos criterios, con combados, pies de gallo y terceletes rectos hasta las claves secundarias [Fig. 615].

Otro ejemplo es la traza de Juan de Murribiza Estala, de 1564, para la iglesia parroquial de Soravilla en Guipuzcoa, que proyecta varias bóvedas para la cabecera, sacristía y naves con el mismo patrón [Fig. 532]. Las naves presentan planta perlongada, para la que se traza una bóveda de nueve claves, en la que a partir un modelo básico de terceletes, se añaden unos combados que conectan las claves de los terceletes, eliminando la ligadura longitudinal y prolongando la transversal hasta los perpiaños

⁴²⁵ Ver Tarifa (2005, 67); Archivo de Protocolos de Tudela, Tudela, Miguel de Agramont, 1584.

⁴²⁶ Ver Tarifa (2005, 377); Archivo de Protocolos de Tudela, Cascante, Martín de Azcona, 1587, f. 400.

⁴²⁷ Gómez Martínez (1998, 216); Santander, Archivo Histórico Provincial de Cantabria, prot. 3969, ff. 116-117, mapas y varios, 125. Publicado en González et al (1991, 171).

⁴²⁸ Gómez Martínez (1998, 205); Barbastro, Museo de la Catedral. Publicado en Iglesias Costa (1987, 185).

Fig. 653. Francisco de los Corrales, traza de bóveda de crucería para la iglesia parroquial de Argueso, Cantabria, 1706.

Un modelo de gran interés es la traza realizada en torno a 1580 por el veedor Juan de Villareal para la torre de la iglesia parroquial de Monteagudo (Navarra). El dibujo contiene el alzado de la torre, al que se acompaña la bóveda destinada a cubrir un nivel intermedio. El diseño de los nervios presenta una gran similitud con el modelo del código, del que le separa únicamente la disposición de los ocho combados cercanos al polo, que en este caso invierten su curvatura para componer un círculo [Fig. 654]. Adicionalmente, el dibujo lleva incorporada una escala gráfica tabulada en diez unidades, marcadas con puntos que define dimensionalmente la pieza, aunque no se incorpora notación sobre la escala⁴²⁹.

Fig. 654. Juan de Villareal, traza de bóveda de crucería para la torre de la iglesia parroquial de Monteagudo, 1580.

⁴²⁹ Ver Tarifa (2000, 631-632); (2005, 68); Archivo General de Navarra, secc. Cartografía, nº 103.

Con todo ello, hay una traza que se relaciona de una manera directa y completa con la bóveda dibujada en el códice, aunque no se trata de una monteña previa, sino de un levantamiento realizado *a posteriori*. Se trata del trabajo que realizó Francisco de Luna en 1543 para tasar el trabajo realizado Pedro de Alviz en las bóvedas que había levantado en la cabecera de iglesia de San Nicolás de Bari en Priego, con motivo de la disputa que este mantenía con el mayordomo, ante el desacuerdo de los peritos nombrados por ambas partes⁴³⁰.

Las bóvedas que Alviz había construido y Luna dibujó correspondían a la capilla mayor, al crucero y a su brazo del lado de la epístola. La correspondiente al crucero, de planta cuadrada, coincide en la disposición de las nervaduras casi plenamente con la dibujada en el códice, con una mínima diferencia, consistente en la prolongación de las ligaduras desde las claves secundarias hasta las claves de los formaletes.

Los magníficos dibujos de Luna, incluyen la planta, mediante una proyección de la bóveda, en la que quedan reflejados con detalle, tanto los nervios, como las claves, trazados con sus correspondientes dimensiones, e incluso los elementos de la plementería con sus despieces. Acompañan a la planta dos dibujos correspondientes a los alzados de los diferentes nervios.

De los planos realizados por Luna, se desprenden datos que confirman la obtención de las curvaturas en los esquemas de los arcos, mediante la relación de sus alturas en alzados en los que se muestran en verdadera magnitud, y la representación de las claves, así como el corte horizontal del trasdós, por el mismo procedimiento reflejado en la traza del manuscrito de Hernán Ruiz (c. 1550, f. 46v.)⁴³¹.

Además, el texto que acompaña a los dibujos contiene una detallada descripción de las partidas ejecutadas datos que indican que el proceso de construcción descrito es análogo al de Rodrigo Gil de Hontañón ([c. 1550] 1651, f. 25r.)⁴³².

⁴³⁰ La transcripción de la tasación fue realizada y publicada por Rokiski (1980, 27-34), que igualmente incorporó la publicación de las trazas. Ver también Rokiski (1985, 118-128), y García Baño y Natividad (2015, 530-531).

⁴³¹ En este sentido se manifiesta Rabasa (1996, 426-427; 2000, 129-130).

⁴³² Ambos procedimientos han sido estudiados por Huerta Fernández (2013, 123-124)

Fig. 655. Francisco de Luna, traza para la tasación de la bóveda de la cabecera de la iglesia parroquial de Priego, ejecutada por Pedro de Alviz, planta, 1543

Fig. 656. Francisco de Luna, traza para la tasación de la bóveda de la cabecera de la iglesia parroquial de Priego, ejecutada por Pedro de Alviz, alzados de los nervios, 1543

El conjunto de las monteas relativas a bóvedas nervadas contenidas en la tratadística de cantería analizada, además de las citadas en el presente apartado y el anterior, de plantas cuadrada y perlongada, se completa con diversas trazas incorporadas por algunos de los autores, aportando soluciones para cubrir otro tipo de plantas, aunque por lo general, responden a similares criterios.

De L'Orme (1567, f. 109v.), plantea una bóveda con dos tramos y cabecera semi-hexagonal; Vandelvira (c. 1585), complementa el numeroso grupo del capítulo de bóvedas de su *Libro de trazas*, con ejemplos de planta en rombo, romboidal, circulares u ovales, así como otras adicionales de planta cuadrada o rectangular, pero todas ellas están más relacionadas con la estereotomía de las bóvedas baídas que con las bóvedas de nervios; en ellas se dispone una superficie esférica solucionada mediante una retícula de nervios, con encuentros sin claves, en lo que Vandelvira denomina *cruceros*⁴³³; Guardia (c. 1600, f. 89v.) plantea una cabecera semi-hexagonal, resuelta igualmente por cruceros; Gelabert (1653) también plantea varias soluciones, todas ellas con una clave y nervios hacia cada vértice, con plantas triangular, hexagonal u octogonal⁴³⁴; y en el cuaderno de Portor (1708, f. 92r.), se incluye otra en la que la planta adiciona una capilla trapecial con una cabecera semi-hexagonal.

⁴³³ La relación de las incluidas por Vandelvira (c. 1585) la componen: las de planta cuadrada (ff. 98r.; 100r.; 102 r.); las de planta rectangular (ff. 99r.; 101r.); con planta de rombo (f. 120 r.); con planta de trapecio (ff. 120r.; 125 r.); con planta circular (f. 65r.); con planta ovalada (ff. 73r.; 76r.).

⁴³⁴ La relación de las incluidas por Gelabert (1653) la componen: de planta triangular (f. 143r.); de planta hexagonal (ff. 137r.; 138r.; 139r.); de planta octogonal (ff. 140r.; 145r.).

La bóveda nervada inacabada

El conjunto se cierra con una tercera traza, que corresponde a otra bóveda de planta perlongada, cuya representación se inició con criterios análogos a los de las dos anteriores, pero por algún motivo, quedó inacabada.

La traza figura en el f. 30v., centrada, tanto en el sentido horizontal, como en el sentido vertical, y las pocas líneas que aparecen dibujadas con tinta se han realizado con líneas continuas y con la tinta de color sepia, igual a la empleada en las precedentes. En este caso, el folio de la derecha, el f. 31r., no queda en blanco, puesto que en él aparece dibujado el fuste de una columna salomónica.

Los únicos elementos visibles son: los cuatro nervios del perímetro; la clave central, dibujada con tres círculos concéntricos, bastante próximos, aunque la separación entre el primero y el segundo es algo mayor que entre los otros que al igual que en las bóvedas anteriores aparecen dibujadas con dos semicírculos concéntricos próximos; y finalmente en las cuatro esquinas, los arcos que reflejan las jarjas que interrumpen las caras interiores de los nervios de borde [Fig. 657].

Las medidas totales con las que se dibuja el rectángulo, la relacionan de una manera directa con las otras dos, puesto que la longitud del lado mayor es igual a la longitud del lado de la bóveda de planta cuadrada, al igual que sucede con la otra bóveda perlongada, la de proporción dupla.

Su lado mayor tiene una dimensión de 28,28 pies, mientras que su lado menor mide 17,33 pies, cuya equivalencia en metros es de 7,88 m. de largo y 4,83 m. de profundidad, con una proporción de 1,63/1, que se aproxima a 8/5. Las dimensiones de los elementos dibujados siguen el mismo criterio que las anteriores: la clave central tiene un diámetro aproximado de dos pies y en las claves de los formales, el diámetro del semicírculo es de 1 pie. Respecto a la dimensión de los arcos que representan los apoyos, se da una circunstancia significativa: el dibujado en la esquina superior izquierda corresponde a un diámetro de 5 pies, equivalente al de las otras dos bóvedas, pero los otros tres están dibujados con una dimensión mayor, aproximada a 6 1/3 pies. No es posible determinar si esta diferencia se debe a un error de dibujo del autor, o por el contrario responde a una intencionalidad de diferenciar los diámetros.

Al igual que en las bóvedas precedentes, en el código hay marcas de trazos ciegos que contienen más elementos de los que aparecen con líneas de tinta, consecuencia del proceso de traza del autor. Antes de abandonar el dibujo, el autor había trazado las líneas

correspondientes a las caras exteriores de los formaletes, los dos ejes principales del rectángulo, longitudinal y transversal, los ejes de los dos cruceros y la dirección de uno de los terceletes longitudinales que parten del vértice superior izquierdo.

Fig. 657. Bóveda nervada perlongada inacabada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 30v.

En la bóveda dupla, las direcciones de los terceletes longitudinales pasan por el punto medio de la cara interior del lado opuesto. Sin embargo, en este caso, aunque la marca de traza del tercelete finaliza en una zona intermedia, la prolongación de la línea trazada, pasa cerca del punto medio del nervio opuesto, pero por su cara exterior, realizada con trazo ciego, aunque no llega a intersectarse en dicho punto. La dirección trazada se aproxima a la bisectriz del ángulo formado por el crucero y el perpiaño⁴³⁵.

También se había trazado un círculo con centro en el polo diámetro equivalente a la longitud del lado menor que, por similitud con la bóveda perlongada finalizada, proporcionaría las posiciones de las claves secundarias sobre los cruceros y sobre la ligadura longitudinal [Fig. 658].

Nos encontramos ante un conjunto de tres piezas con dimensiones concretas relacionadas entre sí, por sus dimensiones relativas, por el diseño y disposición de sus nervaduras y por el modo en el que están tratadas las columnas dibujadas para los apoyos. El conjunto podría estar destinado a una de las iglesias salón que tanto proliferaron en la España del XVI, con una disposición de planta típica, en la que la nave central se resuelve con tramos cuadrados; las dos naves laterales con tramos perlongados, cuya longitud mayor coincide lógicamente con el lado del cuadrado, y con una solución singular en la capilla mayor o en la cabecera, en la que se dispone otra bóveda perlongada, de dimensión algo superior a la de las naves laterales, pero igualmente coincidente en su lado mayor con el de la nave central.

Los elementos estructurales verticales de sustentación de las bóvedas serían columnas exentas en los apoyos intermedios, y adosadas a los muros exteriores, en los apoyos extremos. Esta situación, que es relativamente frecuente en los diseños de este tipo, se da en la iglesia parroquial de Garcinarro, en la que además, como puso de manifiesto Gómez Martínez (1998, 31), existe coincidencia respecto a los diseños de las nervaduras que aparecen en el códice, lo que apunta directamente a la vinculación de la iglesia con el códice, que será analizada en profundidad más adelante.

⁴³⁵ En relación a la disposición de los terceletes en la bisectriz, ver Palacios (2007, 3).

Fig. 658. Marcas de traza ocultas existentes en la bóveda nervada perlongada inacabada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 30v.

Hasta el momento, hemos visto, por una parte, las trazas de bóvedas nervadas contenidas en los diferentes manuscritos y tratados, lo que podríamos considerar como el corpus teórico, y por otra parte, una serie de dibujos que corresponden a trazas de

bóvedas concretas, bien sea para optar a una licitación que permita al autor acceder al contrato para realizar la obra, bien sea directamente para construir la bóveda proyectada. La expresión gráfica de ambos conjuntos muestra características claramente diferenciadas que obedecen a la intención del autor en cada caso.

Excluyendo las contenidas en el código, en el grupo de bóvedas de la tratadística, la representación en planta de los nervios se realiza generalmente con una única línea, que se refiere a su eje, con algunas excepciones: De L'Orme, Vandelvira y Ribes, que acompañan al eje con dos líneas; Guardia que apunta en un encuentro la anchura de los nervios, y el caso particular de Gelabert, que omite el eje y dibuja únicamente las dos líneas. Respecto a las claves, muchos de ellos las obvian o no las dibujan; otros como Hernán Ruiz, Gil de Hontañón, Portor, o Tornés las representan de forma esquemática mediante un círculo; y nuevamente Gelabert, en este caso como Ribes, representan las claves mediante dos círculos. Además, todos los autores sin excepción, incluyen además de la planta un alzado en el que aparece la información en relación a la curvatura de los nervios, habitualmente colocados en posición frontal y proyectados; y adicionalmente se ofrece información relacionada con las orientaciones de las claves.

Este conjunto de trazas presentan un carácter teórico, en muchos casos esquemático, con economía de trazos, destinados a una función didáctica o a servir de modelos tipo, sin referencias a una situación de planta o a una escala determinadas, con una disposición básica en el diseño de los nervios, excepción hecha de la de Gil de Hontañón, la única que tiene un carácter práctico y que como hemos visto aparece materializada en ejemplos contruidos; la de Vandelvira, que aunque plantea una geometría de nervios más avanzada, está más relacionada con las bóvedas esféricas; y la realizada por Ribes, ya en el siglo XVIII.

Sin embargo, los dibujos de bóvedas destinadas a ser contruidas presentan características completamente diferentes. En primer lugar, sus plantas responden a las condiciones reales del edificio, con una determinada geometría; los nervios aparecen dibujados, salvo alguna excepción concreta, mediante dos líneas relativamente próximas que, dada la proporción con la que aparecen en relación al conjunto, corresponden a su anchura en el intradós, en la zona del baquetón; las claves aparecen siempre dibujadas y en la mayoría de los casos con gran detalle, representando sus diferentes anchuras; y en ninguno de los casos van acompañadas de alzados u otras proyecciones verticales.

Los dibujos de Francisco de Luna para tasar las bóvedas construidas por Pedro de Alviz en Priego son una excepción, motivada evidentemente por el fin con el que fueron realizados, pero que aportan toda la información relativa a como realizaría un maestro del XVI, una vez comenzadas las obras, las monteas destinadas a su ejecución.

Las bóvedas dibujadas en el código no deben ser consideradas como modelos teóricos destinados a un fin didáctico, pues no presentan las características enumeradas para ellos. En su representación, los nervios aparecen dibujados mediante cuatro líneas cuya misión es la de indicar el ancho en el intradós o en el baquetón, y el ancho total, que normalmente coincidirá con las aristas de encuentro con la plementería; además están detallados los encuentros entre nervios, tanto en el intradós como en el trasdós, y se busca aportar el detalle de las tangencias en los puntos significativos como son las claves secundarias. Las claves aparecen representadas en detalle, mediante dos o tres círculos concéntricos, cuya separación indica el espesor de la molduración de la tortera, y se les da la anchura necesaria para recibir los nervios, diferenciando el tamaño en función de su ubicación.

No se dibujan alzados ni proyecciones verticales, siendo el único elemento adicional a la planta, el semicírculo cuyo diámetro es la diagonal del ojivo. Como se ha comentado anteriormente, Gómez Martínez (1998, 124-129), considera que el semicírculo es el alzado del ojivo, abatido sobre la planta, y que el resto de los elementos quedan indefinidos, e incluye la montea en un grupo cuyo prototipo es la de Gil de Hontañón. Pero lo cierto es que Gil de Hontañón define con precisión la altura y posición de todas las claves y del enarje, quedando por tanto pocos elementos libres de definición, por lo que serían las bóvedas del código las únicas representantes de este grupo.

Además, otro elemento fundamental es la incorporación de la escala gráfica que indica que la bóveda cuadrada corresponde a una planta cuya diagonal tiene 40 pies, y ambas bóvedas perlongadas están dibujadas a la misma escala, con su lado mayor de la misma dimensión que el lado del cuadrado.

Todo lo anteriormente dicho indica que las bóvedas que aparecen dibujadas en el código hay que incluirlas dentro del conjunto de bóvedas destinadas a ser construidas, todas ellas, en un edificio concreto, con un carácter eminentemente práctico, que responden a unas dimensiones nominales determinadas. Podemos considerarlas, por tanto como trazas realizadas por el autor e incorporadas a su cuaderno, pero destinadas a ser materializadas.

Los dibujos finales

Completan el código los dibujos incluidos en las dos caras del último folio (f.31), que como se ha indicado, por su diferente grafismo y los la aparición de unas caligrafías diferentes, pertenecen a un segundo autor, diferente del que realizó en bloque principal.

El conjunto lo componen el alzado del fuste de una columna salomónica (f. 31r.), y los dibujos de dos curvas: un semicírculo y media elipse (f. 31v.).

El fuste salomónico

En el f. 31r., aparece dibujado el alzado de un fuste de una columna salomónica de cinco espiras, limitado superior e inferiormente por dos líneas paralelas que se prolongan a ambos lados. El fuste salomónico aparece superpuesto sobre dos líneas verticales que aparentemente representan un fuste liso y de anchura uniforme en toda la altura, que es la base a partir de la que se generan las espiras. No posee ninguna notación ni texto explicativo, y las líneas están dibujadas en color sepia.

El examen detallado de las trazas ocultas del código aporta información en relación al proceso de realización del dibujo. Lo primero que llama la atención es el hecho de que las dos líneas verticales que representan el fuste liso aparecen prolongadas por la parte superior, hasta completar la altura de una sexta espira. A continuación, se procedió a dividir la altura del trazo ciego en doce partes iguales, de tal modo que cada dos partes representan la altura de una espira. Por cada una de las divisiones se traza una línea horizontal, que irá correspondiendo con el paso de media espira y de espira completa.

En las dos espiras inferiores, las intersecciones de las horizontales y verticales trazadas se toman como puntos de paso del alzado de las espiras, que simultáneamente son puntos de inflexión de las curvas. Cada espira aparece trazada con dos arcos de círculo cuyo radio es igual a la altura de la división vertical. Para obtener el centro de cada arco, se trazan dos pequeños arcos con centros en los puntos de paso sobre la línea vertical, y con el radio mencionado, cuya intersección proporciona el centro. Conforme se va ascendiendo, se repite la operación, trazando sucesivamente los arcos para obtener los centros a derecha o a izquierda, según corresponda, pero a partir de la tercera espira se va incrementando ligeramente el radio de los arcos, lo que provoca que el espesor del fuste disminuya progresivamente, de tal modo que los arcos de las espiras resultan secantes a las verticales laterales en las espiras inferiores y tangentes en la espira superior.

A pesar de que la construcción aparece trazada para completar seis espiras, por alguna razón, el autor materializó únicamente las cinco primeras, rematando superiormente la quinta con la línea horizontal dibujada [Fig. 659].

En relación a este dibujo, Suárez Quevedo (2002, 134-135), ha señalado la coincidencia de la situación del fuste en el f. 31r., con la columna salomónica, en este caso de seis espiras, dibujada en el folio homónimo de la traducción del *Vignola*, en el que se indican dos modos de dibujar los alzados disminuidos de las columnas, con una situación, respecto del orden de los folios, que se repite respecto de los dos alzados del orden toscano que figuran en los ff. 4r.; y 5r. En el caso de la columna salomónica, al contrario que en los alzados toscanos, a la vista de la falta de aproximación con el dibujo de Vignola no parece existir una intención de realizar una copia.

Vignola, tras explicar dos sistemas para disminuir el grosor de las columnas desde la basa hasta el capitel, que quedan reflejados en sendos alzados de fustes colocados a ambos lados, determina en la parte central el alzado de la columna salomónica por un procedimiento mucho más riguroso y preciso que el empleado por el autor del código, que resulta muy tosco. Vignola divide la altura de la espira en ocho partes y traza la planta del fuste, a la que añade un núcleo central, que igualmente aparece dividida en ocho partes. A continuación va determinando los puntos de paso de las hélices, en el cilindro del núcleo, trasladando proyecciones desde la planta y las divisiones del alzado, y por último, en cada división adopta el grosor, tomado del alzado del fuste liso [Fig. 660].

La comparación entre ambos dibujos, además de permitir descartar que se trate de un intento de copia, permite una aproximación respecto al orden de incorporación de los dibujos al código. Tomando como dato los alzados del orden toscano de la *Regole*, copiados por un segundo autor, no parece lógico que un autor posterior desconociera por completo el procedimiento de Vignola hasta el punto de realizar un trazado tan rudimentario, lo que indica que los dibujos del último folio fueron incorporados con anterioridad a los alzados del orden toscano.

El fuste de Vignola si aparece copiado casi literalmente en el cuaderno de Portor (1708, f. 84r.), aunque la precisión con la que están dibujados los contornos aparentes, con trazo muy grueso y desigual, es significativamente inferior a la de Caxesi [Fig. 613].

Fig. 659. Alzado del fuste de una columna salomónica, manuscrito de cantería Mss 12686, BNE, f. 31r.

Fig. 660. Barozzio de Vignola, Alzados de fustes de columnas, *Regola delli cinque ordini d'Architettura*, [1562] 1593, Im. XXXI.

Se pueden encontrar en la tratadística otros ejemplos de alzados de columnas salomónicas, como es el caso de las que aparecen en el frontispicio de la *Arquitectura civil* recta y oblicua, de Caramuel (1678) [Fig. 663], que constan de cinco espiras rectas y dos medias, siguiendo la misma pauta descrita por De la Peña (1992, 74-76) que cita la tendencia, respecto a la incorporación de columnas salomónicas en los retablos, de ir disminuyendo el número de espiras de los fustes, que en torno a 1670, en el primer Barroco, quedaría en cinco y dos medias, para reducirse hacia final del siglo, a cuatro y dos medias. Ya en el interior del tratado, Caramuel (1678, III: LIX), incorpora un detalle de las dos espiras inferiores de un fuste en el que indica el procedimiento para dibujar la hélice que es coincidente con el de Vignola [Fig. 664].

Posteriormente Guarini (1737), dibuja otro ejemplo, en este caso aumentando el número de espiras a seis y media, y añadiendo el detalle en el que se ve reflejado una vez más el mismo procedimiento de Vignola [Fig. 662].

Fig. 661. Juan de Portor y Castro, columna salomónica, cuaderno de arquitectura, cuaderno de arquitectura, 1708, f. 84r.

Fig. 662. Guarino Guarini, alzados y detalles de columnas, *Architettura Civile*, 1737, lastra IVI, T.3.

Fig. 663. Juan de Caramuel de Lobkowitz, columnas salomónicas, *Arquitectura civil recta y obliqua*, 1678.

Fig. 664. Juan de Caramuel de Lobkowitz, espiras de una columna salomónica, *Arquitectura civil recta y obliqua*, 1678, 3 III: LIX.

Las figuras geométricas

En el último folio, (f. 31v.), aparecen los dibujos de dos figuras geométricas: un arco de medio punto, con la línea vertical correspondiente a su diámetro, y una curva que se aproxima a una semielipse, dibujada con sus diámetros conjugados: el mayor, que aparece dibujado de forma oblicua, y el menor, del que se representa únicamente el semidiámetro correspondiente a la media elipse, dibujado horizontalmente y por tanto perpendicular al diámetro del semicírculo [Fig. 665].

Dentro del semicírculo se aprecia la existencia de unas trazos, que pudieran corresponder a un esbozo de rúbrica o firma. Aparece en primer lugar en la zona superior, sin el caído final, y de nuevo un poco más abajo y a la derecha, con la misma caligrafía, pero finalizando el trazo en esta ocasión con un caído largo final inclinado hacia la derecha en el sentido descendente. Entre ambas escrituras, aparecen unos trazos que parecen corresponder a alguno de los trazos contenidos en las inscripciones anteriores. Tanto las líneas como las caligrafías están realizadas con tinta de color sepia.

Las dos figuras aparecen dibujadas en posición vertical y entre ellas existen relaciones geométricas. La más evidente es que la longitud del radio del semicírculo coincide con el semidiámetro menor de la elipse, pero hay otras que se pueden extraer del estudio de las marcas de traza ocultas.

En los dos extremos del diámetro mayor de la elipse aparecen trazadas sendas líneas verticales, cuya separación es coincidente también con la longitud del radio del círculo y del semidiámetro menor de la elipse. Pero además, la proyección del semidiámetro mayor sobre dichas líneas, según la dirección del diámetro menor es tal que coincide también con el diámetro del círculo. Dicho de otro modo, la semielipse que aparece dibujada es la correspondiente a sesgar una elipse cuyos diámetros principales tuviesen por longitudes respectivamente el diámetro del círculo, para el diámetro menor de la elipse, y el doble de esa medida para el diámetro mayor, siendo además la longitud del sesgo igual al radio del círculo.

Se trata pues de una deformación del círculo para obtener una elipse oblicua a partir de la misma altura y con una anchura igual al doble de su diámetro. Para el trazado de la elipse se ha empleado un procedimiento que proporciona los puntos de paso a partir de los homólogos de la circunferencia.

Fig. 665. Semicírculo y semielipse, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, f. 31v.

La línea correspondiente al diámetro del semicírculo se ha dividido en treinta partes iguales, y por cada una de ellas, se ha trazado una línea que permite obtener la altura correspondiente a la división, en su intersección con el semicírculo. A continuación se ha dividido la línea oculta perpendicular al diámetro menor de la elipse en las mismas partes, 30, de tal modo que cada parte tiene el doble de longitud que la del círculo. Por cada una de las 30 partes, se traza una paralela al diámetro menor, que es perpendicular a la línea dividida, se marcan cada una de las intersecciones de las paralelas trazadas con el diámetro mayor, con lo que en aplicación del teorema de Tales, se obtienen sobre el diámetro treinta divisiones iguales, y a partir de dicha intersección se traslada la altura tomada de la división homóloga en el semicírculo, con lo que quedan determinados los 30 puntos de paso de la semielipse, que aparece trazada a mano.

Hay que hacer constar que como se ha apuntado con anterioridad, que debió existir un folio posterior al f. 31, correspondiente a la mitad del bifolio formado con el f. 27 y que fue arrancado del cuaderno, que probablemente contuviera algún dibujo relacionado con las mencionadas figuras geométricas.

Los dibujos indican una intención aparente del autor de transformar un círculo en una elipse, añadiendo una oblicuidad y un incremento de su longitud. No parece que la elipse se corresponda con la arista intersección de cilindros, al modo de las que aparecen dibujadas en las trazas del bloque principal del código, pues debería existir una diferencia de nivel entre ambos laterales y el plano. En todo caso se trataría de la diagonal de una bóveda aristada en decenda, y si consideramos el semicírculo como embocadura, la diagonal debería ser tal que su longitud fuera el doble que diámetro.

En el conjunto de la tratadística se han encontrado algunos dibujos que pueden aportar información acerca del objeto que pudiera tener esta operación geométrica realizada por el autor, y en particular las que corresponden a la obtención de elipses oblicuas a partir de semicírculos.

Como apunte previo, hay que mencionar el procedimiento recogido en su *Libro primo* por Serlio ([1545] 1566, l: f. 11v.) [Fig. 666], y también por Hernán Ruiz (c. 1550, f. 37r.) [Fig. 667], para obtener una semielipse rebajada, uno de cuyos diámetros tiene doble longitud que el otro, a partir de sendos semicírculos cuyos diámetros coinciden con los de la elipse. Aunque la elipse no es oblicua, la similitud con el código hay que buscarla en la coincidencia de las longitudes de los diámetros, aunque la obtención de los puntos de paso de la elipse se realiza por un procedimiento bien diferente, por doble afinidad, a

partir de la división de ambos círculos en partes iguales y del trazado de horizontales y verticales desde los puntos de la división de ambos semicírculos, cuyas intersecciones proporcionan los puntos buscados. Con posterioridad, el método sería también recogido por Alonso de Vandelvira (c. 1585, f. 18v.), en el *arco painel* [Fig. 668], y Ginés Martínez de Aranda (c. 1600, f. 2) [Fig. 669]⁴³⁶.

Fig. 666. Sebastiano Serlio, obtención de elipses a partir de círculos, *Libro primo d'architettura*, cuaderno de arquitectura, [1545] 1566, I: f. 11v.

Fig. 667. Hernán Ruiz, obtención de elipse a partir de círculos, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 37r.

Fig. 668. Alonso de Vandelvira, *arco painel*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 18v.

Fig. 669. Ginés Martínez de Aranda, obtención de elipses a partir de círculos, *Cerramientos y trazas de montea*, c. 1600, f. 2.

⁴³⁶ Calvo (2000, 1: 160), explica que mientras que Serlio traza la curva a mano, tanto Vandelvira como Martínez de Aranda utilizan el compás. Al respecto, ver Gentil (1996, 96).

Otra de las construcciones geométricas de Hernán Ruiz (c. 1545, f. 28v.), que incluye para obtener la cercha o baivel de un arco de gran tamaño, tiene interés pues aunque la transformación se realiza entre dos círculos, uno de los cuales tiene doble diámetro que el otro, que comparten uno de los extremos del diámetro, el procedimiento que emplea para obtener los puntos de la curva pasa también por dividir en partes iguales los diámetros, al igual que aparece en el códice, aunque las alturas se trasladan a las divisiones por proyección homóloga [Fig. 670]. El dibujo presenta además la particularidad de que en la planta rectangular que lo acompaña, la dimensión de la diagonal es el doble del lado menor, como sucedería en una teórica bóveda de arista en decenda, a la que podría corresponder la transformación del códice.

Un tercer dibujo de Hernán Ruiz (c. 1545, f. 149r.) se relaciona de una manera más directa, es el que recoge una escalera de tres tramos de planta cuadrada con bóvedas de cañón en decenda para cada uno de los tramos, en los que la arista intersección en la diagonal es una elipse oblicua dibujada por diámetros conjugados y de la misma altura que el semicírculo [Fig. 671]. Sin embargo, la coincidencia no es plena, pues la proyección del diámetro mayor sobre el semicírculo es de la misma longitud que el diámetro del semicírculo, mientras que en el códice es el doble. También en una escalera, se da una situación similar en uno de los arcos que dibuja Portor (1708, f. 95r.) [Fig. 672].

De otra manera, también aparece relacionada la fachada inclinada del *caracol de emperadores* que dibuja Vandelvira (c. 1585, f. 55r.), en la que explica *la manera en que se traza el arco de las ventanas*, mediante una transformación de los arcos de medio punto en semielipses oblicuas dibujadas por diámetros conjugados, incorporando un esquema en el que traslada las alturas a la elipse sobre su diámetro oblicuo por un procedimiento similar al del códice, mediante divisiones, aunque en este caso las fracciones no son iguales. Como en el caso anterior, los diámetros del semicírculo y del eje mayor de la elipse son coincidentes [Fig. 673].

Fig. 670. Hernán Ruíz, obtención de cercia de un arco de gran tamaño, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 28v.

Fig. 671. Hernán Ruíz, arcos abovedados de escalera, *Libro de arquitectura*, c. 1550, f. 149r.

Fig. 672. Juan de Portor y Castro, arcos abovedados de escaleras, *Cuaderno de arquitectura*, 1653, f. 95r.

De modo parecido a como lo expone Vandelvira, Caramuel (1678, 3 IV: 20), plantea la *degradatio et obliquitas* de la fachada del tramo inclinado de la escalera, aunque en su caso, la división del círculo para trasladar las alturas si se realiza en partes iguales [Fig. 674].

En el caso de que la luz de los vanos fuera doble que la del tramo horizontal, la construcción del código correspondería con el procedimiento para determinar los puntos de paso del arco.

Fig. 673. Alonso de Vandelvira, *caracol de emperadores*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, f. 55r.

Fig. 674. Juan de Caramuel de Lobkowitz, *degradatio et obliquitas*, *Architectura civil recta y obliqua*, 1678, 3 IV: XX.

El propio Caramuel (1678, 3 III: XXXIX; 3 IV: XXII) [Fig. 675] [Fig. 676], plantea otras operaciones de transformación de círculos en elipses oblicuas, para convertir las columnas circulares en elípticas. El procedimiento empleado es, en síntesis el mismo que para las fachadas, y el hecho de que los dibujos del código figuren precisamente tras el alzado de una columna salomónica, quizá podría relacionar las curvas con una transformación de este tipo.

En otro orden de cosas, Derand (1643, 303), plantea una trompa esviada en una semielipse, cuya planta, oblicua, está trazada a partir de diámetros conjugados [Fig. 677], pero no parece que las curvas dibujadas en el código respondan a una pieza de este tipo.

Fig. 675. Juan de Caramuel de Lobkowitz, columnas recta y obliqua, *Arquitectura civil recta y obliqua*, 1678, 3 III: XXXIX.

Fig. 676. Juan de Caramuel de Lobkowitz, columnas recta y obliqua, *Arquitectura civil recta y obliqua*, 1678, 3 IV: XXII.

Fig. 677. François Derand, *trompe en niche en demi ovale ou surbaissé*, *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes...*, 1643, 303.

LAS BÓVEDAS TARDOGÓTICAS RELACIONADAS CON EL MANUSCRITO

Antecedentes

A mediados del siglo XV, llegaron a Castilla numerosos artistas portadores de las ideas tardogóticas, que desarrollaron su trabajo fundamentalmente en torno a las sedes catedralicias, como es el caso del flamenco Hanequin de Bruselas y el bretón Juan Guas en Toledo, y Juan de Colonia en Burgos. En torno a estos talleres catedralicios, recibiendo la influencia de las ideas centroeuropeas, se formó la siguiente generación de artistas españoles, entre los que se encuentran Juan Gil de Hontañón, padre de Rodrigo Gil de Hontañón; Juan de Álava; y Simón de Colonia, hijo de Juan. Todos ellos desarrollaron su actividad durante el primer cuarto del siglo XVI⁴³⁷.

Alonso Ruiz (2003, 28-29) señala que la adaptación de la renovación gótica a la realidad castellana se realizó mediante dos opciones divergentes: una de ellas, a la que considera corriente cientifista, corresponde a la iniciada por Juan Gil de Hontañón, que tendría continuidad en Juan de Rasines hasta 1542 aproximadamente; la otra es la que enlaza la arquitectura tardogótica con la nueva arquitectura *a lo romano*, que se prolonga hasta los años setenta del siglo con Rodrigo Gil de Hontañón y Pedro de Rasines.

Respecto de los modelos tardogóticos, por su relación directa con las trazas dibujadas en el códice, tienen especial interés las bóvedas en las que se incorporan nervios combados y en especial aquellas en las que se curvan los terceletes más allá de la clave secundaria.

Se había considerado siempre la bóveda realizada por Juan Guas en el ángulo NE del claustro de la catedral de Segovia, construida entre 1472 y 1491 como la primera que incorporó nervios curvos en el ámbito hispánico. Muy cercanas a ella temporalmente, en el monasterio de San Salvador en Oña, cuya capilla mayor de su templo había sido trazada y construida por Juan de Colonia entre 1463 y 1470, aparecen varias bóvedas con combados en el claustro, que se levantó entre 1495 y 1503 con la participación de Simón de Colonia (Gómez Martínez 1998, 91).

Martín Martínez de Simón (2013, 238-247; 2014, 107), en sus recientes investigaciones, adelanta la fecha a 1488 respecto de la bóveda realizada en el atrio de la

⁴³⁷ Para el desarrollo de este capítulo, se ha tomado como base de partida la comunicación presentada al Noveno Congreso Nacional y Primero Hispanoamericano de Historia de la Construcción, titulada: *Un modelo de bóveda tardogótica con terceletes combados. las conexiones entre los ámbitos riojano y conquense* (García Baño 2015), que se inscribe en el proyecto de investigación *La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento*, financiado por del Ministerio de Economía y Competitividad.

Capilla de los Condestables, de Simón de Colonia, realizada a partir de 1482 y finalizada en 1488. En cualquier caso, tales fechas se refieren a la finalización de las obras, por lo que también habría que considerar las fechas de las trazas a los efectos de establecer cuál es la primera.

Simón de Colonia, de nacimiento burgalés, desarrolló su aprendizaje como arquitecto trabajando junto a su padre en las obras de la Catedral, manteniendo por tanto la influencia y formación centroeuropeas. Tras el fallecimiento de su padre en 1481 accedió al cargo de maestro mayor de la catedral. Fue pionero en la utilización de bóvedas de nervios combados. La que cubre el crucero de la Catedral de Palencia, cerrada por él en 1497 [Fig. 678], es considerada como la primera en la que se utiliza el recurso de curvar los terceletes⁴³⁸, que a partir de ese momento se generalizó y alcanzó una difusión significativa por diversas zonas de la geografía hispana durante los tres primeros cuartos del siglo XVI.

Fig. 678. Simón de Colonia, bóveda de terceletes combados, catedral de Palencia, 1497. (Foto: Francisco Manzanal).

Se ha realizado una labor de investigación con el fin de localizar el mayor número posible de bóvedas construidas con terceletes combados y en particular, aquellas cuya

⁴³⁸ En relación a la bóveda del crucero de la catedral de Palencia como la primera de terceletes combados, ver Hoag (1985, 29); Gómez (1998, 92); Palacios (2000, 750); Alonso Ruiz (2003, 204); Barrón (2012-2013, 236; 2014, 188). Ver también para la catedral de Palencia, Martínez Frías (1994, 157-159; 170).

disposición de nervios posea el mayor nivel de coincidencia con los diseños contenidos en el códice. Sin embargo, por su significación y por los datos que aportan, se ha extendido el estudio a bóvedas que incluyen ligeras modificaciones o incorporan algún nervio adicional. Tal es el caso de las de planta cuadrada en las que las ligaduras se prolongan hasta las claves de los nervios perimetrales o las que incorporan nervios combados adicionales desde las claves intermedias de los terceletes hasta los nervios perimetrales, formando una “M” con los pies de gallo.

Igualmente, en los casos en los que se han encontrado bóvedas coincidentes con los modelos del códice, se han incluido aquellas relacionadas con iglesias o con los responsables de su traza o ejecución, que poseen el mismo dibujo, con la particularidad de omitir la serie de combados polares que cierra los lazos ovoides, cuya presencia ha contribuido a establecer las relaciones y vinculaciones.

Hay un conjunto de bóvedas cuya disposición, en una primera impresión, puede parecer análoga a la de las bóvedas del manuscrito, pero en ellas, los terceletes se mantienen rectos en toda su longitud, hasta alcanzar las claves secundarias situadas en los extremos de las ligaduras [Fig. 679] [Fig. 680]. Aunque el origen común de todas ellas es el mismo, con los antecedentes descritos en las bóvedas de Juan Guas y Juan de Colonia, sin embargo, ese detalle en el diseño de los terceletes resulta fundamental para la determinación de las conexiones y transmisiones de conocimiento. De las que corresponden a este tipo, se mencionan exclusivamente las que se relacionan en mayor medida con la línea de la investigación, por su vinculación con iglesias, zonas o artífices asociados a los tipos contenidos en el códice⁴³⁹.

El análisis transversal de los datos obtenidos ha permitido establecer las concurrencias en el empleo del modelo, agrupar las piezas en cuanto a su ubicación, relacionar su construcción con las sagas de canteros procedentes en su gran mayoría de tierras vizcaínas, como los Alviz, Pérez de Solarte, Martínez de Mutio, o los Rasines cántabros y determinar las vías de formación y transferencias del conocimiento entre los maestros tardogóticos.

⁴³⁹ Un ejemplo de ello lo constituye el modelo de bóveda perlongada realizada por Juan de Álava entre 1524 y 1533, para la nave del monasterio de San Esteban en Salamanca, cuyo diseño guarda cierta relación aparente con el del manuscrito, aunque carece de pies de gallo longitudinales, los transversales aparecen doblados a ambos lados del punto medio, y los terceletes son rectos. La bóveda ha sido estudiada y modelada por Palacios (2007b, 729-731). Otro ejemplo, que ilustra la difusión entre Castilla y Portugal es uno de los estudiados por Martín Talaverano (2016, 544-546): la bóveda rebajada oriental de la nave central en el coro alto del monasterio de los Jerónimos en Lisboa, que obedece al modelo con ocho lazos de combados en torno a la clave central, que mantiene rectos los terceletes e introduce inflexiones en los pies de gallo.

La mayoría de las bóvedas localizadas están ubicadas en dos zonas geográficas. La primera de ellas corresponde al ámbito riojano, en torno a Logroño, y la segunda en la zona conquense focalizada en el monasterio santiagoista de Uclés.

Fig. 679. Bóveda de combados con terceletes rectos, iglesia de San Juan Evangelista, Zitiano, mediados s. XVI. (Foto: Roberto Cacho).

Fig. 680. Bóveda de combados con terceletes rectos, Monasterio de los Jerónimos de Belém, Lisboa, primera mitad del s. XVI.

En los apartados siguientes se tatará con carácter general de las bóvedas de planta cuadrada o asimilable a ella, pues con frecuencia, algunas que en apariencia presentan iguales ambos lados, en realidad, bien sea por causa de desviaciones en la ejecución, o por que la propia traza ya lo contemplara así, en realidad tienen longitudes diferentes en cada una de las direcciones. En ellas, para mantener la imagen del conjunto, se adapta el diseño modificando la amplitud de los lazos ovoides, por lo que a simple vista, estas desviaciones pasan desapercibidas. Para el diseño de planta perlongada no se han localizado ejemplos iguales, al margen de la iglesia de Garcinarro, como veremos más adelante, por lo que se hará referencia a ellas en los casos concretos que guarden alguna relación.

La difusión de este tipo particular de bóveda de terceletes combados está directamente relacionada con la del modelo de las iglesias columnarias, también denominadas *iglesias salón* o *hallenkirchen*⁴⁴⁰, muy extendido a finales del siglo XV y durante el XVI, en las que el espacio interior del templo se unifica ante la necesidad de que los fieles participen activamente en las celebraciones religiosas, lo que requiere una visión directa del altar desde todos los puntos del interior. Se deja atrás el concepto gótico de naves longitudinales a distintas alturas, con todos los mecanismos constructivos

⁴⁴⁰ Término alemán cuyo significado corresponde a iglesias de salón, que Weise (1935) utilizó para referirse a las iglesias españolas de finales del siglo XV y del siglo XVI, en las que la nave principal y las naves laterales presentaban las cubiertas de sus naves a la misma altura.

necesarios para contrarrestar los empujes y facilitar la entrada de la luz, para aprovechar la capacidad casi autoportante de los sistemas de abovedamiento evolucionados hacia el rampante curvo, en los que la igualdad de alturas permite que los empujes de las naves se contrarresten entre sí, y baste para compensarlos con disponer contrafuertes en los muros exteriores, frecuentemente aprovechados para disponer entre ellos capillas hornacinas.

Ejemplos en el entorno de La Rioja

La primera de la que se tiene constancia documental, de entre las localizadas, es la del crucero de la iglesia colegial de Santa María La Redonda en Logroño. La iglesia había sido comenzada por Juan de Regil en 1516 y se continuó en 1523 con traza de los canteros y primos Martín Ruiz de Alviz y San Juan de Arteaga, quedando la bóveda concluida hacia 1530, aunque la colegial se concluiría hacia 1549⁴⁴¹. El diseño de la bóveda coincide plenamente con la cuadrada del manuscrito en tres de sus lados, incluso en la existencia de claves cilíndricas en los formaletes, que son arcos apuntados, aunque los nervios del lado de la cabecera se fusionan con ella, rompiendo la doble simetría del conjunto [Fig. 681]. Además, en la colegial también está presente el modelo de bóveda con el mismo diseño, sin la serie de combados polares.

También del primer tercio del siglo es la bóveda del crucero de la iglesia de San Miguel en Rincón de Soto, ligeramente rectangular. No se tienen datos concretos de su construcción, pero la iglesia se inició hacia 1510 y se terminó hacia 1550 con intervención en la década de los 40 de San Juan, Pedro y Domingo de Areizábal (Moya et al. 1985, 220).

Fig. 681. Martín Ruiz de Alviz y San Juan de Arteaga, bóveda de terceletes combados, colegial de Santa María la Redonda, Logroño, c. 1530.

⁴⁴¹ Para la colegial de Santa María la Redonda, ver Moya et al. (1976, 300), que incorpora un plano de planta; Alonso Ruiz (2003, 204); Arrúe (2004, 122); Barrón (2012-2013, 260-262; 2014, 195; 2015).

La influencia de Juan de Rasines

Hay que citar otras bóvedas relativamente tempranas debidas a Juan de Rasines que, si bien presentan algunas diferencias respecto al modelo estudiado, permiten establecer el nexo de unión entre las propuestas de Simón de Colonia y las construidas posteriormente por la siguiente generación de canteros.

Fuera del ámbito territorial de La Rioja, en la colegiata de Nuestra Señora del Mercado de Berlanga de Duero, trazada y construida por Rasines desde 1525, que se bendijo en 1530 aunque hay documentos que indican que en 1544 aun no estaba terminada. La colegiata responde al modelo de iglesia salón, de tres naves continuas de cinco tramos, con capillas alojadas entre los contrafuertes en ambos lados. El maestro cántabro empleó el modelo en los dos tramos de la sacristía, en los que se incluye una inflexión en los combados que unen las claves de terceletes y cruceros. En los tramos segundo al cuarto de la nave central planteó un tipo de bóveda similar [Fig. 682], con formaletes ligeramente apuntados, menos elaborada en la que aún no se incluyen los ocho combados cóncavos alrededor del polo que cierran los lazos⁴⁴².

Fig. 682. Juan de Rasines, bóveda de terceletes combados, colegiata de Nuestra Señora del Mercado, Berlanga de Duero, c. 1530.

⁴⁴² Para la colegiata de Berlanga de Duero, ver Ortiz (1930, 25); Martínez Frias (1980, 362-371; 1994, 206-207); Alonso Ruiz (2003, 200-201);

Para Alonso Ruiz (2003, 136-138), el modelo de Rasines en Berlanga del Duero, derivó hacia las iglesias columnarias en Soria, La Rioja y el País Vasco, mientras que en la zona castellana, la tipología se interpretó de forma diferente, derivada de Rodrigo Gil de Hontañón⁴⁴³.

La bóveda que cubre el crucero de la iglesia de San Martín en Casalarreina, de nave única de cuatro tramos con crucero, trazada por Rasines en torno a 1533 y construida por Juan de Legorreta, responde a un estadio previo de evolución hacia el modelo estudiado, con similar disposición de nervios, salvo que los terceletes se mantienen rectos hasta la clave de la ligadura, más cercanos a los modelos utilizados por Juan y Rodrigo Gil de Hontañón⁴⁴⁴.

Juan Martínez de Mutio y la saga de los Pérez de Solarte

Durante el segundo tercio del siglo, se construyeron un grupo de bóvedas con igual disposición de nervios a la del manuscrito, vinculadas con los canteros vizcaínos Juan Martínez de Mutio; Juan Pérez de Solarte, que se había formado con Mutio y se convirtió en cuñado suyo tras esposar con su hermana María; y a dos generaciones descendientes de este matrimonio⁴⁴⁵, que continuaron el trabajo de Mutio y Solarte (Moya 1980, 99).

Juan Martínez de Mutio y Juan Pérez de Solarte intervinieron en torno a 1541 en la Iglesia de la Natividad en Arenzana de Abajo, también denominada como de la Asunción, hallenkirche de tres naves con cuatro tramos. Con posterioridad, en el coro y en la conclusión de las naves, intervinieron los hijos de Juan: Juan Pérez de Solarte, que concluyó las naves en torno a 1561; y Martín Pérez de Solarte, que finalizó el coro alto en 1583. Esta iglesia, junto con la parroquial de Garcinarro en Cuenca, que veremos más adelante, constituyen los dos ejemplos que se vinculan de un modo más directo con el código⁴⁴⁶.

Las bóvedas que cubren los tramos segundo, tercero y cuarto de la nave central presentan el mismo diseño que la del código [Fig. 683]; la del primer tramo, que responde también a la misma disposición, pero presenta una diferencia de longitudes entre sus

⁴⁴³ En relación a la evolución de las hallenkirchen en las zonas en las que se dan las bóvedas analizadas, pueden consultarse entre otros los trabajos de Moya (1980); Rokiski (1985); Muñoz Jiménez (1996); Alonso Ruiz (2003); Arrúe (2004); Polo (2004); De la Morena (2004).

⁴⁴⁴ En relación a la iglesia de San Martín de Casalarreina, Moya et al (1975, 290-292); Moya (1980, 97); López de Silanes (2000d); Alonso Ruiz (2003, 234-235).

⁴⁴⁵ Barrio y Moya (1980, 341) ha elaborado un árbol genealógico de los Pérez de Solarte.

⁴⁴⁶ Para la iglesia de Arenzana de abajo, ver Moya et al. (1975, 112); Moya (1980, 1: 98-102); Alonso Ruiz (2003, 136); Arrúe (2004, 123); López de Silanes (2000c).

lados que provoca que los lazos ovoides tengan que ajustarse para salvar la desigualdad, y además se incorporan los nervios combados adicionales que alcanzan el formero de la cabecera y conforman la “M” junto con el pie de gallo. En ellas se combinan los formaletes de medio punto con los apuntados, en función de las dimensiones relativas de los lados de cada tramo. La bóveda del sotocoro, también responde al mismo dibujo, pero presenta la particularidad de ser muy rebajada, [Fig. 684], al igual que las del monasterio de Uclés, que veremos después⁴⁴⁷. Todas ellas incorporan claves en los formaletes escarzanos, a excepción de la del sotocoro, en la que los encuentros se resuelven por intersección directa.

Además, se da la circunstancia de que los dos primeros tramos de las naves colaterales poseen bóvedas rectangulares muy parecidas a la perlongada del código, con la única diferencia de la inclusión en el lado más corto, de contraterceletes que se unen en una clave secundaria adicional, que es la que recibe los pies de gallo en el sentido longitudinal [Fig. 685].

Las dimensiones de las bóvedas son de 8,14 m. de anchura para las de la nave central, y de 3,79 m. para las de la nave lateral del lado de la epístola, con longitudes de 9,68 m. para el primer tramo, y 7,20 m. para el segundo tramo. En la nave central, la bóveda del segundo tramo alcanza en la clave una altura de 13,16 m., y presenta un rampante curvo, con caídas aproximadas de 0,76 m.

A Juan Martínez de Mutio se deben también los dos últimos tramos, la escalera y la portada de la iglesia de la Asunción en Briones, tipo salón de tres naves de cinco tramos, ampliada con capillas en el lado del evangelio, en la que intervino a partir de 1546, en los que se emplearon modelos similares a cuadrada del código, adaptándola a las formas rectangulares de los tramos, alternando el uso de terceletes combados en unos casos. En la misma iglesia, Juan Pérez de Solarte construyó hacia 1568 la segunda capilla del segundo tramo de la epístola⁴⁴⁸.

⁴⁴⁷ En relación a las bóvedas rebajadas pueden consultarse los trabajos específicos de Palacios (2005) y Palacios y Martín Talaverano (2012), en el que se analiza la bóveda del sotocoro del convento de San Esteban en Salamanca, de Juan de Álava, que guarda cierta relación con el modelo del código, aunque sus terceletes son rectos y el diseño de las nervaduras presenta asimismo diferencias significativas, pero existen coincidencias en cuanto a la geometría del conjunto de la bóveda y a la disposición de formeros y perpiaños. Ver también la tesis doctoral de Martín Talaverano (2014) relativa a las bóvedas rebajadas hispanas y en especial el capítulo 5, dedicado a coros altos y bóvedas rebajadas.

⁴⁴⁸ La planta de la iglesia y los datos en relación a su construcción están recogidos por Moya et al. (1975, 212), y Alonso Ruiz (2011, 77).

Fig. 683. Juan Martínez de Mutio y Juan Pérez de Solarte, iglesia de la Natividad, Arenzana de Abajo, 1541-1561.

Fig. 684. Martín Pérez de Solarte, bóveda del sotocoro, iglesia de la Natividad, Arenzana de Abajo, 1583.

Fig. 685. Juan Martínez de Mutio, Juan Pérez de Solarte y Juan Pérez de Solarte hijo, bóveda perlongada de terceletes combados, iglesia de la Natividad, Arenzana de Abajo, 1541-1561.

Fuera de la zona riojana encontramos otros ejemplos en la colegiata de San Pedro en Soria, directamente relacionada con la de Berlanga de Duero, que responde al mismo modelo de hallenkirchen de tres naves de cinco tramos, con capillas entre contrafuertes en ambos laterales. La traza y la primera fase de las obras corresponden a Juan Martínez de Mutio junto a San Juan de Obieta, que cubren con este modelo de bóvedas las naves colaterales del segundo tramo de la epístola y del evangelio [Fig. 686]. En este caso, los encuentros de los pies de gallo con los formaletes, ligeramente apuntados y de mayor sección, se resuelven con intersección directa, sin la colocación de clave. Las obras comenzaron antes de 1551; poco después Mutio las cedió a Francisco de Marquina, que a su vez las volvió a ceder en 1555 a Mutio, que murió poco después, por lo que las obras las terminaron los hermanos Pérez de Villaviad, canteros cántabros originarios del valle del Liendo residentes en Soria; y Rodrigo Ezquerria Villa⁴⁴⁹.

⁴⁴⁹ Para la colegiata de San Pedro, Martínez Frías (1980, 371-378); Alonso Ruiz (2003, 136); Hernando (2002-2007, 15: 966-977).

Fig. 686. Juan Martínez de Mutio y San Juan de Obieta, bóveda de terceletes combados, colegiata de San Pedro, Soria, c.1551.

Otra bóveda vinculada a Juan Pérez de Solarte es la construida en la capilla mayor de la iglesia de San Andrés en Anguiano, hallenkirchen de tres naves con tres tramos, concebida en el segundo cuarto del siglo, en la que intervino entre 1545 y 1550, apareciendo datado como habitante de Anguiano en 1546, construyendo la capilla mayor, otras seis capillas y la sacristía. También obedece al mismo diseño del código, incluso en la colocación de claves en los formaletes, que son ligeramente apuntados [Fig. 687], con dos pequeñas variaciones: en el lado de la cabecera, se incorporan los combados adicionales que conforman la “M” y la ligadura se prolonga hasta la clave del formero⁴⁵⁰.

⁴⁵⁰ En relación a la iglesia de San Andrés de Anguiano, Moya et al. (1975, 99); López de Silanes (1996, VIII-IX); Arrúe (2004, 122); Moya (2014,122).

Las dimensiones de la bóveda a ejes son de 10,13 m. de anchura, y de 8,71 m. de longitud, con una altura en la clave de 15,93 m., y rampante curvo, con caídas de 0,97 m.

Fig. 687. Juan Pérez de Solarte, bóveda de terceletes combados, iglesia de San Andrés, Anguiano, c.1550.

Juan Pérez de Solarte, cuya vinculación con las obras del monasterio de Yuso en San Millán de la Cogolla está documentada en 1538, fecha en la que aparece como criado de Juan Martínez de Mutio y uno de sus fiadores en la obra del abovedamiento de la iglesia, contrata en 1549 la realización del claustro del monasterio de Yuso. Intervino en las obras hasta 1559, y en la panda norte del claustro, realizó dos bóvedas, alterando la traza que había diseñado previamente el burgalés Juan de Vallejo, lo que finalmente fue objeto de un largo pleito en relación con la valoración de su trabajo, pues Solarte había ejecutado bóvedas con mayor número de claves y más riqueza de nervios que las inicialmente contempladas en la traza de Vallejo⁴⁵¹.

⁴⁵¹ En relación al proceso de construcción de las bóvedas del claustro y al desarrollo del pleito, ver Barrón (2014b). Ver además, Moya (1980, 1: 102).

Las bóvedas en cuestión tienen gran interés, pues una de ellas presenta un diseño igual al del manuscrito, con la presencia de claves en los perpiaños, pero resolviendo los formeros, ligeramente apuntados, mediante encuentro directo [Fig. 688]. Barrón (2014b, 126) apunta la posibilidad de que Solarte contratara la obra asociado con su cuñado Martín Ibáñez de Mutio.

La segunda de las bóvedas construidas corresponde con el ya mencionado modelo similar, en el que se suprimen los combados polares. Se da la circunstancia de que Solarte previamente había empleado de forma simultánea en Anguiano ambos tipos de bóveda, y además, este segundo modelo también había sido utilizado por Rasines en Berlanga de Duero.

Fig. 688. Juan Pérez de Solarte, bóveda de terceletes combados, monasterio de Yuso, San Millán de la Cogolla, 1559.

La segunda generación de los Solarte, continuó con el empleo del modelo, pues los hijos de Juan Pérez de Solarte, Juan y Martín construyeron una con las mismas características para cubrir el crucero de la iglesia de San Martín en Camprovín, iglesia salón

de tres naves con tres tramos. Intervinieron en ella hacia 1574, finalizándola en torno a 1579 [Fig. 689]. La bóveda presenta claves en formeros y perpiaños y en ella se utilizan al llegar a los muros de cabecera, los enjarjes con apoyo en ménsula, que Rokiski (1985,96) ha identificado como característicos de la arquitectura de Pedro de Alviz. Los perpiaños son ligeramente apuntados, y los formeros presentan una imagen de estar ligeramente rebajados, aparentemente por haber sufrido deformaciones con descenso en su clave. En Camprovín, los Solarte extienden el modelo de bóveda también a la cabecera semi-ochavada, realizando los ajustes necesarios para acoplarla al perímetro de la planta⁴⁵². Las dimensiones de la bóveda son de 6,95 m. de anchura y de 7,99 m. de longitud, con una altura en la clave de 12,92 m., y rampante curvo, con caídas de 1,00 m., en el sentido longitudinal, y de 1,35 m. en el sentido transversal.

Fig. 689. Juan y Martín Pérez de Solarte, bóveda de terceletes combados, iglesia de San Martín, Camprovín, 1579.

Otros ejemplos riojanos

Además de los ejemplos anteriormente citados, vinculados por autoría con Juan Martínez de Mutio o con la saga de los Pérez de Solarte, existen en el ámbito de La Rioja,

⁴⁵² Para la iglesia de San Martín en Camprovín, ver Moya et al (1975, 261-262); Moya (1980, 1: 103-104); López de Silanes (1999, V).

otra serie de bóvedas que repiten el modelo del código en lo referente a la disposición del conjunto de los nervios. En la mayoría de los casos, no se tienen datos acerca de la autoría, y los que se conocen acerca de su datación son por lo general aproximados y referidos al conjunto de la iglesia, por lo que no resulta fácil precisar los datos concretos de cada bóveda, pero la especificidad del modelo y la proximidad geográfica hace necesario pensar en una vinculación directa entre todas ellas.

Ejemplo de ello es la iglesia de la Asunción en Nalda, de la primera mitad del siglo XVI, que responde al tipo Reyes Católicos de nave única con cuatro tramos y capillas hornacinas entre estribos, en la que aparece el modelo de bóveda en el segundo tramo de la nave y en el sotocoro, esta última muy rebajada [Fig. 690], en la que los encuentros con los formales escarzanos se realizan sin claves cilíndricas⁴⁵³.

Fig. 690. Bóveda de terceletes combados, iglesia de la Asunción, Nalda, mediados s. XVI.

En Arnedo, dos de sus iglesias contienen también bóvedas que responden a estos modelos. Una de ellas es la de Santa Eulalia, de nave única de tres tramos con capillas hornacinas, construida en la segunda mitad del siglo XVI, finalizada en 1590, en cuyo primer tramo la disposición de los nervios es igual a la del código, con claves en los formeros y perpiaños, ligeramente apuntados, que presenta la particularidad de la policromía en las torteras de las claves y en la superficie interior a los combados polares [Fig. 691]. Respecto a los autores, se sabe que el tejado lo hizo Juan de Gorosábel, y que la fachada, con traza de Juan de Urruela, la construyó Juan de Zumeta, siendo Martín del

⁴⁵³ La datación, así como datos en relación a la construcción de la iglesia están recogidos por Moya et al. (1985, 74); López de Silanes (1997b, X-XI).

Pontón quien finalizó la obra (Sáenz y Ramírez 2004)⁴⁵⁴. Las dimensiones de la bóveda a ejes son de 10,96 m. de anchura, y de 11,06 m. de longitud, con una altura en la clave de 18,78 m., y rampante curvo, con caídas de 1,13 m.

La segunda de las iglesias es la de San Cosme y San Damián, muy próxima a la anterior, que responde al modelo columnario con tres naves de cuatro tramos y capillas laterales. Su construcción comenzó en torno a 1540, y se prolongó hasta a finales de siglo. En ella intervinieron Pedro de Alzaga, Martín de Saracíbar, Francisco de Zumista, Juan de Juaristi I, Miguel de Urdinaga y Juan de Juaristi II. El modelo es el empleado para cubrir los dos primeros tramos de la nave central y en ambos se colocan claves en todos los nervios perimetrales [Fig. 692]. En este caso, en función de las dimensiones relativas de cada tramo, los formaletes son arcos apuntados, rebajados ligeramente apuntados, e incluso carpaneles. Las dimensiones de las bóvedas son de 8,81 m. de anchura, con longitudes de 8,59 m. para el primer tramo, y 9,13 m. para el segundo tramo. La bóveda del primer tramo alcanza en la clave una altura de 16,45 m., y presenta un rampante curvo, con caídas aproximadas de 0,94 m. La proximidad de ambas iglesias y la similitud de sus bóvedas permiten establecer la hipótesis de una construcción simultánea y probablemente de la misma autoría en ambos casos⁴⁵⁵.

Se han localizado otras iglesias riojanas en las que aparece el mismo modelo de bóveda en alguno de sus tramos:

La iglesia de San Martín en Entrena, de planta similar a la de Nalda, tipo Reyes Católicos de una nave de cuatro tramos con capillas laterales, construida a partir de 1545, que la contiene en el primer tramo de la nave⁴⁵⁶.

La iglesia de El Salvador en Quel, también tipo Reyes Católicos de cuatro tramos, construida en la segunda mitad del siglo XVI, que contiene el modelo en los cuatro tramos de la nave, en todos los casos con claves en los nervios perimetrales ligeramente apuntados, alternando tramos de planta cuadrada con otros de planta ligeramente perlongada, en la que se adapta el dibujo para mantener los ocho lazos polares [Fig. 693]. Para la cabecera se empleó el tipo similar de bóveda, sin los combados polares, adaptando

⁴⁵⁴ Ver además Moya et al. (1975, 138) y López de Silanes (2000, IV) que data la finalización de las obras.

⁴⁵⁵ Ver Moya et al. (1975, 129-131), que incorpora la planta de la iglesia, y Sáenz y Ramírez (2004b) que aportan adicionalmente datos de las autorías. Ver también Sáenz y Ramírez (2004), que en la descripción de la iglesia de Santa Eulalia, exponen que los artífices que trabajaron en ella, lo hicieron al mismo tiempo en la iglesia de San Cosme y San Damián, aunque no los mencionan expresamente en el trabajo monográfico dedicado a ella.

⁴⁵⁶ La planta y los datos en relación a la iglesia están contenidos en Moya et al. (1976, 106-107) y López de Silanes (1997, VI-VII).

el dibujo a la planta semi-hexagonal⁴⁵⁷. En el tercer tramo, las dimensiones de la bóveda a ejes son de 7,11 m. de anchura, y de 7,87 m. de longitud, con una altura en la clave de 13,03 m., y rampante curvo, con caídas de 0,99 m., en el sentido longitudinal, y 0,82 m. en el transversal.

La iglesia de Santa Marina, en El Cortijo, de una nave de tres tramos con capillas laterales en el primero, en la que hacia 1545, Juan de Acha construyó la cabecera, y el crucero cubierto con el modelo con claves en formeros y perpiaños, que son arcos de medio punto [Fig. 694]⁴⁵⁸.

La iglesia de San Pedro en Cornago, de nave única en la que se cubrió su segundo tramo con una bóveda muy similar, con la modificación de incorporar puntos angulosos en los combados de los pies de gallo, con formaletes ligeramente apuntados [Fig. 695]⁴⁵⁹.

Fig. 691. Bóveda de terceletes combados, iglesia de Santa Eulalia, Arnedo, segunda mitad s. XVI.

⁴⁵⁷ Para la iglesia de El Salvador de Quel, ver Moya et al. (1985, 197); López de Silanes (2000b, V).

⁴⁵⁸ Moya et al. (1976, 71-72) aportan la autoría y datación, además del dibujo de la planta de la iglesia.

⁴⁵⁹ Moya et al. (1976, 51) aportan el dibujo de la planta.

Fig. 692. Bóveda de terceletes combados, iglesia de San Cosme y San Damián, Arnedo, segunda mitad s. XVI.

Fig. 693. Bóveda de terceletes combados, iglesia de El Salvador, Quel, segunda mitad s. XVI.

Bóvedas similares en otras zonas del norte de España

Fuera de la concentración de ejemplos contruidos localizados en el área geográfica riojana descritos anteriormente, se han localizado algunos ejemplos que responden a la misma disposición en el diseño de las nervaduras.

En la provincia de Soria, al margen de los casos citados anteriormente de las colegiats de San Pedro y de Berlanga de Duero, hay que mencionar otros ejemplos, como son las bóvedas del crucero de la iglesia del convento de la Merced, en Soria, actual aula magna de la Diputación Provincial, que presenta arranques en ménsula y claves en los formaletes, aunque en ella, los combados polares se apartan ligeramente de la tangencia con las ligaduras y los ojivos, lo que ofrece una imagen más angulosa de los lazos [Fig. 696]. La iglesia, de nave única con cuatro tramos, data del segundo cuarto del XVI, y fue parcialmente reconstruida tras un derrumbamiento en 1888⁴⁶⁰. El segundo ejemplo es la de la capilla de Santo Domingo en la iglesia de San Juan Bautista en Gómara, del tercer cuarto del siglo⁴⁶¹.

Dos iglesias de Alaejos, en la provincia de Valladolid, poseen bóvedas con modelos similares. Se trata de la iglesia de San Pedro, de tres naves, cuya fábrica principal corresponde al tercer cuarto del siglo XVI, en la que se pueden encontrar en el primer tramo, con igual disposición que la del código, y en sus colaterales, en las que se modifica ligeramente para incluir puntos angulosos en los combados de los pies de gallo [Fig. 697]. La otra es la iglesia de Santa María, igualmente de tres naves, cuyas obras comenzaron en el tercer cuarto del siglo XVI, estando en fase de terminación en 1585, en la que el modelo aparece en las colaterales del primer tramo, con la modificación de los quiebro de los combados en los pies de gallo⁴⁶².

En Galicia se localiza un ejemplo relativamente temprano en la iglesia del monasterio de San Vicente del Pino, en Monforte de Lemos, de nave única con crucero. Se comenzó a construir en 1529 aunque a finales de siglo aun no estaba finalizado. La bóveda del presbiterio, que responde al mismo patrón que la del código [Fig. 698], ha sido estudiada en detalle y dibujada por Freire (2011, 428-429) que data el comienzo de su ejecución en

⁴⁶⁰ Martínez Frias (1980, 248-250), que aporta los datos documentales y la planta de la iglesia, indica que respecto a los artífices, únicamente se puede documentar la intervención del maestro de cantería Francisco de Lezcano en 1575, fecha en la realización de obras en el monasterio.

⁴⁶¹ Martínez Frias (1980, 278-279), aporta una planta de la iglesia y la data en el tercer cuarto del siglo XVI, aunque apunta la posibilidad de que estuviera terminada poco antes de 1567.

⁴⁶² Para la iglesia de San Pedro, ver Heras (1975, 53-56); para la iglesia de Santa María, Heras (1975, 57-64), que añade el dato del tracista y maestro principal de la torre, Simón González, que la finalizó en 1605.

1529, y se refiere a su rampante curvo en ambas direcciones, al igual que todos los ejemplos anteriormente referenciados, y a las condiciones de encuentro de los nervios⁴⁶³.

Fig. 694. Juan de Acha, bóveda de terceletes combados, iglesia de Santa Marina, El Cortijo, 1545. (Foto: larioja.com).

Fig. 695. Bóveda de terceletes combados, iglesia de San Pedro, Cornago.

Fig. 696. Bóveda de terceletes combados, iglesia del convento de la Merced, Soria, segundo cuarto s. XVI. (Foto: elige.soria.es).

Fig. 697. Bóveda de terceletes combados, iglesia de San Pedro, Alaejos, tercer cuarto s. XVI.

Fig. 698. Bóveda de terceletes combados, iglesia del monasterio de San Vicente del Pino, Monforte de Lemos, c.1529.

⁴⁶³ Para el monasterio de San Vicente del Pino, ver además Pita (1952) y Rodríguez Fernández (1987).

Finalmente, hay que mencionar un ejemplo en Aragón: la bóveda del dormitorio del Real Monasterio de Santa María de Veruela, en Vera de Moncayo, Tarazona. Se trata de un cañón muy alargado, ligeramente rebajado, resuelto mediante una bóveda tabicada [Fig. 699], en la que se desplegó un conjunto de nervios de aljez ajustados mediante anclajes metálicos (Ibáñez 2012, 92). Es un ejemplo temprano, datado en 1548, cuyo diseño no es plenamente coincidente con el del código, pues carece de formeros y pies de gallo, pero presenta el interés de ser una aplicación directa del modelo contenido en él, con los ocho lazos en torno a la clave central de cada tramo, que se va repitiendo longitudinalmente hasta cubrir la longitud total del recinto⁴⁶⁴.

Fig. 699. Bóveda del dormitorio, Real Monasterio de Santa María de Veruela, Vera de Moncayo, Tarazona. 1548. (Foto: E. Celán).

⁴⁶⁴ En relación al Monasterio de Veruela, ver Ibáñez (2004, 172-176; 2010, 383-384) que apunta que quizá pudieron intervenir Juan y Sebastián Martínez de Lexarcia o de la Charcia, así como la presencia en la zona de canteros vascos y navarros, pero sostiene el papel fundamental que en su construcción tuvieron los artífices mudéjares.

El foco de Cuenca

El otro núcleo, junto al riojano, en torno al que se agrupan bóvedas construidas con la misma disposición de nervios es el correspondiente a la zona de Cuenca y más concretamente en torno a la prioral santiaguista de Uclés.

Algunas de ellas, están situadas en la zona de Albacete, algo más alejadas de Uclés. Es el caso de la iglesia de la Asunción en Jorquera, de nave única con cuatro tramos, cuya construcción se inició hacia 1520, en la que probablemente trabajaron artífices vizcaínos, estando documentada la participación de Juan Ruiz de Ris, y finalizó hacia 1577⁴⁶⁵. Las bóvedas correspondientes al tercer tramo y al coro responden al modelo [Fig. 700], con perpiaños semicirculares y formeros ligeramente apuntados, aunque con algunas diferencias: al tratarse de plantas perlongadas, se produce un ajuste de los nervios con el fin de mantener el dibujo de ocho lazos, lo que provoca que estos no formen un conjunto uniforme, sino que aparezcan visualmente separados de dos en dos; los lazos de los lados mayores presentan una forma casi circular, mientras que los de los lados menores se deforman ligeramente; y además, se disponen claves adicionales en los ojivos, de modo que sus conexiones con los combados de los lazos se resuelven mediante dos claves, situadas una a continuación de la otra, frente a la solución del código en la que el enlace se soluciona con una clave única

. Cerca de ella, en Mahora, otro ejemplo temprano lo constituye la iglesia de la Asunción, de nave única con cuatro tramos en la que los tres posteriores se abren respecto del presbiterio. Presenta dos bóvedas que se relacionan con la del código. Una de ellas es la que cubre el coro, cuya disposición es igual a la mencionada anteriormente para la iglesia de Jorquera, con perpiaños semicirculares y formeros apuntados y las características mencionadas del ajuste del modelo a la planta rectangular, la forma circular de los lazos y la duplicidad de claves en sus conexiones con los ojivos [Fig. 701]. Las similitudes entre ambas bóvedas, la proximidad geográfica y la dependencia administrativa entre ambas localidades en la época, pues Mahora fue una de las localidades del llamado Estado de Jorquera (García-Saúco, Sánchez y Santamaría 1999, 159), apuntan hacia una misma autoría.

⁴⁶⁵ Gutiérrez Cortines (1987, 385-390), data sobre 1530 la cabecera y la primera capilla, y en torno a 1550-1570 el coro, la capilla adyacente y la escalera; La datación, los datos relacionados con su construcción y la planta figuran en García-Saúco, Sánchez y Santamaría (1999, 156-158); para la referencia a Ruiz de Ris, García-Saúco (2012, 11); ver también Belda y Hernández (2006, 151).

Fig. 700. Bóveda de nervios, iglesia de la Asunción, Jorquera, tercer cuarto s. XVI.

Fig. 701. Bóveda de nervios, coro, iglesia de la Asunción, Mahora, c. 1531.

Fig. 702. Bóveda de nervios, presbiterio, iglesia de la Asunción, Mahora, mediados s. XVI.

La segunda de las bóvedas es la que cubre el presbiterio, cuya disposición se acerca en gran medida a la del código [Fig. 702]. Con sus arcos perimetrales apuntados, en este caso las diferencias consisten exclusivamente en la prolongación de las ligaduras hasta las claves de los formeros y perpiaños, y en la introducción de una pequeña inflexión en los pies de gallo. Los cilindros de las claves, mantienen sus ejes sensiblemente verticales.

García-Saúco, Sánchez y Santamaría (1999, 162-163) opinan que la cabecera se realizaría en los primeros años del XVI; Sánchez Ferrer (2009, 11) hace mención a que en 1531, la iglesia se encontraría prácticamente acabada, en base al informe que realizó Pedro de Castañeda⁴⁶⁶. Pero el informe referido indica que en esa fecha no se habían construido las bóvedas, lo que resulta mas coherente con la datación que se puede hacer respecto de las dos mencionadas, cuyas características datarían su construcción en una fecha más próxima al los años centrales del siglo.

⁴⁶⁶ Datos aportados en García-Saúco, Sánchez y Santamaría (1999, 159-162), que definen el coro *de gusto clásico y renacentista*. En relación a la finalización de las obras, Sánchez Ferrer (2009, 9-11) cita el dato contenido en el informe realizado por Pedro de Castañeda, e incorpora planos de planta y secciones de la iglesia.

Otra iglesia albaceteña, la de la Asunción, en Lezuza, de nave única con cinco tramos, contiene un ejemplo similar en la bóveda que cubre el primero de ellos, con claves en formeros y perpiaños, ligeramente apuntados, en la que las modificaciones respecto del modelo consisten en la prolongación de las ligaduras hasta las claves perimetrales, la inclusión de una inflexión en los combados, entre los terceletes y los ojivos, y la incorporación de los combados adicionales formando la “M” en el perpiaño del altar mayor [Fig. 703]. La construcción de la iglesia se inició en torno a 1510 y en el último cuarto del siglo estaría prácticamente concluida⁴⁶⁷.

Hay otras dos iglesias que tienen bóvedas ligeramente perlongadas de modelo similar a las estudiadas, pero pertenecen al diseño mencionado anteriormente en el que los terceletes permanecen rectos. En ellas, únicamente se disponen cinco claves cilíndricas, mas las cuatro de los formeros y perpiaños, mientras que el resto de los encuentros se realiza por cruceros. Se trata de las dos bóvedas de la nave central de la iglesia del Salvador de Caravaca, tipo salón con tres naves y dos tramos, realizadas por de Martín de Homa en torno a 1549; y de los dos tramos intermedios de la iglesia de la Asunción, en Tobarra, de nave única con cuatro tramos [Fig. 704]. Su construcción se realizó entre 1546 y 1616⁴⁶⁸.

Fig. 703. Bóveda de terceletes combados, iglesia de la Asunción, Lezuza, s. XVI.

Fig. 704. Bóveda de combados con terceletes rectos, iglesia de la Asunción, Tobarra, segunda mitad s. XVI.

⁴⁶⁷ García-Saúco, Sánchez y Santamaría (1999, 162-164) datan la iglesia y aportan los nombres de artífices relacionados con las obras finales de la iglesia: Rodrigo de Jarcias; Pedro y Sancho de Izaguirre; Juan García; Julián de Zarra, Aparicio de Izpicua y Juan de Galorza. Ver también García-Saúco (2012, 8-9).

⁴⁶⁸ Para la iglesia del Salvador de Caravaca, Gutiérrez Cortines (1987, 299-314) realiza una posible atribución de la traza a Jerónimo Quijano y cita las intervenciones de Pedro de Homa, Martín de Oma, que habría ejecutado las bóvedas; Pedro de Antequera, Pedro Monte y Andrés Monte, y data las obras entre 1537 y 1595. También hace referencia a otras atribuciones respecto de la traza, a Pedro de Antequera; ver también Natividad y Calvo (2012, 329-336); Para Tobarra, está datada por García-Saúco, Sánchez y Santamaría (1999, 165-166). Gutiérrez Cortines (1987, 392-393), expone la posibilidad de que en su traza interviniera alguno de los artífices de la iglesia del Salvador de Caravaca, con traza de Jerónimo Quijano y construida por Juan de Oma, o de la Concepción también en Caravaca, en la que intervino igualmente Juan de Homa; ver también Belda y Hernández Albaladejo (2006, 151)

La iglesia de San Blas en Villarrobledo, *hallenkirchen* de tres naves con tres tramos, es uno de los muy escasos casos en los que existe cierta similitud entre sus bóvedas y la de planta perlongada que figura en el códice. El primer tramo ha sido datado, durante el primer tercio del siglo XVI⁴⁶⁹. A la vista de las características específicas de las bóvedas que cubren dicho tramo, parece más lógico aportar una datación más próxima a finales de la década de los treinta o principios de los cuarenta del siglo. La bóveda que cubre la capilla mayor, de planta cuadrada, es un modelo derivado de la contenida en el códice, de mayor complejidad en la que se añade una segunda línea con otros ocho lazos, dispuestos en las esquinas, de dos en dos, pero manteniendo los terceletes rectos. Sin embargo, el diseño de los nervios en sus dos colaterales, con sus arcos perimetrales apuntados, es bastante similar al del manuscrito. Las diferencias se centran en las ligaduras, pues en este caso se disponen ambas, frente a la inexistencia de la transversal en el códice, y se prolongan hasta las claves de los formeros y perpiaños. Otra diferencia reside en la colocación de claves secundarias en el punto medio de la ligadura transversal, al que acometen los combados que son prolongación de los terceletes, que en el códice alcanzan directamente la clave central. La disposición provoca que las claves secundarias que rodean al polo queden en una alineación más cercana a la recta que al óvalo del códice [Fig. 705].

Fig. 705. Bóveda perlongada de terceletes combados, iglesia de San Blas, Villarrobledo, primer tercio s. XVI.

⁴⁶⁹ Datos aportados por García-Saúco (1975, 16-17); García-Saúco, Sánchez y Santamaría (1999, 191-195), que estiman que la construcción del primer tramo se realizó en el primer cuarto del siglo XVI, pero apunta la inexistencia de documentos que lo avalen. La vincula además con San Juan Bautista de Albacete. Ver también Santamaría (2005, 200-201).

Los hermanos Alviz y Francisco de Luna

Los artífices de la mayoría de las bóvedas similares a las del manuscrito en el ámbito conquense son los hermanos vizcaínos Juan y Pedro de Alviz, y la figura de Francisco de Luna, nombrado maestro mayor de las obras de Uclés en 1529 y suegro de Andrés de Vandelvira. A ellos se deben varias bóvedas construidas de modo prácticamente simultáneo durante los primeros años de la cuarta década del siglo XVI.

En el monasterio santiaguista de Uclés, se construyeron tres bóvedas de combados que se pueden relacionar de algún modo con las del código. Dos de ellas son las que cubren los tramos de la sacristía y la tercera es la que cubre la sala del tesoro. Esta última, aunque posee pies de gallo y un diseño de ocho lazos realizado con combados, se aleja del modelo, pues sus terceletes se mantienen rectos hasta las claves de las ligaduras, y los combados polares se agrupan de dos en dos, formando una estrella de cuatro puntas combadas.

Son las dos bóvedas de la sacristía las que tienen una disposición de nervios muy similar a la del código, de la que se diferencian exclusivamente en la adición en los cuatro lados, de los pares de combados adicionales que conectan las claves de los terceletes con los nervios del perímetro conformando una "M". Por la disposición de la bóveda, no se disponen claves en los formeros, pero sí en el perpiaño que separa ambos tramos [Fig. 706]. Ambas presentan un perfil muy rebajado, con un rampante casi plano, con sus claves secundarias de eje vertical, siendo los formeros y perpiaños cercanos a arcos carpanel, en los que el tramo central se acerca también al plano, lo que provoca que la proyección de los lazos polares resulte más circular que en otros ejemplos mencionados con anterioridad, en los que el rampante es curvo y los lazos quedan ubicados en tramos con una cierta inclinación.

Rokiski (1985, 119-20) data las obras de las bóvedas entre los años 1530 y 1538, y las atribuye a Francisco de Luna, tras ser nombrado maestro mayor en 1529. Sin embargo, Herrera y Zapata (2009 165-182), cuestionan el papel principal de Luna y atribuyen la traza a Enrique Egas, aunque Luna habría sido el responsable de su ejecución, al menos de las dos de la sacristía, pues documentan que en el año 1550, la del tesoro aun estaba cimbrada, por lo que no pudo ser ejecutada por Francisco de Luna, fallecido en 1545, al que relevó en la maestría Luis de la Vega, en torno a 1549⁴⁷⁰.

⁴⁷⁰ Ver también Herrera y Zapata (2005, 50-54).

Fig. 706. Enrique Egas y Francisco de Luna, bóveda rebajada de terceletes combados, sacristía, monasterio de Uclés, 1530-1538.

Las trazas de la bóveda de la capilla de la Anunciación en la colegial de San Bartolomé de Belmonte, fueron realizadas por Juan de Alviz en torno a 1531, año de su fallecimiento y fecha del inicio de las obras (Rokiski 1985, 94), por lo que su ejecución corrió a cargo de otros maestros. La bóveda posee una planta ligeramente rectangular, con nervios perimetrales apuntados, pero en su diseño repite la disposición que aparece dibujada en el código, con el necesario ajuste en las dimensiones de los lazos para ajustarlos a la planta, y con la prolongación de las ligaduras hasta los formeros, que no están presentes en el código, en el que se interrumpen en las claves secundarias intermedias [Fig. 707].

Es de destacar el modo en el que se incorporan las claves en los formeros, pues ante la reducida dimensión de estos, al quedar incluidos en los muros, se colocan unas torteras de un tamaño importante, cercano al de la clave polar, pero en lugar de quedar dispuestas en el nervio propiamente dicho, están situadas en posición casi vertical, sobre el muro, a modo de elemento decorativo.

Andújar (1986) vincula con la construcción de la colegial a maestros como Juan de Homa, los hermanos Egas Cueman y Hanequin de Bruselas, Esteban Jamete, Francisco de Luna o Andrés de Vandelvira⁴⁷¹.

Fig. 707. Juan de Alviz, bóveda de terceletes combados, capilla de la Anunciación, colegial de San Bartolomé, Belmonte, c.1531.

Casi de modo simultáneo, Pedro de Alviz, hermano de Juan, realizó en 1531 la traza para realizar la cabecera y la torre de la iglesia de San Nicolás de Priego, quedando la cabecera ejecutada en 1541. De las bóvedas trazadas y construidas por Alviz, es la correspondiente a la capilla mayor la que guarda relación directa con el código, pues las

⁴⁷¹ En particular, respecto de la capilla de la Anunciación, Andujar (1986, 104) formula la hipótesis no documentada de la autoría por parte de Pedro de Alviz con intervención de Francisco de Luna, pero la atribución de Rokiski (1985, 94), a Juan de Alviz si está documentada. Martín Sánchez (2006, 3), incorpora la planta completa de la colegiata.

ejecutadas en la nave colateral y en la cabecera, tienen todos sus nervios rectos, sin la presencia de combados. El modelo empleado es el mismo que su hermano Juan trazó en Belmonte, coincidente con el del código, con la salvedad indicada de la prolongación de las ligaduras hasta los formaletes, arcos ligeramente apuntados en los que se disponen claves secundarias, y similar al de la sacristía de Ucles [Fig. 708]. No resulta extraño, por tanto, que el licenciado Hernández, provisor general del obispado, designara a Francisco de Luna en 1543 para la tasación de la obra en el pleito que Alviz mantenía contra el mayordomo de la iglesia por motivos económicos, a la que se hizo referencia con anterioridad⁴⁷².

Fig. 708. Pedro de Alviz, bóveda de terceletes combados, iglesia de San Nicolás de Bari, Priego, 1541.

⁴⁷² En relación a la participación de Pedro de Alviz en la traza y construcción de Priego, Rokiski (1985, 97-100; 272), que aclara que en 1569 aun restaba por construir la torre, por lo que Alviz, ya fallecido no la ejecutó. En relación al pleito y a la tasación de Luna, Rokiski (1980), que incorpora también la planta de la iglesia. Los dibujos que realizó Luna han sido expuestos en el capítulo precedente.

La iglesia de San Miguel en Mota del Cuervo posee otros dos ejemplos en las bóvedas que cubren la nave central y la del lado de la epístola en el coro alto. La de la nave central tiene planta sensiblemente rectangular, por lo que acopla el diseño de la cuadrada, empleado en la nave lateral, modificando los lazos del sentido longitudinal, que son de menos dimensión que el resto, y no alcanzan la ligadura. Sus formeros y perpiaños son apuntados y además, en esta bóveda los terceletes transversales aparecen combados, pero no así los de las direcciones longitudinales, que se mantienen rectos hasta las claves secundarias [Fig. 709].

La que cubre el lado de la epístola, con sus arcos perimetrales apuntados, presenta un diseño que coincide plenamente con el del código, y presenta además la particularidad de que las claves secundarias aparecen con sus ejes inclinados, lo que se manifiesta especialmente en las más alejadas del polo, a pesar de que la curvatura del rampante es relativamente pequeña [Fig. 710]. Rokiski (1985, 287) se refiere a que la construcción se inició en los primeros años del siglo XVI y en la década de los 30 intervino un cantero llamado Pedro. Las características de las bóvedas construidas, especialmente la del tramo del lado de la epístola, son muy similares a otras bóvedas construidas o trazadas por Pedro de Alviz, como veremos, apuntan en el sentido de ratificar la hipótesis y atribuirle al cantero vizcaíno su autoría, lo que dataría las bóvedas en torno a 1531-1545.

La iglesia de la Asunción en Pareja, en la provincia de Guadalajara, fue trazada, según la atribución realizada por Rokiski (1985, 100), por Pedro de Alviz. Se trata de una iglesia columnaria de tres naves con tres tramos, a los que hay que añadir en los pies el coro, en el ámbito de la nave central. La iglesia comenzó a levantarse entre 1521-31, se terminó hacia 1562-71⁴⁷³ y contiene otras tres bóvedas con igual disposición de nervios que el código. Las características de los modelos de bóvedas empleados corresponden a los empleados por los hermanos Alviz, lo que refuerza la atribución a Pedro de Alviz de su autoría.

⁴⁷³ Al margen de la atribución de la traza de la iglesia, Rokiski (1985, 100) documenta la realización por parte de Pedro de Alviz del dibujo para la capilla que el maestro de cantería Juanes de Antuy erigía al chantre García de Villareal, y asocia esta capilla con la existente en el lado del evangelio.

Fig. 709. Pedro de Alviz (atribución), bóveda perlongada de terceletes combados, iglesia de San Miguel, Mota del Cuervo, c. 1540.

Fig. 710. Pedro de Alviz (atribución), bóveda cuadrada de terceletes combados, iglesia de San Miguel, Mota del Cuervo, c. 1540.

La primera de ellas, es la de la sacristía, bóveda muy rebajada de planta cuadrada cuya disposición de nervios presenta una coincidencia plena con el dibujo del códice, incluso hasta en la disposición de claves secundarias en los formeros, que son arcos carpanel muy rebajados, situados sobre muros [Fig. 711]. Probablemente fuera la primera de las tres en ser construida. La atribución a Albiz data su construcción a partir de 1531 y probablemente en los primeros años de la década. La bóveda presenta una similitud casi total con las de la sacristía de Uclés, en el perfil rebajado y en el empleo de carpaneles para los formeros, siendo la única diferencia la existencia en Uclés de los combados adicionales junto a los pies de gallo. La hipótesis más probable es que la sacristía de Pareja fuera la primera en ser construida, y de ella Luna, merced a su relación con Alviz, tomó el modelo para aplicarlo a la sacristía de Uclés.

La segunda de las bóvedas es la del sotocoro, que obedece a los mismos criterios que la de la sacristía, también con perfil rebajado y arcos carpaneles en los nervios perimetrales, sobre los que se colocan claves secundarias. La planta es ligeramente perlongada, por lo que se realiza un mínimo ajuste en los lazos transversales, que se manifiestan algo más cortos [Fig. 712].

La tercera bóveda es la que cubre el coro alto, en el que se repita nuevamente el dibujo de los nervios, coincidente con el del códice, con la salvedad, al igual que en el coro bajo, de que la planta ligeramente rectangular obliga a adaptar las curvaturas de los lazos del lado corto. En este caso, los nervios perimetrales son arcos apuntados, pues la altura disponible permite la disposición de rampantes curvos [Fig. 713]. Como es habitual en bóvedas trazadas o construidas por Pedro de Alviz, los ejes de las claves secundarias se inclinan, tendiendo a ser normales a los nervios rectos, lo que se manifiesta especialmente en las más alejadas del polo.

Esta bóveda se terminó en los últimos años de la construcción, entre 1562 y 1571 (Rokiski 1985, 100), como se puede extraer del escudo incluido en el coro, por lo que su ejecución correspondió a otro maestro que mantuvo la traza inicial de Alviz.

Unos años mas tarde, de nuevo en la provincia de Cuenca, Pedro de Alviz realizó la traza para la iglesia de Nuestra Señora del Sagrario en Garcinarro y fue responsable de su construcción hasta su fallecimiento en 1545. Su viuda traspasó la obra a Juanes de Andute, que había sido colaborador de Alviz y continuó las obras manteniendo su traza⁴⁷⁴.

⁴⁷⁴ En relación a la iglesia de Garcinarro y a su construcción, Rokiski (1985, 104-106); Gómez Martínez (1998, 31-32); García Baño y Natividad (2015, 527-530); García Baño (2013, 89-91).

Fig. 711. Pedro de Alviz, bóveda de terceletes combados, sacristía, iglesia de la Asunción, Pareja, c. 1531.

Fig. 712. Pedro de Alviz, bóveda de terceletes combados, sotocoro, iglesia de la Asunción, Pareja, segundo tercio s. XVI.

Fig. 713. Pedro de Alviz (traza), bóveda de terceletes combados, coro alto, iglesia de la Asunción, Pareja, c. 1562.

Es una iglesia columnaria de tres naves con cinco tramos, más la cabecera, en la que las bóvedas de los cuatro tramos de la nave central coinciden plenamente con el diseño de la bóveda cuadrada del manuscrito [Fig. 714], y las de las naves laterales presentan el mismo diseño que la de planta perlongada [Fig. 715], siendo esta iglesia la única en la que se produce la coincidencia plena respecto de la bóveda rectangular, así como la existencia simultánea de ambos modelos. Los formaletes son arcos apuntados en todos los casos, con un apuntamiento ligero en el caso de los que se corresponden con las luces mayores, siendo más acusado en los perpiaños de las naves laterales.

Su traza debió realizarse en torno a 1544, pero Alviz apenas pudo comenzar las obras. Respecto a la construcción de las bóvedas, en 1569 solo estaba construida la cabecera y en 1580 las correspondientes a capilla mayor y sus dos colaterales. Por su trascendencia en la investigación, la iglesia de Garcinarro es objeto de un estudio específico dentro del presente trabajo.

Fig. 714. Pedro de Alviz, bóveda cuadrada de terceletes combados, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 715. Pedro de Alviz, bóveda perlongada de terceletes combados, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

La iglesia de San Gil en Villar del Maestre, de tres naves, construida en la primera mitad del siglo XVI, tiene cubierta su capilla mayor con una bóveda con formeros y perpiaños ligeramente apuntados, en la que la disposición de nervios coincide plenamente con el modelo del código [Fig. 716]. En su testamento, realizado en 1545, Pedro de Alviz hace referencia a la iglesia de San Gil, en la que manifiesta, respecto a sus cuentas pendientes: [...] *tengo enpeçado a hacer una torre [...]*⁴⁷⁵. La coincidencia plena de la bóveda de la capilla mayor con los modelos empleados por Alviz, probablemente indica que la iglesia a la que se refiere en su testamento es la de Villar del Maestre, de la que habría que atribuirle su traza, o al menos la bóveda mencionada. Tras su finalización, las obras quedaron detenidas hasta finales del siglo, en que se reanudaron con traza de Martín López de Urquizu, que añadió los dos tramos de la nave, cuyas cubiertas no tienen relación con las bóvedas nervadas objeto del estudio⁴⁷⁶.

Bóvedas similares en el entorno conquense

Además de los ejemplos que se relacionan directamente con Francisco de Luna o con los hermanos Alviz, existen otras iglesias que contienen bóvedas construidas conforme al mismo diseño, bien debidas a otros artífices, o de autoría desconocida, pero que por su proximidad física y por su contemporaneidad, tienen una directa relación con las anteriores.

Uno de ellos es la iglesia de la Asunción en la Alberca de Zánacara, con planta de una nave dividida en tres tramos, cubiertos cada uno de ellos con bóvedas de crucería diferentes, a los que se suman la cabecera y las capillas abiertas a ambos lados de la mayor, más el pórtico lateral de acceso y la torre. La construcción de la iglesia hay que datarla en la primera mitad del siglo XVI⁴⁷⁷.

La que se relaciona con el modelo es la bóveda que cubre la capilla mayor, con formeros y perpiaños apuntados, cuyo diseño del conjunto de los nervios es coincidente, con la modificación de la prolongación de las ligaduras hasta los formeros y perpiaños ligeramente apuntados, al igual que ocurre con las citadas de Mahora, Uclés y Belmonte.

⁴⁷⁵ AHPC, Protocolos Notariales, 1545, P-203, ff. 558-573. Transcripción realizada por Rokiski (1988, 280).

⁴⁷⁶ Rokiski (1985, 319) documenta el proceso tras la reanudación de las obras, en el que tras el comienzo a cargo de López de Urquizu, el maestro de cantería Juan Fernández de la Serna mejoró la oferta y se quedó con la adjudicación para finalizarlas según la traza de su predecesor.

⁴⁷⁷ En el año 1569 únicamente faltaba por levantar la torre, según los datos aportados por Rokiski (1985, 269-272), que relata la subasta celebrada en 1577 para adjudicar la obra de la torre, a la que acudieron Juan de Orzollo, Martín de Homa, Domingo de Reja y Sebastián del Horrio, que fue el adjudicatario.

Las claves secundarias mantienen sus ejes verticales, y las que pertenecen a los formeros se muestran como semicirculares, del mismo modo que aparecen las dibujadas en el código [Fig. 717].

Fig. 716. Bóveda de terceletes combados, iglesia de San Gil, Villar del Maestre, primera mitad s. XVI.

Fig. 717. Bóveda de terceletes combados, iglesia de la Asunción, la Alberca de Zánacara, primera mitad s. XVI.

Aunque el dibujo de las nervaduras no presenta la coincidencia casi plena de las anteriormente citadas, cabe mencionar también otros ejemplos de la zona que guardan una cierta relación con ellos. Es el caso de los existentes en otras dos iglesias conquenses: la cabecera de la Natividad en Carrascosa del Campo, ejecutada por Juan Pérez de Azqueta a mediados del siglo XVI, en la que se han eliminado las claves cilíndricas excepto la principal y las de los extremos de las ligaduras, y se añaden unos combados adicionales que cierran los lazos polares interiormente, proporcionándoles un aspecto circular [Fig. 718]; y los tramos de la nave central de la iglesia de la Asunción en Cuevas de Velasco, con traza y posible ejecución de Martín López de Urquizu, construida a mediados del siglo XVI, en la que los terceletes se mantienen rectos hasta la clave de la ligadura y los combados polares invierten la curvatura para conformar un círculo⁴⁷⁸.

En este mismo caso están las bóvedas de los tramos centrales de la nave de la iglesia de Santa María en Cogolludo, en la provincia de Guadalajara, con traza de Juan Sanz del Pozo, comenzada entre 1530 y 1540, con los terceletes rectos y los pies de gallo con puntos angulosos⁴⁷⁹.

⁴⁷⁸ En relación a Carrascosa del Campo, Rokiski (1985, 252-253); para cuevas de Velasco, Rokiski (1985, 259-260).

⁴⁷⁹ Los datos relacionados con el proceso de construcción de la iglesia de Cogolludo están recoogidos por Pérez Arribas ([1997] 2011, 30-38).

Fig. 718. Juan Pérez de Azqueta, bóveda de terceletes combados, iglesia de la Natividad, Carrascosa del Campo, mediados s. XVI.

Fig. 719. Localización geográfica y autorías de las bóvedas de nervios combados similares a las contenidas en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE.

La transferencia del conocimiento entre los focos riojano y conquense

El análisis transversal de todos los datos recopilados de las bóvedas y de sus autores, permite establecer las relaciones que posibilitaron las líneas de formación y las transferencias de conocimiento entre los maestros, desde el pionero en la inclusión de terceletes combados, Simón de Colonia, a las siguientes generaciones y el modo en que el empleo de los tipos de bóveda incluidos en el manuscrito se fue materializando en los entornos de Cuenca y Logroño.

Una de las vías de difusión del uso de las bóvedas de nervios combados, apuntada por Gómez (1998, 96) es a través de Juan de Rasines, que ocupó el título de maestro de las obras del Condestable de Castilla, sucediendo a Simón de Colonia. A Rasines se debe una de las primeras bóvedas coincidentes con la del manuscrito, la de Berlanga de Duero, proyectada en 1525, además de las bóvedas de Casalarreina. Alonso Ruiz (2003, 136) sostiene la influencia de la obra de Rasines en los maestros de la siguiente generación en las zonas soriana y riojana.

Tras Rasines, la continuidad en el empleo del tipo tan concreto de bóveda, queda reflejada en las realizadas por Juan Martínez de Mutio, en solitario, en la colegiata de Soria o conjuntamente, con el que fuera inicialmente su aprendiz y posteriormente su cuñado y colaborador, pues desposó con su hermana, María Ibáñez de Mutio, Juan Pérez de Solarte⁴⁸⁰, en las iglesias de Arenzana de Abajo y Briones.

Juan Pérez de Solarte iniciaría una saga de canteros que emplearon el tipo de bóveda analizado, con sus intervenciones en la iglesia de Anguiano y en el claustro de San Millán de la Cogolla y las posteriores de sus hijos Juan y Martín en Camprovín.

Una segunda vía tiene su origen en las bóvedas trazadas y construidas por Martín Ruiz de Alviz y su primo San Juan de Arteaga en Santa María la Redonda⁴⁸¹. Martín Ruiz de Alviz había sido discípulo de Simón de Colonia y tuvo un papel fundamental en la introducción de combados en La Rioja (Barrón 2014, 187). Sus relaciones profesionales con Juan de Rasines están documentadas. Martín Ruiz de Alviz lo presentó como testigo en 1520 en el pleito que mantenía con los parroquianos de la iglesia de Logroño y

⁴⁸⁰ Datos que recoge Barrón (2014b, 120).

⁴⁸¹ Como aclaración, se hace referencia nuevamente a una cuestión ya apuntada en relación a la escritura del apellido Alviz. Como se ha comentado, existen discrepancias respecto al empleo de "b" o "v". Los documentos notariales a los que se ha tenido acceso indican que los Alviz que marcharon a Cuenca escribían su nombre con "v", razón por la que se mantiene ese criterio en el desarrollo del trabajo. En la escritura del XVI resulta frecuente el empleo indistinto de ambas letras. En cualquier caso, Ambos apellidos corresponden al mismo, y al origen en la localidad vizcaína cuyo nombre actual es Albiz, perteneciente al municipio de Mendata. En la lista de referencias se conserva el modo de escritura de cada autor.

probablemente Rasines habría tasado el trabajo de Alviz en la iglesia de Zarratón (Barrón 2012, 229-31). La relación entre Alviz y Rasines ratifica la conexión de ambas líneas respecto al ámbito riojano.

Con Martín Ruiz de Alviz, se abrió también la vía hacia de difusión hacia Cuenca. Nació en la localidad vizcaína del mismo nombre, en torno al año 1470⁴⁸². Se ha mantenido la hipótesis de que Martín fuese hermano de Pedro de Alviz y el mismo cantero que aparece documentado en Soria en 1512 (Martínez Frías 1980, 143; Rokiski 1985, 209; Arrúe 2004, 124), lo que resulta bastante verosímil.

Los datos aportados recientemente por Barrón (2015, 283) parecen confirmar la hipótesis: Pedro de Alviz figura en 1532 como vecino de Guernica, al igual que Martín; tendría tres hermanos llamados Martín, Rodrigo, y Juan, que es el que se desplaza a Cuenca con él⁴⁸³. Además, ambos: Martín y Pedro; recurren como tasador Juan Zuri de Obieta. La madre de los Alviz, Elvira de Olave, también pertenecía a una familia de canteros, por lo que los Olave serían primos de los Alviz, dato significativo, pues la referencia a la presencia de Martín de Alviz en Soria es como testigo del maestro de cantería Pedro de Olave en relación a una cantidad que se le adeuda por la construcción de una capilla en la iglesia de N^a S^a de la Muela en Monteagudo de las Vicarías⁴⁸⁴.

Hay otro dato que confirma la hermandad entre ambos: Martín de Alviz falleció en junio de 1529 en las obras de La Redonda de Logroño durante la demolición de la vieja capilla mayor, al caer desde la parte alta y recibir sobre él la caída de piedras (Barrón 2015, 273). Poco después, el día 17 de mayo de 1530, Pedro de Alviz firma en Cuenca un poder, en el que menciona a su hermano difunto Martín de Alviz y figura como de curador y administrador de sus sobrinos, hijos de Martín⁴⁸⁵.

Los canteros y hermanos vizcaínos Juan y Pedro de Alviz se trasladaron a Cuenca, donde figuran a partir de 1524. El hecho de que aparezcan documentados de modo simultáneo en La Rioja y en Cuenca, canteros con el mismo apellido, puede obedecer a la presencia en la diócesis de Cuenca, de Fray Bernardo de Fresneda, nacido en Santo

⁴⁸² Dato aportado por Barrón (2012-2013, 250).

⁴⁸³ Respecto a Martín, lo documenta Rokiski (1985, 90-115); Barrio y Moya (1980, 297; 1981, 182) se refieren a un Rodrigo de Alviz que se define como maestro simétrico de Santa Ana de Durango, en 1539, donde trabaja como oficial en la misma fecha, un Juan de Alviz. Probablemente ambos sean los hermanos de Martín y Pedro.

⁴⁸⁴ Estella (1985, 52) menciona a canteros vascos que participan en las obras de diversos monumentos de interés en Madrid en los primeros 40 años del siglo XVI, citando los nombres de Herán Pérez de Alviz y su Hermano Pedro de Alviz, aunque aparentemente en este caso no parece que se refiera al mismo Pedro de Alviz. Podría tratarse de algún otro miembro de la familia.

⁴⁸⁵ AHPC. Ruiz de Huete, 1530 (87), f. 236. Transcrito por Rokiski (1988, 267).

Domingo de la Calzada, que habría impulsado la actividad en Cuenca en Cuenca de los artífices que trabajaron en torno a Logroño⁴⁸⁶.

Juan y Pedro se habrían formado junto a su hermano Martín Ruiz en el empleo de los terceletes combados, que éste había trazado y construido en la Redonda de Logroño⁴⁸⁷, y habrían sido los encargados de extender su uso a la zona de Cuenca, donde los emplearon en los primeros años de la década de los 30 en Belmonte y tras el fallecimiento de Juan, Pedro los utilizó en Priego, Pareja, Mota del Cuervo y más tarde en Garcinarro y Villar del Maestre.

En este sentido el uso en Uclés del tipo de bóveda por parte de Francisco de Luna sería producto del conocimiento que los hermanos Alviz llevaron a Cuenca como canteros plenamente formados, y al tanto de las más actuales tendencias en la construcción de bóvedas tardogóticas de combados, frente a la hipótesis habitual (Gómez Martínez 1985, 31-32) de que fue Luna quien desarrolló un papel significativo en la formación de Pedro de Alviz. La presencia de Martín Ruiz en Soria explicaría la vía por la que llegó allí el empleo de este tipo de bóvedas. Las bóvedas rebajadas de Uclés las habría realizado Francisco de Luna tomando como modelo base la trazada por Juan de Alviz para Belmonte, igualmente rebajada y de diseño muy similar.

Existen más datos que podrían vincular a Pedro de Alviz con La Rioja. En 1541 un cantero llamado Pedro de Alviz contrató, junto a Martín de Olave, que probablemente sería primo suyo, la obra de fábrica del claustro de la catedral de Calahorra (Lekuona'tar 1978, 40). Muy probablemente se trata del mismo Pedro de Alviz que trabajaba en Cuenca, zona en la que entre 1535 y 1543 apenas contrató obras nuevas (Rokiski 1985, 103).

Hay otro dato muy significativo al respecto: algunas de las bóvedas empleadas en Calahorra responden al modelo del manuscrito, con la variante de carecer de los nervios cóncavos polares que cierran los lazos, exactamente el mismo modelo que los hermanos Alviz habían empleado en el crucero del convento de San Pablo y en la iglesia de Santa María de Alarcón.

Pero además, la investigación realizada ha permitido constatar la presencia simultánea en varias iglesias, de ambos tipos de bóvedas: las que coinciden plenamente con los diseños del manuscrito y las que obedecen al mismo patrón sin los combados

⁴⁸⁶ La hipótesis está formulada por Arrúe (2004, 124), que documenta la llamada de Fresneda a Francisco de Goicoa para veedor del obispado, así como a Juan Andra Rodi.

⁴⁸⁷ Esta hipótesis enlaza con la realizada por Alonso Ruiz (2003, 204) en el sentido de que Pedro de Alviz aprendió el recurso de curvar los terceletes de los Alviz vascos que habían trabajado en la Redonda de Logroño).

polares. Dos de ellas son las obras más tempranas que dan origen a la expansión del modelo: La colegiata de Berlanga de Duero, de Juan de Rasines, y la Redonda de Logroño de Martín Ruiz de Alviz y San Juan de Arteaga. También se pueden encontrar ambas en San Andrés de Anguiano y en Yuso, de Juan Pérez de Solarte y en Briones de Juan Pérez de Mutio [Fig. 720], hecho que parece confirmar la confluencia en el origen de ambas líneas de transmisión y la vía de los Alviz como portadores del conocimiento hacia el ámbito conquense.

Fig. 720. Empleo simultáneo de la bóveda con diseño análogo al del manuscrito Mss.12686 de la BNE, y del mismo modelo sin los combados polares. Arriba: Martín Ruíz de Alviz y San Juan de Arteaga, Santa María la Redonda de Logroño 1525-1530; centro: Juan Pérez de Solarte, iglesia de San Andrés de Anguiano, 1546; abajo Juan Pérez de Solarte, monasterio de Yuso, 1549.

El manuscrito y la iglesia parroquial de Garcinarro

Como se ha puesto de manifiesto, la coincidencia plena de las bóvedas nervadas contenidas en el código, respecto de los ejemplos construidos que se han localizado, se da únicamente en la iglesia parroquial de Nuestra Señora del Sagrario en Garcinarro (Cuenca). Por otra parte, los dibujos se han considerado por sus características, como trazas de bóvedas destinadas a la construcción de una edificación determinada, por lo que todo indica su vinculación directa con la iglesia de Garcinarro [Fig. 721].

Fig. 721. Pedro de Alviz, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Los datos históricos publicados (Rokiski 1985, 104) en relación a su construcción, sobre los que se incidirá más adelante, indican que fue trazada por Pedro de Alviz; su construcción se inició con anterioridad a 1545 y se prolongó hasta después de 1580.

Se trata de una iglesia columnaria, tipo salón, con tres naves divididas en cuatro tramos, con un coro alto en los pies, que ocupa las tres naves [Fig. 722], a las que se añade el cuerpo de la sacristía, situada junto a la cabecera, en el lado de la epístola, que queda conectada con un camarín, añadido con posterioridad, situado en el eje, tras el altar.

Fig. 722. Pedro de Alviz, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, interior, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Adosada a los dos últimos tramos, también del lado de la epístola, aparece la torre inacabada [Fig. 723]. Son de destacar la portada principal situada en la fachada sur, junto a

la torre, que responde a un modelo habitual en la zona de Cuenca durante el siglo XVI; y sobre ella una loggia que Rokiski (1985, 104) apunta como un recurso muy utilizado por Rodrigo Gil de Hontañón [Fig. 724]. Otro elemento singular es la galería elevada interior que la recorre perimetralmente, merced a una barandilla colocada aprovechando el vuelo de la cornisa.

Fig. 723. Iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, planta, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción). Fuente: Rokiski (1985, 105).

Fig. 724. Pedro de Alviz, portada de la iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Los cuatro tramos de la nave central, de planta sensiblemente cuadrada [Fig. 726], están cubiertos con bóvedas de igual disposición de nervios a las dibujadas en el códice [Fig. 725], con una pequeña salvedad: En el dibujo aparecen claves colocadas en los formeros y perpiños, mientras que en la iglesia, en la bóveda del primer tramo si aparecen colocadas esas claves, mientras que en los tres tramos restantes, se omiten, resolviendo mediante la unión directa el encuentro entre los combados de los pies de gallo y los formeros y perpiños.

Los cuatro tramos de ambas naves colaterales, de planta rectangular, están cubiertos todos ellos con bóvedas nervadas de igual diseño [Fig. 728], coincidente con el que

aparece dibujado en el código de planta perlongada [Fig. 727]. Respecto a las claves, se da la misma circunstancia que en la nave central: en el primer tramo se disponen las claves en los formeros y perpiaños, en ambos laterales, mientras que en los tres tramos restantes no hay claves cilíndricas, con encuentros directos entre los nervios que acometen al nudo.

La cabecera, que también tiene planta rectangular, está cubierta con una bóveda nervada que presenta un diseño muy similar al de las naves colaterales, y por tanto, al dibujado en el código, del que difiere únicamente en un pequeño detalle: los nervios combados que unen las claves de los terceletes con las de los ojivos presentan una inflexión para llegar a la clave tangentes a los terceletes, frente a los de las naves laterales, en los que el combado y el pie de gallo tienen continuidad a ambos lados de la clave, acometiendo de modo oblicuo al tercelete para cerrar el lazo [Fig. 729].

Con el fin de determinar el grado de correspondencia entre los dibujos contenidos en el código y las bóvedas construidas, se ha realizado un levantamiento de los tres tipos de bóveda construidos en la parroquial de Garcinarro, cuyo diseño y disposición son aparentemente coincidentes. Concretamente, se han levantado las bóvedas del primer tramo de la nave central y del evangelio, por ser las únicas que disponen de claves cilíndricas en los formeros y perpiaños y por tanto, en un principio las que responden con mayor fidelidad a los modelos dibujados. También se han tomado datos de la bóveda de la cabecera, con el fin de determinar su posible relación con la bóveda dibujada inacabada del código. Adicionalmente, a pesar de la no coincidencia de las claves cilíndricas en los arcos perimetrales, se ha levantado la nave central del tercer tramo con el fin de cotejar adicionalmente sus dimensiones⁴⁸⁸.

⁴⁸⁸ Estos aspectos se contemplaron parcialmente en la comunicación presentada por García Baño y Calvo (2015b), al *Fifth International Congress on Construction History*. Dicha comunicación se inscribe en el proyecto de investigación *La construcción de bóvedas tardogóticas españolas en el contexto europeo. Innovación y transferencia de conocimiento*, financiado por del Ministerio de Economía y Competitividad.

Fig. 725. Bóveda nervada cuadrada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 29v.

Fig. 726. Pedro de Alviz, bóveda nervada cuadrada, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 727. Bóveda nervada perlongada, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 28v.

Fig. 728. Pedro de Alviz, bóveda nervada perlongada, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 729. Pedro de Alviz, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, cabecera, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Para realizar el levantamiento, se ha empleado una estación total láser, que posibilita la obtención de los resultados de mayor precisión y permite dar coordenadas precisas con facilidad a puntos inaccesibles, elegidos adecuadamente. De modo complementario, se han efectuado mediciones manuales mediante la utilización del distanciómetro láser. Se han realizado cuatro estacionamientos, obteniendo las coordenadas de 5.650 puntos que permiten definir la forma y geometría de las piezas.

Mediante el procesado de la nube de puntos con un programa de modelado capaz de generar superficies mediante NURBS, se han obtenido modelos tridimensionales de las bóvedas y sus correspondientes proyecciones horizontales, que permiten la comparación con los dibujos.

Para realizar el estudio, una vez obtenidas las proyecciones horizontales de los modelos 3d, en primer lugar, se han puesto en escala las bóvedas dibujadas en el manuscrito, en base a la escala gráfica contenida en una de ellas, lo que ha permitido comparar sus dimensiones con las construidas, y en segundo lugar, se han ampliado los dibujos para igualar los tamaños con las proyecciones horizontales obtenidas de las bóvedas y comparar la geometría y la disposición de los nervios..

Las bóvedas de la nave central

Las dimensiones de la bóveda de planta cuadrada del código, que es la que presenta la disposición de nervios igual a la de la iglesia de Garcinarro, tal como se indicó en el apartado correspondiente al estudio de la traza, corresponden a una diagonal entre los vértices del cuadrado, de 40 pies. Considerando la medida del pie castellano o pie de Burgos⁴⁸⁹, utilizado en Castilla durante el siglo XVI, con una longitud equivalente a 0,2876 metros, correspondería a 11,14 m., con un lado entre ejes de 7,88 m. Para los nervios, las dimensiones serían de 0,07 m. en el intradós y 0,20 m. en el encuentro de la plementería, con un ancho de 0,35 m. para los formeros y perpiaños, si se consideran los trazos ocultos; para la clave principal 0,55 m.; para las claves secundarias 0,28 m.; y para las columnas 1,39 m.

Las dimensiones obtenidas en el levantamiento están medidas al nivel de las impostas, incluyendo las desviaciones propias del proceso constructivo y las

⁴⁸⁹ La equivalencia está recogida por el Ministerio de Fomento (1852, 1-4); y Sancho (1946, 16).

deformaciones estructurales producidas durante la vida del edificio. En todo caso, indican valores diferentes para cada uno de los tramos.

Los valores de las diagonales y de los lados obtenidos quedan reflejados en el cuadro siguiente, en el que se han incluido también los valores del dibujo del código, tanto respecto a las caras interiores trazadas a tinta, como respecto a los ejes nominales considerando los trazos ocultos:

Dimensiones para los tramos de la nave central (medidas en m.)				
Tramo	Diagonal 1	Diagonal 2	Ancho	Largo
1	12,22	12,19	8,68 / 8,72	8,56 / 8,60
2	11,99	12,05	8,72 / 8,61	8,36 / 8,30
3	12,77	12,16	8,61 / 8,71	8,54 / 8,53
4	12,37	12,32	8,71 / 8,78	8,73 / 8,70
Código (interior)	11,14	11,14	7,88	7,88
Código (ocultas)	12,11	12,11	8,56	8,56

Los resultados indican que los cuatro tramos se aproximan a las proporciones del cuadrado, con dimensiones en sus diagonales comprendidas entre 11,99 m. y 12,77 m. y particularmente en la del primer tramo sus diagonales miden 12,19 m. y 12,22 m. respectivamente, que equivaldrían aproximadamente a 42 pies y medio, ligeramente superior a los 40 pies del dibujo del manuscrito. Sin embargo, considerando las líneas ciegas de traza exteriores que figuran en el código, las dimensiones de las diagonales se aproximan mucho a las de la bóveda de la iglesia, aunque la coincidencia no es perfecta.

En cuanto a los valores obtenidos para el resto de los elementos: arranques, nervios y claves, en el siguiente cuadro se han reflejado los valores para la bóveda construida y para la dibujada.

Valores correspondientes a la bóveda del primer tramo de la nave central (medidas en m.)		
	Bóveda de Garcinarro	Dibujo del código
Diámetro de las columnas	1,22 / 0,71	1,39
Diámetro de la clave principal	0,51	0,55
Diámetro de las claves de formeros y perpiaños	0,37	0,28
Diámetro de las claves secundarias	0,28	0,28
Dimensiones de nervios interiores (ancho en intradós / ancho en plementería / alto	0,05 / 0,20 / 0,25	0,07 / 0,20 / nd
Dimensiones de nervios formeros y perpiaños (ancho en intradós / ancho en plementería / alto	0,08 / 0,46 / 0,30	0,35 / 0,35 / nd

Las alturas de las claves principales y secundarias quedan reflejadas en el siguiente cuadro, así como las caídas del rampante en ambas direcciones:

Alturas de claves y caídas de rampantes (medidas en m.)				
	Bóveda			
	Cabecera	1 ^{er} tramo central	3 ^{er} tramo central	1 ^{er} tramo epístola
Clave principal	13,45	14,08	14,10	13,61
Clave secundaria (long.)	13,11	13,11 / 13,09	13,02 / 13,06	12,36
Clave secundaria (transv.)	12,42 / 12,39	13,05 / 13,01	13,22 / 13,19	13,28 / 13,05
Caída rampante (long.)	0,34	0,97 / 0,99	1,08 / 1,04	1,25
Caída rampante (transv.)	1,03 / 1,06	1,03 / 1,07	0,88 / 0,91	0,34 / 0,55

Las jarjas dibujadas en el manuscrito corresponden a ligaduras y terceletes que parten de cuatro arcos de circunferencia de diámetro aproximado 5 pies. Los lados del cuadrado que limitan la bóveda no pasan por los centros de los arcos, lo que parece indicar que corresponderían a aristas interiores de arcos formeros, o bien a muros, aunque sus claves si poseen el centro sobre dichas aristas.

Fig. 730. Perspectiva axonométrica del levantamiento de la bóveda del primer tramo de la nave central de la iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro.

En la iglesia, esta situación de igualdad en los cuatro arranques se da en los tramos segundo, tercero y cuarto, pero no así en el primero, que como se ha dicho anteriormente es el único que dispone de claves en los formeros. Las jarjas parten de columnas de diámetro algo menor, salvo las dos del primer tramo que limitan con la cabecera, en las que debido a la presencia de los muros de cerramiento hay columnas de un menor tamaño, lo que provoca mayor complejidad en las jarjas con los solapes de formeros, ojivos y terceletes. En los arcos perimetrales, el eje del arco y los ejes de ligaduras y terceletes confluyen en el centro de la columna.

Los nervios interiores poseen todos la misma altura y molduración, con una sección moldurada que se va abriendo, desde el valor mínimo de 0,07 m. en el intradós, hasta los 0,20 m. en el encuentro con la plementería, valor que se mantiene invariable en los cinco centímetros superiores del nervio, en los que la sección es rectangular, siendo el canto total de 0,25 m. (0,20 + 0,05). Los ejes de sus superficies de intradós convergen en un punto en el centro de la clave, bajo el que descuelga ligeramente la tortera.

Los formeros y perpiaños de la bóveda del primer tramo presentan una sección con igual forma que los interiores, pero con mayor tamaño, arrancando en 0,08 m. hasta alcanzar en la parte superior 0,46 m., con una altura de 0,30 m. Sin embargo, en otros tramos, en los que no se disponen claves, los formeros y perpiaños presentan una sección mucho más cercana a la rectangular, con una molduración en el intradós.

El encuentro de los nervios con las claves secundarias está resuelto con gran maestría, de tal modo que existen en el centro de la clave, puntos de tangencia o inflexión respecto a los ejes de las curvas de intradós de los nervios a ambos lados de la misma. En el manuscrito, por el contrario, en las claves que reciben los encuentros de los lazos ovoides con los terceletes y pies de gallo se aprecian puntos angulosos.

La superposición de las proyecciones de las bóvedas de la iglesia y el manuscrito, muestra que la posición de las claves secundarias contenidas en la primera circunferencia, es en la iglesia algo más cercana al centro que en el dibujo, y las de la segunda línea están en la iglesia más cercanas a las ligaduras. La diferencia de tamaño en su diagonal quedaría absorbida por una mayor longitud de los terceletes y el tramo de arranque de las ligaduras. Para el caso de la nave del tercer tramo, estas diferencias de posición se hacen algo más acusadas.

Comparando los resultados obtenidos y expuestos en los puntos anteriores, se observan vinculaciones muy directas entre la montea y la traza construida [Fig. 731].

En primer lugar, hay coincidencia plena respecto al diseño y disposición del conjunto de nervaduras en ambos casos, respondiendo al esquema habitual de disponer los terceletes de modo que su prolongación llegue hasta la intersección de la circunferencia circunscrita con el eje de la bóveda. También existe coincidencia respecto al modo en el que se producen las intersecciones de los nervios al acometer a las claves secundarias, con prevalencia de los ojivos y ligaduras que llegan hasta el cilindro con toda su anchura de intradós sobre la que acometen los combados, que son los que ven su sección minorada hasta alcanzar los puntos de tangencia.

La dimensión global de la bóveda, como se ha indicado, si se contemplan las líneas pasadas a tinta, es algo menor en el dibujo que en la bóveda, pero si se consideran las líneas ciegas perimetrales que trazó el autor, en este caso las dimensiones están muy próximas.

Los nervios aparecen representados en el dibujo con una intención de aproximarse a la realidad, mediante las cuatro líneas que definen el ancho en el intradós, y el ancho mayor en la parte superior, que coincide con exactitud con el ancho de los nervios contruidos. Respecto al ancho del intradós, en la bóveda es ligeramente inferior (5 cm. frente a los 7 cm. del dibujo), pero hay que tener en cuenta la dificultad de trazar dos líneas tan próximas, especialmente con tantas curvas, con los instrumentos con los que se contaba para el dibujo en la época.

También son del mismo tamaño las claves principal y secundarias dibujadas y las contruidas, con la única diferencia de las claves secundarias de los nervios perimetrales, que en la bóveda son algo mayores que en el dibujo. Además, las claves de la bóveda presentan en las torteras, por lo general, una molduración en círculos concéntricos similares a los que aparecen dibujados.

Estos dos aspectos respecto a la coincidencia dimensional de nervios y claves son de gran importancia para determinar la intencionalidad del dibujo. Como se ha indicado en el capítulo precedente, en los casos en los que los dibujos de bóvedas corresponden a modelos teóricos incluidos en los tratados, los nervios se representan en todos los casos de una manera esquemática, mediante su eje o incorporando como mucho dos líneas laterales, y las claves también se representan de modo esquemático, mientras que en las

monteas destinadas a ser construidas, los nervios se representan mediante las líneas que definen su anchura y las claves aparecen más detalladas.

Todos estos datos refuerzan la hipótesis de que los dibujos del código corresponden a una montea real para ser construida, y las coincidencias entre los distintos elementos con los que aparecen en la bóveda levantada, indican con una gran probabilidad que se refieren a las bóvedas de la iglesia de Garcinarro.

Fig. 731. Superposición de la proyección horizontal de la bóveda del primer tramo de la nave central de la iglesia de Nuestra Señora del Sagrario en Garcinarro, sobre la traza de la bóveda nervada de planta cuadrada contenida en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE (c. 1545, f. 29 v.).

Otro elemento a destacar es la posición de los ejes de los cilindros. En el caso de la clave polar y las de los arcos perimetrales son verticales, solución normal en las bóvedas nervadas góticas. Sin embargo, en el resto de las claves, los ejes son inclinados, tendiendo a ser perpendiculares a ligaduras terceletes y ojivos [Fig. 732]. Esta disposición es poco habitual, renuncia a la verticalidad y no corresponde con el sentido del *revirado* en el manuscrito de Vandelvira (c. 1585, 64v.; 65r.; 76v.), o el *bulco* en Rodrigo Gil de Hontañón ([c. 1550] 1681, 24r.-24v.), en un planteamiento de transición entre el Gótico y el Renacimiento, que aparecería recogido posteriormente en la tratadística, en la *capella de sinch Claus quadrada* del manuscrito de José Gelabert (Rabasa 2007, 750; 2011, 400).

Alviz ya había empleado esta disposición de las claves en la cabecera de la iglesia de San Nicolás de Priego (1531-1541), como se desprende de los magníficos dibujos realizados por Francisco de Luna para su tasación (Rokiski 1980, 27-34), en los que se aprecia la posición inclinada de las claves, perpendicular a los nervios. Esta disposición ratifica que las bóvedas de Garcinarro fueron construidas por Juanes de Andute respetando la traza de Pedro de Alviz.

Fig. 732. Dispositión inclinada de las claves de las bóvedas, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 733. Detalle del encuentro de nervios en las claves secundarias, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Las bóvedas de las naves laterales

La bóveda perlongada contenida en el códice, considerando la escala gráfica incorporada en la cuadrada, se correspondería con una dimensión de 7,88 m. en su lado mayor; 3,94 m. en su lado menor y una proporción de 2/1. Las dimensiones de los nervios serían de 0,07 m. en el intradós y 0,20 m. en el encuentro de la plementería; el ancho de los formeros y perpiaños, tomado de las trazas ocultas, de 0,32 m.; la clave principal 0,55 m.; las claves secundarias 0,28 m.; y el diámetro de las columnas, 1,36 m. Para la medida

se ha seguido el mismo criterio que para las bóvedas de la nave central, y como en ella, se han obtenido valores distintos para cada uno de los tramos.

En el cuadro siguiente, en el que también se han contemplado los valores correspondientes a la bóveda perlongada dibujada en el códice, se reflejan los valores de las longitudes de los lados y la relación entre ambos, correspondientes a las caras interiores de los formeros y perpiaños, es decir, los que aparecen dibujados a tinta en el códice.

Dimensiones para los tramos de las naves laterales, medidas a caras interiores en m.			
Tramo	Largo	Ancho	Relación
1º lado de la epístola	8,10	4,30	1,88
2º lado de la epístola	7,90	4,30	1,83
3º lado de la epístola	8,04	4,27	1,88
4º lado de la epístola	8,27	4,27	1,93
1º lado del evangelio	8,14	4,29	1,89
2º lado del evangelio	7,84	4,30	1,82
3º lado del evangelio	8,07	4,37	1,85
4º lado del evangelio	8,24	4,35	1,89
Códice (interior)	7,88	3,94	2,00
Códice (ejes)	8,20	4,26	1,92

Considerando los valores de la tabla, al igual que sucede con la nave central, cada tramo tiene una dimensión diferente, ya sea por desviaciones constructivas o por deformaciones estructurales. Las dimensiones de los tramos, largo y ancho, son algo mayores que las dibujadas en el códice, y la relación entre ambas, con valores entre 1,82 y 1,93, se aproxima bastante a la proporción dupla del dibujo. Sin embargo, si se consideran las dimensiones respecto de los ejes que aparecen en las trazas ciegas, tanto las dimensiones del rectángulo como la relación entre sus lados son prácticamente iguales a algunos de los tramos de la iglesia.

La bóveda levantada es la correspondiente al primer tramo del lado del Evangelio, que presenta una irregularidad que hace que su planta sea un trapecio con una diferencia de longitud de 0,21 m. entre sus lados mayores. Teniendo en cuenta esta deformación, en el siguiente cuadro se aportan los valores para el resto de elementos de la bóveda y la traza.

Valores correspondientes a la bóveda del primer tramo de la nave central (medidas en m.)		
	Bóveda de Garcinarro	Dibujo del código
Diámetro de las columnas	1,22 / 0,71	1,39
Diámetro de la clave principal	0,52	0,55
Diámetro de las claves de formeros y perpiaños	0,28 / 0,36	0,28
Diámetro de las claves secundarias	0,28	0,28
Dimensiones de nervios interiores (ancho en intradós / ancho en plementería / alto)	0,05 / 0,20 / 0,25	0,07 / 0,20 / nd
Dimensiones de nervios formeros y perpiaños (ancho en intradós / ancho en plementería / alto)	0,08 / 0,46 / 0,30	0,32 / 0,32 / nd

La situación del tramo que ha sido objeto del levantamiento provoca que aparezcan cuatro enjarjes diferentes: el vértice compartido con la nave dispone de una columna exenta; el correspondiente a la fachada, una media columna adosada; el compartido con la cabecera una columna adosada, de menor diámetro; y el vértice de la esquina carece de columna, produciéndose el apoyo directamente sobre los muros. En los tramos centrales la situación es diferente, con dos columnas en los vértices de separación con la nave, y otras dos medias columnas adosadas, por lo general de igual diámetro, en los vértices de la fachada, que se corresponde con la dibujada en el código, en la que las jarjas parten de cuatro arcos de circunferencia, cuyo diámetro es algo mayor. También existe correspondencia respecto a los ejes de formeros, ojivos y terceletes, que en ambos casos son concurrentes en un punto.

Respecto a los nervios, se dan las mismas circunstancias apuntadas para la bóveda cuadrada respecto a su sección moldurada de anchura creciente entre 0,07 m. y 0,20 m., con canto 0,25 m., y a la convergencia de sus ejes en el punto central de las claves, con la limpieza de resolución y labra en los encuentros con las claves secundarias. Todos son del mismo tamaño salvo el formero y el perpiaño que resultan comunes con los tramos contiguos, que presentan mayor sección.

En este caso, a diferencia de la bóveda de la nave central, las claves secundarias son todas del mismo tamaño, incluyendo las situadas en los nervios perimetrales, al igual que ocurre en la bóveda dibujada, con la excepción de la perteneciente al formero común con la nave central, que como se ha comentado, es algo mayor.

La superposición de las proyecciones horizontales del levantamiento realizado para la bóveda construida y la que aparece dibujada en el código, muestra, a pesar de considerar la diferencia de proporciones, una situación de las claves secundarias respecto del centro muy próxima en ambos casos. La disposición de los ejes de los cilindros de las

claves responde al mismo criterio que la cuadrada, con ejes inclinados tendiendo a la perpendicular a ligaduras, terceletes y ojivos [Fig. 734].

Al margen de la diferencia en las proporciones, son coincidentes el diseño y disposición de nervaduras, y además, se produce una circunstancia que aporta un dato fundamental a la hora de relacionar la montea del código con las bóvedas de la iglesia. En el análisis realizado a la bóveda perlongada del código, se expuso que los terceletes presentan una disposición singular. Los ejes de los longitudinales pasan por el punto medio del lado opuesto, frente al diseño habitual, que sería hacerlos pasar por la intersección del eje de simetría de la bóveda con el círculo que inscribe el rectángulo. Esta disposición no aparece en las bóvedas perlongadas contenidas en la tratadística que se han estudiado, aunque se ha constatado su empleo en monteas destinadas a la construcción de la bóveda, como el citado de la capilla de Santa Catalina en la catedral de Tui⁴⁹⁰.

Los ejes de los transversales se hacen pasar por los centros de las claves, previamente dispuestas, pero se puso de manifiesto la existencia de trazos ciegos que indican que en un primer momento el autor planteó un eje con la dirección del punto de corte del eje de simetría con el círculo circunscrito.

Fig. 734. Superposición de la proyección horizontal de la bóveda del primer tramo de la nave del lado del evangelio de la iglesia de Nuestra Señora del Sagrario en Garcinarro, sobre la traza de la bóveda nervada de planta perlongada contenida en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE (c. 1545, f. 29 v.).

⁴⁹⁰ Ver Taín (2003b, 1892-1893); Taín y Natividad (2011, 1391-1392); Taín et al. (2012, 4; 9); Calvo et al. (2015, 3; 9).

En la proyección horizontal obtenida a partir del levantamiento de la bóveda, se observa que, salvando las necesarias adaptaciones a las irregularidades del tramo, que como se ha indicado, posee planta trapezoidal, las direcciones de los terceletes longitudinales tienden a pasar por las claves situadas en el punto medio del lado opuesto, es decir, con el mismo criterio, muy poco habitual, que aparecen en el código.

Los terceletes transversales pasan por las claves secundarias más cercanas a los lados exteriores, que al igual que en el código están situadas en la perpendicular al eje de la bóveda trazada desde el punto medio entre las claves de las ligaduras y los formales; sin embargo, su dirección tiende a ser la habitual, pasando por la intersección del eje con el círculo inscrito, que no coincide con la disposición que figura dibujada a tinta, pero sí con la primera intención del autor reflejada en los trazos ocultos.

La coincidencia respecto a la dirección, poco común, de los terceletes longitudinales contruidos respecto a los dibujados, resulta muy significativa, pues no es fácil de apreciar a simple vista. En la hipótesis de que los dibujos hubieran sido incluidos en el código con posterioridad a la fecha de construcción de las bóvedas, por alguien que las hubiera visto, la apreciación de esta particularidad respecto a los terceletes, hubiera requerido, al menos de medios adicionales que como mínimo hubieran trasladado la proyección sobre la planta, de la situación relativa de las claves en el espacio.

Ello supone el empeo de medios auxiliares, que estarían plenamente justificados en casos como el mencionado de Francisco de Luna, para realizar la tasación de las bóvedas contruidas por Alviz en Priego, por tratarse de un encargo profesional debidamente remunerado, pero parecen desproporcionados si la intención es simplemente incluir unos diseños de nervaduras en un cuaderno de cantería.

Todo ello, unido a los aspectos ya reseñados respecto a la bóveda de planta cuadrada, respecto a la coincidencia en las dimensiones de los nervios y claves y del modo en que aparecen representados, alejado del empleado en los traados y cercano al utilizado en las monteas destinadas a ser contruidas, todo indica que la trazas del código son previas a la construcción de las bóvedas y se refiere al modelo contruido posteriormente en Garcinarro.

La bóveda de la cabecera

La bóveda de la cabecera, como se ha indicado, es la que difiere ligeramente del resto de las perlongadas en cuanto al dibujo de sus nervios, por la existencia de puntos de

inflexión en cuatro de sus nervios combados que conectan las claves secundarias de los terceletes y los ojivos. Las dimensiones de la bóveda son las indicadas en el cuadro siguiente:

Dimensiones para la cabecera (medidas en m.)			
Tramo	Largo	Ancho	Relación
Cabecera	8,25	4,51	1,83

Como se puede apreciar en el cuadro, la relación entre los lados del rectángulo es bastante similar a la de los tramos de las naves laterales.

Los nervios presentan el mismo perfil moldurado y las mismas dimensiones que los de las otras bóvedas descritas anteriormente. Otro tanto sucede con la clave polar. Sin embargo, las claves secundarias son ligeramente mayores que las del resto de las bóvedas rectangulares.

Las medidas quedan reflejadas en el siguiente cuadro.

	Bóveda de cabecera de Garcinarro
Diámetro de las columnas	0,71 / n.e.
Diámetro de la clave principal	0,52
Diámetro de las claves de formeros y perpiaños	0,33
Diámetro de las claves secundarias	0,33
Dimensiones de nervios interiores (ancho en intradós / ancho en plementería / alto)	0,05 / 0,20 / 0,25
Dimensiones de los formeros y el perpiaño posterior (ancho en intradós / ancho en plementería / alto)	0,05 / 0,20 / 0,25
Dimensiones del perpiaño delantero (ancho en intradós / ancho en plementería / alto)	0,08 / 0,46 / 0,30

En un principio, se había contemplado la posibilidad de que el dibujo de la bóveda perlongada inacabada que aparece en el códice pudiera estar relacionado con la bóveda de la cabecera, al ser esta la que presenta un dibujo diferente a las demás, aunque como se ha comenado, la diferencia es mínima.

Las dimensiones de la tercera bóveda del códice corresponden a un rectángulo de 7,88 m. de longitud y 4,83 m. de anchura, con una relación entre ambas de 1,63 /1, no coincidente con ninguna de las existentes en las bóvedas construidas en las naves ni en la cabecera de iglesia de Garcinarro. Sin embargo, las proporciones del sotocoro en el tramo central están muy próximas a ellas.

El único dato adicional que aporta el dibujo inacabado es la línea de traza ciega que indica la dirección de uno de los terceletes longitudinales hacia el punto medio del lado

opuesto, al igual que ocurre con el dibujo de la bóveda perlongada que aparece completa, coincidente también con la disposición adoptada en Garcinarro.

Cabe la posibilidad de que las proporciones del rectángulo dibujado correspondan a una idea previa de cabecera que finalmente se construyó con menor profundidad, o bien que el dibujo corresponda a la traza inicial de la bóveda del sotocoro, cuya construcción fue abordada en la fase final, adoptando una solución diferente de la bóveda nervada.

Las piezas de cantería de la iglesia de Garcinarro

Al margen de las bóvedas de nervios estudiadas, la iglesia de Garcinarro posee varias piezas de cantería que de alguna manera presentan una relación con las trazas contenidas en el código.

En primer lugar hay que mencionar la propia portada de la iglesia contiene dos arcos abocinados cuya disposición se relaciona directamente con la *bentana enbozinada* del código (f. 6r.) [Fig. 737]. Uno de ellos es el que remata superiormente la hornacina en la que está colocada la imagen de la Virgen, cuyas proporciones son muy similares a las de la traza [Fig. 736]; el otro ejemplo, de mayor escala, pero resuelto de modo similar es el gran arco que remata superiormente la portada, cuyo intradós queda casetonado [Fig. 735].

Fig. 735. Pedro de Alviz, arco abocinado, portada, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

En el hueco que comunica la sacristía con el primer tramo de la nave colateral del lado de la epístola está resuelto mediante un arco esviado, con juntas de intradós convergentes [Fig. 738], similar al *arco biaje contra quadrado* (f. 8r.) [Fig. 739], aunque en la

iglesia se ha empleado como directriz un arco escarzano, frente al de medio punto de la traza.

Fig. 736. Pedro de Alviz, arco abocinado, hornacina, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 737. *Bentana enbozinada*, manuscrito Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 6r.

Fig. 738. Pedro de Alviz, capialzado escarzano, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 739. *Arco biaje contra cuadrado*, manuscrito Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 8r.

El hueco que da acceso al primer tramo de subida a la torre está resuelto mediante una decenda de cava con cuya directriz es un arco de medio punto [Fig. 740], con una proporciones y un desnivel entre sus embocaduras bastante similar al dibujado en el *enbozinado de escalera* (f. 13r.) [Fig. 741], aunque el hecho de estar recubierto por un enlucido de yeso impide ver la disposición de sus dovelas.

Fig. 740. Pedro de Alviz, decenda de cava, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 741. *Enbozinado de escalera*, manuscrito Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 13r.

En la fachada de los pies, en el nivel del coro alto, hay un hueco rematado superiormente por un capialzado en el que la directriz exterior es un dintel que dispone de una mocheta horizontal destinada a alojar la carpintería, con jambas que presentan derrame, con apertura hacia el interior de la iglesia, y una directriz interior, más ancha y elevada que la exterior, constituida por un arco escarzano muy rebajado, con una mínima flecha, próximo a la línea recta [Fig. 742]. Su intradós se resuelve mediante la división de ambas directrices en partes iguales y la unión de los puntos de división obtenidos. El capialzado está en un punto intermedio entre dos de las soluciones contenidas en el códice: el *capialzado a regla* (f. 18 r.) [Fig. 744], con dos dinteles por directrices, y la *tronera engaduchida* (f. 15r.) en la que sus directrices son un dintel y un arco escarzano bastante rebajado [Fig. 743].

Fig. 742. Pedro de Alviz, capialzado escarzano rebajado, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Otro capialzado se relaciona con esta última; es el que resuelve interiormente el hueco del portón perteneciente a la portada principal, cuyas directrices son un dintel exterior con mocheta que aloja el portón, y un arco escarzano interior de mayor luz y más elevado, pero a diferencia del interior, el intradós se ha resuelto disponiendo sus juntas de manera que se proyecten paralelas en planta, de tal modo que el derrame de las jambas se absorbe exclusivamente con las dos dovelas situadas en los extremos, cuyo intradós es triangular [Fig. 745].

Fig. 743. *Tronera engaduchida*, manuscrito Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 15r.

Fig. 744. *Capialzado a regla*, manuscrito Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 18r.

Fig. 745. Pedro de Alviz, capialzado escarzano, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

El acceso a la sacristía desde la cabecera posee interiormente un capialzado cuyas directrices son un dintel y un arco carpanel, más elevado y de mayor luz [Fig. 746], de forma similar al planteamiento del *capialzado despezado* (f. 17 r.) [Fig. 747], aunque como en el caso de la decenda de cava, el enlucido de yeso impide ver el despiece de las dovelas.

Fig. 746. Pedro de Alviz, capialzado carpanel, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 747. *Capialzado despezado*, manuscrito Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 17r.

Otras dos piezas emplean el arco carpanel, aunque no en un capialzado. Se trata de la capilla situada en el sotocoro del lado de la epístola, cubierta con una bóveda de cañón cuya directriz es un arco carpanel [Fig. 748]; y de otro arco carpanel que aparece en la fachada sur, a la derecha de la portada, en lo que debió ser el acceso a una capilla adosada al primer tramo del lado de la epístola, de la que únicamente se conservan las dovelas del arco mencionado y una pechina resuelta por hiladas horizontales [Fig. 749].

Por último, el lado del evangelio del sotocoro está resuelto con una bóveda de arista perlongada [Fig. 750], resuelta del mismo modo que la que aparece en el manuscrito (f. 23r.) [Fig. 751], disponiendo en el lado mayor una elipse rebajada para igualar las alturas.

Fig. 748. Pedro de Alviz, bóveda con directriz carpanel, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 749. Pedro de Alviz, arco carpanel, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 750. Pedro de Alviz, bóveda de arista perlongada, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Fig. 751. Bóveda de arista perlongada, manuscrito Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 23r.

De todo lo expuesto en el presente apartado y en los anteriores, se desprende una relación directa entre los contenidos del códice y la iglesia de Garcinarro, por la existencia de piezas de cantería que se pueden relacionar con algunas de sus trazas, pero sobre todo por los datos que se han obtenido de la iglesia y del análisis de los dibujos en relación con las bóvedas nervadas.

La coincidencia de las bóvedas construidas con las trazas del manuscrito, considerando el tamaño correspondiente a la escala gráfica que incluye la bóveda de planta cuadrada no es plena pero sí muy próxima, pues existen pequeñas variaciones entre ambas. Sin embargo, aspectos adicionales como la igualdad en el diseño de las nervaduras en ambos casos, tanto para las bóvedas cuadradas como para las perlongadas; la igualdad en las dimensiones de los nervios y de las claves; o la coincidencia en las direcciones de los terceletes, resueltas de forma particular, establecen una vinculación entre ambas.

La pequeña diferencia existente respecto a las dimensiones y a la posición exacta de las claves entre las trazas del códice y la iglesia puede tener una explicación en las propias condiciones de las bóvedas construidas, pues todas ellas presentan medidas diferentes entre sí, tanto las cuatro de los tramos de la nave central, como las ocho de las colaterales, dándose el caso, como ocurre en una de las levantadas, de deformaciones en origen en el replanteo, que hacen que su planta no sea totalmente rectangular, sino trapezoidal.

La hipótesis que se considera más probable es que los dibujos del códice, que como se ha indicado, correspondería a una copia posterior de otro manuscrito previo, correspondan a las trazas nominales de las bóvedas, realizadas con carácter anterior a su construcción, en las que se contemplaron unas dimensiones previstas inicialmente para los tramos de la iglesia, y que posteriormente, en las monteas que se trazaran en obra durante la construcción, deberían ser objeto de los pequeños ajustes necesarios para acoplarlas a las dimensiones reales, distintas en cada caso.

Si como se piensa, se trata de una copia, la tercera de las bóvedas, que podría corresponder al sotocoro, quedó inconclusa pues el copista no pudo finalizarla, al igual que no llegó a incluir los textos descriptivos de muchas de las trazas de cantería previas que muy probablemente figurarían en el original.

LAS ATRIBUCIONES DE AUTORÍA DEL BLOQUE PRINCIPAL Y SUS VINCULACIONES

El cuaderno permanece aún considerado en la Biblioteca Nacional de España como anónimo y sin fecha determinada, pues en la correspondiente ficha se establece un periodo de datación entre 1501 y 1700, que abarca por tanto dos siglos completos.

Los investigadores que han publicado estudios referentes a aspectos del cuaderno, han establecido hipótesis en el sentido de la atribución de la autoría del mismo y su datación a partir de la posible vinculación de algunos de sus dibujos, bien con los contenidos de otros manuscritos o con la similitud con elementos existentes en obras construidas.

La autoría del código ha sido objeto de discusión en varias ocasiones, en las que ha sido asociado a épocas y autores diversos. La primera, en orden cronológico, es la realizada por Barbé-Coquelin de Lisle (1977, 1: 29-30), que lo considera como *breve compendio, especie de memorando destinado a repasar los puntos de la obra teórica de Vandelvira considerados como esenciales por la generación siguiente, y por lo tanto derivado y posterior al tratado de Alonso de Vandelvira, estableciendo su redacción en el siglo XVII, en época en la cual el vocabulario de Vandelvira estaba comprendido sin esfuerzo por los iniciados*.

La siguiente es la realizada por Gómez Martínez (1998, 32), que lo atribuye, sin descartar la participación de otros canteros, a Pedro de Alviz, en base a la coincidencia de los dibujos de las bóvedas de crucería de planta cuadrada y perlongada que aparecen dibujadas en el código, con las construidas en la iglesia parroquial de Garcinarro en Cuenca, obra cuya traza fue realizada por Alviz, que también fue el responsable de las obras hasta su fallecimiento en 1545, tras lo cual fueron traspasadas por su viuda al cantero Juanes de Andute, que había colaborado con él en el inicio de las obras. En base a esta atribución, data el código en la primera mitad del siglo XVI.

La tercera es la realizada por Suárez Quevedo (2002, 133-135), que en el estudio realizado de los manuscritos de cantería vinculados a Felipe Lázaro de Goiti conservados en la Biblioteca Nacional de Madrid, relaciona el código con la copia del *Libro de traças de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira realizada por Goiti ([c. 1585] 1646). Establece la relación entre ambos manuscritos, menciona una atribución del código a Goiti, data el código en el siglo XVII y se refiere a la existencia de dibujos añadidos por otra u otras autorías.

Puesto que, como se verá posteriormente, las vinculaciones con el tratado de Alonso de Vandelvira poseen una relación directa con la atribución de la autoría a Pedro de Alviz, se ha considerado oportuno, aunque ello altere la cronología de las atribuciones, estudiar en primer lugar los aspectos relacionados con la atribución Goiti.

Las relaciones con los manuscritos vinculados a Felipe Lázaro de Goiti

La atribución de la autoría del cuaderno a la figura de Felipe Lázaro de Goiti, se realiza en el marco de un estudio de los manuscritos conservados en la Biblioteca Nacional de España vinculados en algún modo a la figura de Goiti, realizado por de Suárez Quevedo (2002). En él se menciona como base de la atribución, la posible relación del conjunto de las piezas de cantería con las contenidas en el cuaderno.

Suárez Quevedo hace corresponder el cuaderno, con la copia que Goiti realizó del *Libro de traças y cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira ([c. 1585] 1646), y lo considera como un apéndice inconcluso del mismo, destinado a un uso práctico, no preparado para la imprenta, estableciendo una relación directa entre ambos manuscritos, derivados de un tronco común, lo que en cierto modo establece una vinculación con Vandelvira en un sentido parecido al indicado por Barbé-Coquelin de Lisle.

Añade en sus conclusiones, que el cuaderno estudiado no aporta nada al manuscrito de Goiti y centra el análisis más profundo en el resto de los dibujos del cuaderno, que estima de mayor interés: Las copias del *Vignola*; el alzado del fuste salomónico; y las bóvedas de crucería, considerando todos ellos como aparentemente añadidos al núcleo inicial de trazas. Data el cuaderno en el siglo XVII y discrepa respecto a que la inclusión de modelos iguales a los proyectados para Garcinarro implique que por ello sea atribuible a Pedro de Alviz.

En referencia a las relaciones que pudiera tener Felipe Lázaro de Goiti con el códice, de cara a ratificar o en su caso descartar la atribución de la autoría del cuaderno por su parte, se ha procedido al estudio de los manuscritos conservados en la Biblioteca Nacional que pudieran tener alguna vinculación con la figura de Goiti. El estudio se ha centrado en dos aspectos: El análisis de los dibujos y trazas de piezas de cantería recogidas en ellos, de cara a establecer las correspondencias, similitudes y posibles relaciones; y la comparación de las caligrafías contenidas y su compatibilidad con una autoría común.

El primero de los manuscritos vinculados con Goiti es el que figura en la BNE con la signatura Mss. 12719, datado en torno a 1646. Es una de las dos copias conocidas que se

conservan del *Libro* de Vandelvira, realizada por Goiti, que el propio copista encabeza como:

Libro de cortes de cantería, de Alonso de Vandeelvira, arquitecto. Sacado a la luz y aumentado por Philipe Lazaro de Goiti, arquitecto, maestro mayor de obras de la Santa Iglesia de Toledo, primada de las Espanas y de todas las de su arzobispado. Dirigido a su ilustrísimo cabildo. Año de 1646.

Se han comparado las tres diferentes caligrafías contenidas en el códice, con la caligrafía de Felipe Lázaro de Goiti, de la que se tiene conocimiento, pues su copia manuscrita del *Libro* de Vandelvira contiene la *Dedicatoria al Ilustrísimo Cabildo de la Santa Iglesia de Toledo primada de las Españas*⁴⁹¹, firmada por el propio Goiti, con el objeto de estudiar las posibles compatibilidades con una autoría común [Fig. 752].

La caligrafía de Goiti no es coincidente con ninguna de las correspondientes a los tres diferentes autores cuyas escrituras figuran en el códice, por lo que puede descartarse que la mano de Felipe Lázaro de Goiti sea la responsable de su autoría.

El manuscrito realizado por Goiti, contiene una parte inicial en la que figura la copia del *Libro de trazas* de Vandelvira, que ocupa hasta el f. 102r., tras el que se incluye una portada de capítulo con el texto: *Comiençan las portadas y demás adornos de Arquitectura con que se da fin a este libro*. En él, se incluyen una serie de dibujos de diferentes elementos arquitectónicos, que no están relacionados con el códice.

Por ello, en cuanto a su relación con el códice, se ha estudiado la parte inicial, que copia a Vandelvira, respecto a la que Barbe-Coquelin (1977, 1: 27-28), afirma que junto con la que se conserva en la biblioteca de la ETSAM, son ambas copias de un mismo texto, aunque los capítulos se presentan en distinto orden, siendo la copia de Goiti más incompleta. En el texto que Goiti incorpora al prólogo de su copia manifiesta con claridad que no ha incluido en ella todas las trazas contenidas en el *Libro* de Vandelvira, que sí aparecen en la copia conservada en la Escuela de Arquitectura, excluyendo las que consideró como menos importantes, entre las que estarían las correspondientes a las bóvedas nervadas, y aludiendo al elevado número de piezas contempladas por Vandelvira: [...] *enque si bien no trate de todas las traças que al Arquitecto se le puedan ofreçer (por que en su infinidad fuera imposible) trataré a lo menos de las más esençiales* [...] ⁴⁹².

⁴⁹¹ La dedicatoria aparece en Goiti (1646, f. 4r.).

⁴⁹² Prólogo contenido en Goiti (1646, f. 5r.).

Fig. 752. De arriba abajo: caligrafías correspondientes a los autores denominados como primero, segundo, tercero y cuarto, manuscrito de cantería, BNE. Mss.12686, ff. 6v; 31v.; 4r; 13v; y a Felipe Lázaro de Goiti, BNE. Mss. 12719, f.4r.

Puesto las trazas correspondientes a ambas copias del *Libro* de Vandelvira son prácticamente coincidentes, habiéndose indicado las diferencias de modo concreto en cada traza, en los apartados correspondientes a su estudio específico, el análisis comparativo de las posibles vinculaciones entre el código y el *Libro* de Vandelvira se abordará más adelante, siendo lo expuesto aplicable a ambas copias.

Un segundo manuscrito relacionado con Goiti, conservado con la signatura Mss. 12830, la traducción realizada en 1643 del Principio y fundamento de la perspectiva de Daniele Barbaro, que ha sido analizado por Díaz Moreno (2003), que se refiere al fragmento autógrafo. La caligrafía es coincidente con la de Goiti contenida en el manuscrito citado anteriormente, por lo que no se relaciona con ninguna de las contenidas en el código.

La Biblioteca Nacional conserva otro manuscrito que pudiera tener alguna vinculación con Goiti, es el correspondiente a la signatura Mss. 12744, que figura como anónimo, y frecuentemente ha sido denominado como el manuscrito de *Juan de Aguirre*, debido a las firmas con su nombre que aparecen incluidas en él. Hasta el momento, la referencia a Aguirre había sido considerada como relacionada más con la propiedad del manuscrito que con su autoría, pero en la actualidad los estudios más recientes en torno a él pudieran modificar dicha estimación⁴⁹³.

La letra de la firma de Juan de Aguirre que aparece en el último folio del manuscrito, corresponde a una caligrafía del siglo XVII, según la opinión de Gómez-Moreno (1949, 27), pero en cualquier caso, el único elemento que parece relacionar este manuscrito con la figura de Felipe Lázaro de Goiti es una mención a él que aparece en el recto del primero de los folios, cuyo texto dice:

Sacado de Baldeelbira. Fragmentos de dibuxos y discursos de arquitectura de Alonso de Van de Elvira ordenados acaso por Felipe de Lázaro de Goiti.

El manuscrito contiene una primera parte con trazas de piezas de cantería correspondientes a pechinas, arcos, capialzados, bóvedas de intradós cilíndrico o esférico y escaleras, más una segunda parte, aparentemente de un autor diferente, con copias de textos y dibujos de los órdenes clásicos de Vignola, y de detalles arquitectónicos. Suárez Quevedo (2002, 140) atribuye a Goiti la inclusión, como añadido, de las *Regole* de Vignola.

⁴⁹³ Los datos aportados por Salmerón (2015, 617-619), en la comunicación presentada al I congreso de Teoría y Literatura Artística en España en los siglos XVI, XVII y XVIII, desvelan la existencia de un cantero que respondía al nombre de Juan de Aguirre, en fechas contemporáneas a las de elaboración del manuscrito, por lo que no se descarta que pudiera ser el autor del mismo y no únicamente su propietario, como hasta ahora se creía.

Sin embargo, Salmerón (2013, 598-599) hace referencia a la existencia de tres caligrafías diferentes, que corresponderían a otros tantos autores, pero no vincula a Goiti con ninguno de ellos.

Una de las caligrafías contenidas en el manuscrito 12744, concretamente la que pertenece a la parte de las copias de Vignola, presenta características similares a la caligrafía de Goiti, que como se ha indicado previamente, figura en el prólogo de su copia del *Libro* de Vandelvira, por lo que al menos esa parte del citado manuscrito pudiera corresponder a la mano de Goiti.

La no coincidencia de las caligrafías contenidas en el manuscrito Mss. 12744 ni de la caligrafía de Goiti, con ninguna de las tres caligrafías diferentes contenidas en el códice⁴⁹⁴, permite descartar que la autoría del códice corresponda a la mano de Felipe Lázaro de Goiti.

Las trazas de cantería y el Libro de Alonso de Vandelvira

Son numerosas las características comunes que relacionan de un modo directo el cuerpo principal del cuaderno con el *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira: La coincidencia de muchas de las trazas; la propia ordenación de las piezas contenidas, comenzando por el grupo de las trompas o pechinas, al que sigue el capítulo correspondiente a los arcos, los capialzados y las capillas; o la estructura, dentro de cada capítulo de la dificultad ascendente de las piezas, planteando inicialmente las más sencillas, regulares y rectas para incrementar la dificultad con la adición de características como los esviajes las intersecciones y curvaturas de los muros o las irregularidades en las embocaduras.

Barbé-Coquelin (1977, 29-30), en su tesis doctoral dedicada al tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira, dentro del apartado correspondiente a su influencia posterior, se refiere al cuaderno, considerándolo conjuntamente con otro de los manuscritos conservados en la BNE, el Mss. 12.744, como cuadernos de apuntes, no destinados a la publicación, que se transmitirían de un maestro de obras a otro y los define como breves compendios, especie de memorandos destinados a repasar los puntos de vista de la obra teórica de Vandelvira, considerados como esenciales por la generación

⁴⁹⁴ Ver García Baño y Calvo (2012, 161).

siguiente. Su hipótesis plantea una datación del cuaderno con posterioridad al *Libro de Vandelvira*, hecho que lo situaría temporalmente en el siglo XVII⁴⁹⁵.

El planteamiento de las piezas de cantería, de cara a solucionar su labra, se realiza en el *Libro de Vandelvira* sistemáticamente mediante la subdivisión de los elementos de testa, ya sean arcos o dinteles, en siete dovelas, idéntico criterio al empleado en el código. Este criterio de división aparece de igual modo en el manuscrito de Hernán Ruiz, pero resulta diferente del utilizado por otros autores de la tratadística hispana, representantes de otra línea canteril, como Martínez de Aranda y Portor y Castro, dándose la circunstancia de que ambos, en sus manuscritos, plantean de forma habitual la división de las piezas en cinco dovelas. Una situación singular es la del manuscrito 12744 de la BNE, en el que se alternan ambos criterios de división [Fig. 753].

Fig. 753. Criterio de división de la traza en dovelas para el arco esviado en una jamba. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 8r.; Alonso de Vandelvira, c. 1585, f. 26v.; Alonso de Gardia, c. 1600, f. 70 v.; GinésMartínez de Aranda, c. 1600, f. 13; Mss.12744 de la BNE, c. 1600, f. 27v.; y Portor y Castro, 1708, f. 5v.

⁴⁹⁵ En concreto señala que el cuaderno se redactó en época en la que el vocabulario arquitectónico de Vandelvira estaba comprendido sin esfuerzo por los iniciados. Barbé-Coquelin (1977, 29-30).

A nivel gráfico, el aspecto de los dibujos de las piezas de cantería contenidas en el núcleo principal del cuaderno, especialmente las trompas, los arcos y los capialzados, resulta muy similar al de las trazas del *Libro* de Vandelvira. En ambos casos, de cara a facilitar la labra de cada una de las dovelas que conforman la pieza dibujada, se pretende por una parte, obtener las plantillas correspondientes a la verdadera forma de las caras pertenecientes a la superficie del intradós las dovelas, y por otra, los ángulos existentes para cada dovela, entre las juntas contenidas en la superficie del intradós y las juntas de testa para las embocaduras.

Una vez obtenidas las plantillas y los ángulos entre las juntas, las dovelas se labrarían por el método de labra denominado por Martínez de Aranda y Alonso de Guardia como *labra por plantas al justo*, empleado también por Vandelvira, consistente en la obtención de las plantillas planas de las caras de intradós para cada una de las dovelas y del ángulo formado por las juntas de testa con las del intradós, necesario para el control de la labra, que se acomete colocando sobre el sillar las plantillas obtenidas, y trasladando, durante el proceso de labra, los ángulos entre las caras mediante un instrumento utilizado por los canteros denominado saltarregla⁴⁹⁶.

Para obtener las plantillas y ángulos de las piezas se emplea una técnica similar en ambos manuscritos, consistente en determinar, a partir de las proyecciones horizontales y verticales, de las verdaderas magnitudes de las aristas de las caras del intradós y de sus diagonales, lo que permite por el procedimiento de triangulación, dibujar la plantilla de cada dovela. El ángulo correspondiente a la saltarregla de la pieza se determina a partir de las aristas y diagonales de las caras de lecho.

Como criterio habitual, el dibujo de las plantillas obtenidas para las caras del intradós, se realiza de tal modo que se va colocando cada una a continuación de la anterior, haciendo coincidir la arista común entre ambas, con lo que se obtiene el desarrollo de la pirámide inscrita en la superficie del intradós, con una diferencia entre ambos, pues en el código lo habitual es realizar una construcción gráfica independiente que contiene la superficie desarrollada, y en el caso de Vandelvira, normalmente el desarrollo se dibuja a partir de las líneas de la proyección en planta de la pieza.

En cada uno de los vértices del desarrollo se grafía la línea que indica el ángulo entre juntas correspondiente a las saltarreglas, con un modo de dibujar muy característico,

⁴⁹⁶ El instrumento canteril saltarregla, ha sido definido por Rabasa (2000, 367), como una escuadra articulada de ramas rectas que sirve para trasladar y comprobar ángulos, aunque por extensión también se usa la palabra en el XVI para designar el ángulo mismo.

que confiere a las trazas de Vandelvira una imagen muy singular, y que aparece en el cuaderno de modo muy similar. Este mismo criterio en el dibujo de las saltarreglas aparece en el manuscrito Mss. 12744 de la BNE y en el de Portor y Castro [Fig. 754].

Fig. 754. Criterios en el dibujo de plantillas y saltarreglas en la pechina esviada. Arriba izquierda, Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 3r.; arriba derecha, Alonso de Vandelvira, c. 1585, f. 9v.; abajo izquierda, Mss. 12744 de la BNE, c. 1600, f. 7r.; abajo derecha, Juan de Portor y Castro, 1808, f. 62v.

Sin embargo, el recurso gráfico de la obtención de las plantillas por triangulación, utilizado en el cuaderno y en el *Libro* de Vandelvira difiere, especialmente en las piezas que presentan una superficie alabeada en el intradós, con otro método que aparece en los últimos años del siglo XVI, empleado por otros tratadistas, como Martínez de Aranda y posteriormente Portor y Castro.

Consiste en obtener las plantillas por abatimientos, en los que se utiliza como eje de giro la arista correspondiente a la junta del intradós de la dovela, de mayor complejidad geométrica, al no ser posible el empleo de la testa como perpendicular al eje del abatimiento. Este procedimiento no aparece en el *Libro* de Vandelvira, que utiliza abatimientos en algunos casos en los que puede emplear como charnelas juntas horizontales entre las piezas⁴⁹⁷.

Para las trazas correspondientes a las bóvedas de arista, se plantea en el cuaderno la labra por el procedimiento de robos, para lo que se dibujan, tanto en la proyección horizontal como en la vertical, las aristas de los paralelepípedos envolventes de cada una de las dovelas. Este método es común con el empleado por Vandelvira y por el resto de los tratadistas que abordan trazas de bóvedas de arista de características similares, con algunas diferencias que deben ser señaladas.

En el caso de Vandelvira, al abordar los ochavos, plantea su labra mediante plantillas, incorporando el desarrollo de las hiladas, pero esto es debido a que en los ochavos de Vandelvira, las superficies del intradós son esféricas, frente a las superficies cilíndricas de las bóvedas de arista del códice.

Estos datos indican las evidencias que muestran las relaciones y vinculaciones existentes del cuaderno analizado con el *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira (c. 1585), que habían sido apuntadas por Barbé-Coquelin (1977, 29-30), y recogidas posteriormente por otros autores como Calvo López (2009b, 126) o Gómez Martínez (1998, 31-32).

Sin embargo, para avanzar en la datación cronológica entre ambos manuscritos, no son las coincidencias, sino los datos derivados de las diferencias en el contenido y los detalles relacionados con el modo de resolver las trazas por ambos autores, los que pueden aportar información de cara a formular hipótesis.

⁴⁹⁷ Los planteamientos y recursos gráficos de Martínez de Aranda (c. 1600), han sido estudiados de modo exhaustivo en su tesis doctoral y comparados con los del resto de tratadistas en el ámbito de la cantería, por Calvo (2000).

El primero de los elementos estudiados al respecto es el conocimiento del recurso gráfico del abatimiento, apuntado con anterioridad. Para la resolución de la pieza denominada como *arco en torre cabada*, Vandelvira (c. 1585, f. 21v.), obtiene las plantillas correspondientes a los cuatro vértices de las caras del intradós de las dovelas y a las caras de los lechos, mediante el abatimiento del plano formado por los cuatro vértices de cada cara, haciéndolos girar alrededor de un eje o charnela, que en este caso es la recta horizontal definida por la arista inferior de cada dovela, intersección de las caras de intradós y lecho.

De este modo, tras el abatimiento, los dos vértices contenidos en la charnela no alterarán su posición en la proyección horizontal, mientras que la nueva posición tras el giro, de los otros dos vértices que conforman la plantilla se obtiene con facilidad, trazando una perpendicular al eje de giro desde su proyección horizontal y trasladando sobre ella, desde el vértice opuesto de la arista, la distancia entre ambos tomada de la proyección vertical de los dos puntos.

El hecho de que el muro en el que se abre el arco sea curvo implica que las aristas correspondientes a cada dovela en las embocaduras, sean igualmente curvas. Vandelvira muestra sus conocimientos geométricos e incrementa la precisión de su solución al obtener para las aristas curvas, la proyección, sobre el abatimiento, del punto medio en cada dovela, de tal modo que, una vez conocidos los tres puntos pertenecientes al arco, se procede a su trazado por el procedimiento conocido como *adulcir*, consistente en unir una serie de puntos mediante curvas trazadas a sentimiento, tomando los puntos de tres en tres con el compás, o mediante otro método⁴⁹⁸.

El código contiene una traza similar a la existente en el *Libro* de Vandelvira; se trata de la titulada como arco torre cabada y torre redonda (f. 12r.). Como se ha comentado en detalle en el apartado correspondiente de la traza, para obtener las plantillas del intradós, el autor trató de emplear el recurso del abatimiento, que aplicó modo correcto para la obtención del vértice situado en la testa convexa. Por el contrario, para obtener el cuarto de los vértices, el situado en la testa cóncava, no emplea el abatimiento, sino que traslada, desde el punto obtenido para el tercer vértice, en paralelo a la proyección horizontal de la junta de intradós inferior de la dovela, una distancia igual a la longitud de dicha arista.

⁴⁹⁸ Definición dada por Calvo (2000, 3: 357). El término aparece con frecuencia en la tratadística, escrito como *adulcir* o *yndulcir*.

La operación implica suponer que las longitudes de las dos aristas del intradós o del lecho de cada dovela son iguales, pero las condiciones geométricas establecidas para el despiece de la traza implican que cada junta va disminuyendo en longitud conforme su posición se acerca al eje de la pieza, como se puede apreciar claramente observando sus proyecciones horizontales, pues al tratarse en todos los casos de rectas horizontales, en ellas se muestran en verdadera magnitud.

Este hecho indica que el autor del núcleo principal del cuaderno conocía el procedimiento, al menos de forma parcial, para obtener los vértices, pero lo aplica nuevamente a modo de receta, sin consciencia de sus implicaciones geométricas, con menor pericia, frente al mayor conocimiento demostrado por Vandelvira del recurso gráfico del abatimiento, que fue utilizado en sus trazas por otros tratadistas de cantería como Ginés Martínez de Aranda, Cristóbal de Rojas y Juan de Portor y Castro.

Además, para dibujar las aristas de las plantillas correspondientes a las testas se emplean exclusivamente los vértices extremos, trazando un arco entre ellos, que sigue la misma curvatura de la planta, por lo que su precisión es significativamente inferior. Vandelvira, sin embargo, obtiene la posición de los puntos medios de las dovelas, recurso habitualmente empleado por él, siendo consciente de que el efecto combinado de la planta cilíndrica con el capialzado, produce que en las dovelas inferiores se produzca en las plantillas una inversión de las curvaturas, de tal modo que si el muro es cóncavo, las plantillas resultan convexas y viceversa [Fig. 755].

Fig. 755. Detalle de las plantillas de intradós obtenidas en el arco en torre cavada y redonda. Izquierda, Mss. 12686 de la BNE, c. 1544, f. 12r.; derecha, Alonso de Vandelvira, c. 1585, f. 21v.

La única de las trazas del código en la que están planteadas las proyecciones de los puntos medios de las piezas es el capialzado en torre cavada (f. 20r.), en el que su uso queda reducido a la obtención del alzado del arco de testa desarrollado, sin aplicación a la obtención de las plantillas de las piezas.

Una pieza cuyo estudio aporta interesantes datos es el capialzado adintelado. Aparece tres veces en el cuaderno, incluida en dos ocasiones en el núcleo principal y añadida una vez más por el tercer autor, que no la titula, pero se refiere a ella como *arco adintelado y capialcado* (ff. 13v.-14r.). Es muy similar al *capialçado a regla* (f. 18r.) contenido en el bloque principal. En los tres casos la superficie del intradós está generada por dos dinteles horizontales de diferente longitud y situados a distinta altura, por lo que se trata de una superficie plana.

La primera de las incluidas en el núcleo principal, la *tronera a regla* (f. 14r.), no se acompaña de texto explicativo, pero en el dibujo se aprecia que el autor ha obtenido las plantillas de las superficies correspondientes al salmer y al intradós de cuatro de las siete dovelas, la central y las tres situadas a su derecha, puesto que debido a la simetría de la pieza, las plantillas de las dovelas de la izquierda serían análogas a las obtenidas.

El dibujo de las plantillas se realiza, conforme al procedimiento habitual del autor, en una construcción gráfica independiente a modo de superficie desarrollada. En ella se aprecia con claridad que el autor ha determinado los vértices de las plantillas por el procedimiento de triangulación, hecho corroborado por las marcas de traza contenidas en el cuaderno. La acumulación de errores, debidos al grado de pericia del autor y al nivel de precisión de los instrumentos de dibujo utilizados, hace que en la construcción desarrollada, las aristas correspondientes a las testas en ambos dinteles, superior e inferior, aparezcan como líneas poligonales en lugar de manifestarse como líneas rectas.

El responsable del núcleo principal del cuaderno muestra que posee conocimientos en relación a la obtención de las plantillas, pero los aplica a modo de receta aprendida, sin reparar en las condiciones geométricas reales de la pieza, cuya superficie del intradós está limitada por dos dinteles horizontales y paralelos que conforman un plano, cuyo desarrollo, por tanto, debe quedar igualmente limitado por dos líneas paralelas.

La segunda traza análoga realizada por el mismo autor, el *capialçado a regla* (f. 18r.), está resuelta de un modo similar, con la adición de la obtención de las plantillas del salmer, que en este caso se dibuja a partir de la planta, y de las cuatro dovelas diferentes, dibujadas en desarrollo en construcción independiente. Entre ambas trazas median otras

tres, pero aunque en este caso la pieza está resuelta con mayor grado de precisión, el autor emplea nuevamente el procedimiento de triangulación, aunque en este caso lo aplica al conjunto de las plantillas de las cuatro dovelas consecutivas diferentes, pero sigue sin reparar en la solución inmediata mediante el trazado de líneas paralelas correspondientes a las aristas de embocadura.

El *Libro* de Vandelvira contiene varias trazas análogas (c. 1585, ff. 41r.; 44r.; 44v.), las denominadas *tronera a regla capialçada* (f. 41r.); el *capialçado a regla* (f. 44r.); y el *capialçado a regla despeçado* (f. 44v.). En las piezas con capialzo, el procedimiento para obtener el salmer es igual en ambos autores, pero respecto a las plantillas del intradós de la tronera, el modo en el que Vandelvira resuelve la pieza, demuestra que conoce a la perfección el hecho de que la superficie del intradós es un plano, cuando incluye el texto [...] *y para capialzar todas las plantas juntas [...]*⁴⁹⁹.

Por ello, obtiene la verdadera magnitud de la distancia entre los dos dinteles horizontales y traza en la planta dos líneas paralelas entre sí, la primera de las cuales es concurrente con la línea del trasdós del dintel inferior. A continuación divide ambas líneas en siete partes iguales y une entre sí las particiones de ambos dinteles con un grado de precisión muy superior al obtenido por el primer autor del cuaderno en sus dos versiones de la pieza. En el texto explicativo que acompaña la traza, Vandelvira hace referencia expresa al modo en el que se realiza la construcción gráfica.

Hay que poner de manifiesto nuevamente la circunstancia ya apuntada de la sorprendente igualdad que existe respecto de los capialzados adintelados del código y de Vandelvira, en la forma de dibujar las plantillas obtenidas, con especial incidencia en como se representa la zona correspondiente al batiente horizontal, con la prolongación de las aristas del intradós hasta la línea que define la embocadura, y en el posterior trazado de perpendiculares con la intención de reproducir el perímetro de la testa, así como en el modo de dibujar las saltarreglas [Fig. 772]. Estas coincidencias permiten descartar la mera casualidad y ponen de manifiesto, al menos el conocimiento de uno de los manuscritos por parte del autor del otro. Puesto que el resuelto con menor pericia es el del código, aparentemente éste correspondería a un momento previo respecto del de Vandelvira.

No parece una casualidad que el cuarto autor del código incorpore una de las dos trazas que añade, a la que se refiere como *arco adintelado y capialzado* (f. 13v.), a la izquierda de la traza de la tronera a regla realizada por el primer autor, en el folio vuelto

⁴⁹⁹ Texto contenido en Vandelvira (c.1585, f. 41r.), según transcripción de Barbe-Coquelin (1977, 1: 82).

anterior que había quedado en blanco, de tal modo que es posible la visualización simultánea de ambas trazas. El cuarto autor es consciente de la falta de precisión en la traza dibujada por el primero e intenta corregir los errores incorporando una traza similar a ella y análoga al capitalizado a regla.

El modo en el que está resuelta esta traza añadida con posterioridad es similar al utilizado por Vandelvira. Se obtiene la distancia entre ambos dinteles y se realiza un abatimiento del plano del intradós sobre la horizontal, con la posterior división de ambas rectas en partes iguales, correspondientes a las dovelas en las que se ha despiezado, cinco en este caso.

La construcción está realizada en dibujo independiente pero las líneas de los dinteles abatidos se han dibujado paralelas a la planta de la pieza. El texto de la explicación que acompaña la pieza muestra con claridad el conocimiento de la técnica de los abatimientos, describiendo la operación como *tender en el plano*: [...] *aora para la demostración de las dobelas tendidas en plano se ace de esta forma* [...].

No obstante comete también un error significativo en la obtención de los ángulos de las saltarreglas, al contemplar iguales las longitudes de intradós y trasdós de las aristas, hecho no compatible con las proyecciones de las dovelas dibujadas.

El tratamiento de los capitalizados manifiesta otro de los aspectos que inciden en la diferencia del nivel de conocimientos entre el autor del cuaderno y las soluciones del *Libro de trazas de cortes de piedras*. Generados por una directriz recta y una curva, o por dos directrices curvas, salvo casos concretos, presentan una superficie del intradós alabeada, lo que plantea significativas dificultades si se pretende realizar la labra de las piezas por el método de *plantas al justo*, a partir de la obtención de plantillas planas que difícilmente podrán ajustarse a la superficie alabeada. Vandelvira es conocedor de esta situación y por ello plantea el empleo del método de robos para la labra de las dovelas en los capitalizados⁵⁰⁰, justificando la inclusión de los dibujos de las plantillas planas como elementos auxiliares para la obtención de los ángulos correspondientes a las saltarreglas.

En ninguno de los capitalizados contenidos en el cuaderno aparecen referencias al empleo del método de robos ni se dibujan las proyecciones de los ortoedros envolventes de las dovelas, que sin embargo se trazan para las bóvedas de arista. Las piezas se

⁵⁰⁰ Vandelvira (c.1585, f. 46r.) explica como se debe abordar la labra de los capitalizados: [...] *Los capitalizados todos son por robos que aunque están aquí en los demás las plantas sacadas solo sirven para que por ellas se saquen las saltarreglas* [...], según transcripción de Barbe-Coquelin (1977, 1: 87).

intentan resolver de modo similar a los arcos y las troneras, mediante la obtención de las plantillas de las caras de las dovelas y los ángulos de las saltarreglas.

Este hecho plantea una cierta incertidumbre en relación a los conocimientos del autor de las trazas del cuaderno de cara al modo de abordar los problemas que plantea la labra de las caras de las piezas que poseen una superficie alabeada.

Se ha visto que existen numerosos elementos que evidencian las vinculaciones entre el contenido de las piezas de cantería del núcleo principal del cuaderno analizado y el *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira y que indican la existencia de una conexión entre ambos. La similitud de la apariencia de los dibujos, el criterio de ordenación de los grupos de piezas y su ascendente grado de dificultad dentro del grupo, la coincidencia de muchas de las piezas y el modo de realizar los despieces o los procedimientos empleados para la resolución de las trazas. El grado de conexión es elevado y evidente, por lo que resulta altamente improbable que al menos el autor de uno de ellos desconociera la existencia del otro.

Ahora bien, respecto a la cuestión de establecer la relación temporal entre ambos, de determinar cual de los dos es anterior, el análisis realizado muestra, como se ha comentado, que el autor del cuaderno posee un menor conocimiento de los recursos gráficos y geométricos, un inferior grado de pericia para resolver la obtención de las plantillas de las dovelas y un desconocimiento de los problemas de las superficies alabeadas frente a los mayores conocimientos manifestados por Vandelvira en sus trazas y textos.

Por otra parte, existen varios grupos de piezas significativas de la cantería que están recogidas con profusión en el *Libro* de Vandelvira y a las que no aparece, en el núcleo principal del código, ningún tipo de referencia. En concreto las escaleras de tramos o los caracoles, siendo el código el único de los tratados que los omite. Mención aparte merece la ausencia total en el cuaderno de un grupo de trazas que probablemente resulten las más significativas de la cantería renacentista hispana: las bóvedas de intradós esférico, consideradas por Vandelvira como *principio y dechado de las capillas romanas*, de las que aporta numerosos ejemplos. Las bóvedas contenidas en el cuaderno son de intradós cilíndrico, con el complemento de las bóvedas de nervios contenidas en la parte final.

Los datos aportados parecen confirmar la hipótesis según la cual el autor responsable de los contenidos del núcleo principal del código desconocería el *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira, lo que sitúa al contenido del núcleo

cuaderno como un antecedente al *Libro de Vandelvira* y no como un derivado posterior del mismo, como se había planteado inicialmente⁵⁰¹.

Las vinculaciones con Pedro de Alviz.

De las atribuciones que hasta el momento se habían realizado en cuanto a la autoría del cuaderno, la que ha resultado más consistente y considerada entre los investigadores en el campo de la cantería ha sido la realizada por Gómez Martínez (1998, 31-32), al cantero vizcaíno Pedro de Alviz. De hecho, el cuaderno ha sido denominado habitualmente como el *manuscrito de Pedro de Alviz*. La base de la atribución está en la inclusión en el cuaderno de las bóvedas de crucería, que como se ha visto, presentan coincidencia plena en su disposición de nervios con las trazadas por Alviz para la iglesia de Garcinarro.

La tipología de bóvedas con similares disposiciones de nervios, como resultado de la investigación realizada, puesto de manifiesto en un capítulo precedente, fue utilizada en diversas obras de la geografía hispana, con especial incidencia en los ámbitos geográficos de La Rioja y Cuenca. Se han encontrado algunos ejemplos de planta cuadrada cuya disposición de nervios es igual a la de la bóveda dibujada en el código (f. 29v.); entre ellas las que cubren los tramos de la nave de la iglesia parroquial de Nuestra Señora del Sagrario en Garcinarro (Cuenca). Sin embargo, respecto a la bóveda de planta perlongada (f. 28v.), las únicas bóvedas construidas localizadas que responden al mismo diseño del código son las existentes en todos los tramos de las naves laterales de la iglesia de Garcinarro, que constituye el único caso en el que se dan simultáneamente ambos tipos de bóvedas, confirmando la hipótesis de Gómez Martínez (1998, 31). Además, el levantamiento realizado y de las bóvedas de Garcinarro y su comparación con las dibujadas en el código han puesto de manifiesto la existencia de una vinculación muy directa entre ellas.

La única iglesia, de las investigadas, en la que se da una circunstancia similar, es la de la Natividad, también denominada de la Asunción, en Arenzana de Abajo, en la que intervinieron Juan Martínez de Mutio y Juan Pérez de Solarte, en torno a 1541 y con posterioridad los hijos de Juan: Juan Pérez de Solarte, responsable de la finalización de las naves en torno a 1561; y Martín Pérez de Solarte, que finalizó el coro alto en 1583. Las bóvedas que cubren los cuatro tramos de la nave central y la del sotocoro son coincidentes

⁵⁰¹ Barbé-Coquelin (1977, 29-30), mantenía este criterio, manifestado a partir de los estudios iniciales, sin los datos aportados por las posteriores investigaciones.

con la de planta cuadrada dibujada en el códice, aunque con la pequeña salvedad de la incorporación, en la que cubre el primer tramo, de dos combados adicionales en el perpiaño que la separa de la cabecera. Los tramos primero y segundo de las naves laterales poseen bóvedas rectangulares que son parecidas a la dibujada en el manuscrito, pero añaden en los lados cortos contraterceletes y claves adicionales [Fig. 756].

Aunque no se pueden descartar, en principio, vinculaciones del códice con cualquiera de los maestros responsables de alguna de las iglesias en las que se han localizado bóvedas iguales o similares a las dibujadas en él, dado además, que se ha puesto la existencia de una transferencia de conocimiento que conecta a muchos de sus artífices, la presencia como único ejemplo plenamente coincidente de la bóveda rectangular apunta, en principio, a una relación directa del códice con la iglesia de Garcinarro y por tanto con el responsable de su traza, Pedro de Alviz.

Gómez Martínez (1998, 31-32), deja abierta la posibilidad remota de que los dibujos de las bóvedas nervadas se incorporaran al cuaderno con posterioridad a 1545, año del fallecimiento de Alviz, por parte de Juanes de Andute o de otro de los maestros de cantería cuyo trabajo se realizó en el entorno conquense durante la primera mitad del siglo XVI y data el cuaderno en estas fechas.

Ahora bien, en el apartado correspondiente al estudio de los contenidos del cuaderno se ha defendido que los dibujos de las bóvedas fueron realizados por el mismo autor del cuerpo principal del mismo, fuera éste Alviz, Andute u otro maestro y no constituyen un añadido posterior de un autor diferente.

Con el fin de ratificar o rebatir, en su caso, la autoría directa de Alviz se han dirigido las investigaciones en dos líneas: La ampliación de los datos relativos a la construcción y a las características de las bóvedas de la parroquial de Nuestra Señora del Sagrario en Garcinarro, y la búsqueda de caligrafías manuscritas de Pedro de Alviz con el objeto de analizar su compatibilidad con las contenidas en el códice.

Fig. 756. Izquierda: Pedro de Alviz, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción); derecha: Juan Martínez de Mutio; Juan Pérez de Solarte y Juan Pérez de Solarte hijo, iglesia de la Natividad, Arenzana de Abajo, 1541-1561.

Rokiski (1985, 104-105), ha documentado los datos relativos a la iglesia de Garcinarro, de la que se sabe fue trazada por Pedro de Alviz, que se hizo cargo de las obras hasta los primeros días de octubre de 1545, fecha de su fallecimiento. Más de un año después, el 30 de diciembre de 1546, su viuda, Catalina López, traspasó la obra a Juanes de Andute, que había mantenido una colaboración con Alviz en el inicio de la construcción⁵⁰².

Se conocen varios documentos que indican la lentitud con la que se desarrollaron las obras. El primero de ellos, correspondiente al mes de marzo del año 1569, es un informe que realizó el provisor general del obispado, licenciado Hernández, que tras girar una visita de inspección a la parroquial escribe: [...] *la iglesia hazese de nuevo está echa la capilla delantera y lo demas se va haciendo* [...] ⁵⁰³.

Diez años después, el 31 de agosto de 1579, Pedro el Rojo y Juan de Palacios firman un contrato con unos vecinos de Garcinarro para llevar madera destinada a la construcción del templo⁵⁰⁴.

Otro documento, fechado el 13 de febrero de 1580, recoge una descripción del doctor Castañeda, que revela la situación de las obras en esa fecha, en la que la construcción de la iglesia aún no estaba finalizada:

[...] *La iglesia es de tres naves labrada de cantería a lo nuevo la capilla maior está cubierta con las dos colaterales de bóveda, el cuerpo de la iglesia está enrrasado para cubrirse a lo hecho. El concejo y vecinos mui bien porque alcançaron licencia de su magestad para que un prado suio se sembrare y gastare la renta de el en labrar la iglesia* [...] ⁵⁰⁵.

A la vista de la descripción cronológica del estado de las obras que aportan los documentos, teniendo en cuenta la fecha de su fallecimiento, en octubre de 1545, Pedro de Alviz no llegó a materializar en vida ninguna de las bóvedas de Garcinarro. A finales de 1569, habiendo transcurrido más de veinticuatro años desde su fecha de defunción, la única de las bóvedas construidas era la de planta perlongada que cubre la cabecera y después de transcurridos otros once años más, en 1580 se encontraban construidas las bóvedas situadas en el primer tramo: La de planta cuadrada correspondiente a la capilla mayor y las de planta perlongada que cubren las naves laterales.

⁵⁰² Rokiski (1985, 104-105), documenta los datos correspondientes a la realización de trazas, intervinientes y fechas de la construcción.

⁵⁰³ ADC, Curia Episcopal, 1569, 47, sin fol. (Documentos dados a conocer por Rokiski (1985, 212).

⁵⁰⁴ AHPC, Gabriel Valenzuela, 1579, 488, ff. 580-586.

⁵⁰⁵ ADC, Libro de Visitas, 1580, L202, f. 31. (Documentos dados a conocer por Rokiski (1985, 212).

La no concurrencia de Albiz con la construcción de las bóvedas abre nuevas abre nuevas líneas en la investigación de la autoría del cuaderno. Está documentado que la traza de Garcinarro fue realizada por Alviz y que Andute, su sucesor al frente de las obras, al parecer, la respetó, como indican algunos detalles puestos de manifiesto en el estudio de las bóvedas. Gómez Martínez (1998, 31), afirma que los diseños del código están tomados del proyecto de Alviz y que el hecho de que el diseño de la bóveda de planta cuadrada esté acompañado por el pitipié indica que no se trata de una receta abstracta sino de una traza operativa pensada para o debida a una obra real.

Además, el estudio pormenorizado de las trazas de las bóvedas de nervios contenidas en el código, y su comparación con incluidas en los diferentes tratados y manuscritos de cantería, y con las realizadas por maestros, destinadas a una edificación concreta, ha puesto de manifiesto que los dibujos del código, por sus características, son trazas destinadas a la construcción de bóvedas en una edificación determinada, y la iglesia de Garcinarro es la única localizada que contiene ambos modelos.

Los datos relacionados con su construcción, añaden nuevas incógnitas en relación a la autoría del manuscrito y su vinculación con Alviz. Puesto que fue él quien realizó la traza para la iglesia de Garcinarro en torno a 1544, el diseño de los tres modelos de bóvedas, aparentemente figuraría en dicha traza.

En la hipótesis de la autoría del cuaderno por parte de Alviz, cabe pensar que la inclusión de los diseños de crucería no fuera consecuencia de una intención constructiva inmediata, dada la lejanía temporal esperada para acometer su realización, sino causada por una incorporación de los diseños a su cuaderno de taller con la intención de dejar constancia del modo de construir las bóvedas, para posteriormente, en obra, trazar las correspondientes monteas ajustadas a las dimensiones reales resultantes del replanteo.

En esta línea, el dibujo inacabado de la bóveda de planta perlongada (f. 30v.), última de las trazas contenida en el núcleo principal del cuaderno, pudiera deberse a la coincidencia temporal con su fallecimiento, lo que dataría al núcleo del cuaderno con anterioridad a octubre de 1545 y resultaría acorde con su contenido respecto a las piezas de cantería, considerado, como se ha visto en el capítulo precedente, anterior a la aparición del *Libro* de Vandelvira.

La bóveda inacabada, pudiera corresponder, como se ha dicho anteriormente, con una idea inicial para la bóveda de la cabecera de la iglesia de Garcinarro, también de planta perlongada y que posee una disposición de nervios diferente a la de las naves colaterales,

en la que Alviz pensara en disponer una mayor profundidad y que finalmente se construyó con una dimensión menor. También podría responder al diseño para la bóveda del sotocoro, de dimensiones similares, que tampoco llegó a ejecutarse con crucería. Sin embargo, como suele ser habitual y así está documentado, la iglesia comenzó a construirse por la cabecera, siendo precisamente ésta la primera bóveda en ser ejecutada, por lo que resulta cuando menos extraño, que aparezca en el cuaderno en último lugar, aunque al no estar acabado el dibujo no es posible determinar si realmente sería coincidente con la cabecera construida.

Hay otra hipótesis más verosímil: en el capítulo correspondiente al análisis de las trazas, se ha apuntado varias veces, con ocasión de algunos de los detalles descubiertos en los dibujos o en los textos, la idea de que el código es una copia de un manuscrito anterior, como sucede con las que se conocen de los manuscritos de Vandelvira o Martínez de Aranda, cuyos originales se encuentran desaparecidos. En este caso, es posible pensar que el original contuviera finalizado el dibujo de la tercera bóveda y el autor de la copia, por alguna razón, no llegase a finalizarla, al igual que no están incorporados los textos de las trazas de cantería del cuerpo principal a partir del f. 8v.

Si por el contrario, los dibujos no son obra de Alviz, podrían haber sido realizados por su sucesor o sucesores al frente de las obras de la parroquia de Garcinarro, durante su construcción, en un periodo de tiempo comprendido entre 1545 y 1580, fecha en la que ya se encontraban construidas al menos una bóveda de cada tipo. Otra posibilidad sería la autoría de algún maestro cantero, de los que trabajaron contemporáneamente en el entorno conquense, que a partir del conocimiento de las bóvedas, ya construidas, las hubiera trazado en el cuaderno. En este caso, la datación habría que realizarla en un periodo cercano al año 1580, lo que implicaría una aproximación temporal a la aparición del tratado de Vandelvira, pero las características de los dibujos, como se ha comentado previamente no parecen corresponder a esta situación.

En lo referente al análisis de las caligrafías de Pedro de Alviz, gracias a la valiosa información aportada por Rokiski, se han podido localizar y obtener diversos documentos conservados en los archivos que contienen la firma manuscrita de Pedro de Alviz. Con el fin de apreciar posibles cambios en la caligrafía de las firmas, a lo largo del tiempo, se han

analizado documentos pertenecientes a distintos años del periodo en el que la presencia de Alviz está documentada en Cuenca⁵⁰⁶.

Entre los documentos disponibles, se han analizado un poder firmado el 17 de marzo de 1530, en calidad de administrador de los hijos de su difunto hermano Martín⁵⁰⁷; una carta de pago y finiquito otorgado el 21 de julio de 1531 al escribano público Gregorio del Castillo, en nombre de la mujer e hijos de su hermano Juan de Alviz⁵⁰⁸; una carta de obligación y fianza firmada el 26 de abril de 1533 como fiador del maestro de cantería Antonio Flórez⁵⁰⁹; un contrato firmado el 24 de agosto de 1535 comprometiéndose a ejecutar una obra en el palacio episcopal de Cuenca⁵¹⁰; un poder otorgado el día 5 de agosto de 1539 a procuradores para que se encarguen del pleito que tiene contra el prior del monasterio de San Pablo y contra Juan del Pozo⁵¹¹; y por último su testamento realizado el día 28 de septiembre de 1545 solo unos días antes de su fallecimiento⁵¹².

La caligrafía es uniforme en todos ellos, sin apreciables cambios en su firma, con excepción del testamento, realizada unos días antes de su fallecimiento, en el que se aprecia la letra temblorosa como consecuencia de la enfermedad. Si bien en algunos casos la información de la firma podría no resultar suficiente para determinar las características de la caligrafía de una persona, la comparación de las firmas, con la escritura que aparece en el cuerpo principal del manuscrito, muestra diferencias significativas entre ambas.

En la firma, las letras aparecen todas enlazadas en cada palabra, con excepción de la "z" final; la "P" tiene forma de lazo con doble bucle; la "i" es baja con un largo caído rectilíneo; la "d" es de doble ojo con el bucle inferior tendente a quedar abierto; la "r" es cruciforme; y el caído de la "z" es alargado. En el código los enlaces tienden a ser de dos o tres letras, no de toda la palabra; la "P" no aparece ligada, es capital, con arco superior prolongado por la izquierda, y presenta un caído largo oblicuo que acaba en refuerzo fuerte que tiende a ser ascendente; la "i" es corta y punteada; la "d" tiende a cerrar el bucle inferior; la "r" es redonda, de martillete; y la "z" tiene un caído más redondeado [Fig. 757].

⁵⁰⁶ Rokiski (1985) incorpora en su tesis doctoral una completa recopilación de las referencias documentales contenidas en los archivos, que documentan las noticias existentes en ellos en relación a los canteros y maestros de cantería que trabajaron en Cuenca durante el siglo XVI, y en particular de Pedro de Alviz.

⁵⁰⁷ AHPC, Protocolos Notariales, 1530, P-96, f. 236.

⁵⁰⁸ AHPC, Protocolos Notariales, 1531, P-98, f. 539v.

⁵⁰⁹ AHPC, Protocolos Notariales, 1533, P-19, f. 503.

⁵¹⁰ AHPC, Protocolos Notariales, 1535, P-185, ff. 335-337.

⁵¹¹ AHPC, Protocolos Notariales, 1539, P-115, f. 296.

⁵¹² AHPC, Protocolos Notariales, 1545, P-203, ff. 558-573.

Las notables diferencias encontradas en el estudio comparativo realizado a partir de las caligrafías contenidas en los documentos analizados permiten descartar que el códice esté manuscrito por Pedro de Alviz.

Parece que descartada o cuestionada la autoría directa manuscrita de Alviz y dado que los elementos más significativos contenidos en el cuaderno, que pueden aportar datos para su ubicación geográfica y temporal, son los dibujos de las bóvedas de crucería, es necesario dirigir las investigaciones, por una parte, a los maestros que mantuvieron algún tipo de relación con el propio Alviz, y por otra, a los responsables de la construcción de bóvedas similares, enumeradas en el capítulo precedente, que fueron construidas el periodo temporal aproximado entre 1538 y 1580.

Fig. 757. De izquierda a derecha y de arriba abajo, firmas realizadas por Pedro de Alviz en los años 1533, 1531, 1539 y 1545 (correspondiente a su testamento), AHPC, Protocolos Notariales.

Las conexiones entre Pedro de Alviz, Francisco de Luna y los Vandelvira

El hecho de que aparentemente el cuaderno manuscrito no esté realizado directamente por la mano de Alviz no implica que por ello, su contenido no posea una estrecha vinculación con él a través de los dibujos de las bóvedas de nervios. Por otra parte, ya se ha mencionado la vinculación, especialmente de las trazas de cantería, con el *Libro* de Vandelvira.

Por ello se ha procedido a estudiar las relaciones existentes entre Pedro de Alviz y los canteros que pudieron trabajar en su entorno, con las figuras de Andrés de Vandelvira

y su hijo, Alonso. El personaje a través del que se manifiesta uno de los nexos fundamentales es Francisco de Luna, suegro de Andrés de Vandelvira, cuya presencia y actividad profesional como maestro de cantería está documentada en Cuenca y Ciudad Real a partir del segundo cuarto del siglo, hasta la fecha de su fallecimiento, que tuvo lugar en el año 1551, contemporáneamente con la presencia de Alviz en la zona, entre el año 1525 y la fecha de su fallecimiento, en 1545⁵¹³.

La figura de Luna fue una de las más representativas de la arquitectura del s. XVI conquense, con influencias de los ámbitos toledano, burgalés y seguntino, especialmente de la obra de Alonso de Covarrubias, tal y como apunta Rokiski (1985, 116), que indica que su formación teórica y práctica debió ser superior a la del resto de canteros, dándose la circunstancia de que hace referencia a un tratado de arquitectura: conocía y manejaba el de Sagredo (1526).

Desempeñó el cargo de maestro mayor de las obras de la Catedral de Cuenca, para el que fue nombrado en 1527, y de las obras del convento de Uclés, a partir de 1529, en el que construyó las mencionadas bóvedas de la sacristía y el tesoro, que estaban finalizadas en 1538, tomando el modelo que los Alviz habían traído del ámbito riojano.

Son varias las actuaciones profesionales documentadas en las que confluyeron las figuras de Francisco de Luna y Pedro de Alviz, bien trabajando conjuntamente, bien de modo sucesivo⁵¹⁴. En cualquier caso parece clara la existencia de un continuo contacto entre ambos. Entre los trabajos en los que coincidieron se encuentran documentados: La capilla para Ana Condulmario en la Catedral de Cuenca, para la que Luna y Antonio Flórez habían realizado la traza y que Alviz se compromete a realizar según dicha traza, en 1532; la inspección del puente del Canto realizada por Luna y Alviz por encargo del Concejo de Cuenca; también realizaron conjuntamente ambos, con Juan de Tiedra, la tasación de la obra que Sebastián de Arnani había construido en la iglesia de la Santa Cruz de Cuenca; y la tasación realizada por Luna, Flórez, Diego de Tiedra y Rodrigo Vélez de la obra que Alviz realizó en el convento de San Pablo de Cuenca. Además, Luna realizó en 1538 la tasación de obra realizada en el mismo convento de San Pablo de Cuenca, por Pedro de Alviz junto a su hermano Juan⁵¹⁵.

⁵¹³ Rokiski (1985, 116).

⁵¹⁴ Rokiski (1985, 118-128), recoge las diversas actuaciones profesionales documentadas en las que Alviz coincidió con Luna y su entorno.

⁵¹⁵ Llaguno (1829, I: 166).

El caso más significativo, por su relación con los contenidos del cuaderno, es el relativo a las obras que Pedro de Alviz había realizado en la cabecera de la iglesia de San Nicolás de Bari en Priego⁵¹⁶. Alviz demandó el 26 de abril de 1542 al inquisidor y vicario general del Obispado de Cuenca, el licenciado Góngora para que se le pagara lo adeudado por la obra realizada en la iglesia. Para realizar la tasación de lo construido, fueron nombrados los maestros de cantería Pedro de Loydi, por parte de la iglesia, y Juan Zuri de Obieta, por parte de Alviz. Al no llegar a un acuerdo, se llamó como tercer tasador a Juan Flores. Ante la negativa del mayordomo a pagar a Alviz, alegando que no había cumplido la condición de levantar una torre, el 17 de febrero de 1543, el obispado nombró a Francisco de Luna para que tasase de nuevo la obra.

La bóveda que cubre la cabecera de Priego es de diseño muy similar a la de Garcinarro y por tanto a la contenida en el código. Para realizar la tasación, Luna realizó las trazas de lo construido, en unos magníficos dibujos, realizados con gran precisión, que ya han sido comentados previamente, de gran interés, por tratarse de uno de los pocos ejemplos conocidos de trazas de edificios del XVI conquense.

Luna demuestra sus grandes conocimientos teóricos y prácticos de cantería al obtener las verdaderas magnitudes de la totalidad de los nervios de la bóveda para proceder a su tasación. En el texto que acompaña a los dibujos, hace mención al conocimiento del tratado de Sagredo (1526) mostrado por Alviz, al realizar las cornisas conforme a las medidas y proporciones del perfil del rostro humano contenidas en las *Medidas del Romano*.

En cuanto a la presencia de Andrés de Vandelvira en Cuenca, investigada por Rokiski, se sabe de sus comienzos profesionales en el monasterio de Uclés, junto a su suegro, Francisco de Luna, que como ya se ha mencionado, era el maestro mayor de las obras. La mayoría de los investigadores coinciden en la opinión de que la formación inicial de Vandelvira tuvo lugar bajo el auspicio del que a la postre sería su suegro, Francisco de Luna, con una especial significación en relación a las obras de Ucles⁵¹⁷, donde su

⁵¹⁶ Rokiski (1980, 27-34), aporta todos los detalles relacionados con el proceso, las tasaciones realizadas y el trabajo realizado por Francisco de Luna.

⁵¹⁷ Chueca, [1953] 1995, 73), lo sitúa trabajando en Uclés en 1530; Rokiski (1989, 290-292; 2005, 109), documenta los datos relativos a las presencia en la provincia de Cuenca de Andrés de Vandelvira y a su actuación profesional, así como de los trabajos realizados en colaboración con otros maestros, incidiendo en su colaboración con Luna en la fachada de Uclés; Galera (2000, 9-11), también se refiere a su iniciación profesional en el taller de Francisco de Luna. Herrera y Zapata (2005, 44-51), citan al aprendizaje de Vandelvira con su suegro Francisco de Luna, pero se hacen eco de la breve estancia de Vandelvira en Uclés en la primera fase de su intervención, por lo que la formación básica ya se habría producido con anterioridad a las obras del monasterio. Pretel (2005, 73), apunta a la precocidad respecto al aprendizaje de Vandelvira, que ya en 1527 tiene un importante número de contratas.

intervención en Uclés se prolongó en el tiempo, pues se sabe de su actuación aun en el año 1545. Su parentesco con Luna y sus relaciones profesionales evidencian que sería partícipe de sus conocimientos, compartidos igualmente con Alviz.

Una obra en la que intervinieron las tres figuras: Luna, Vandelvira y Alviz, es el puente de San Pablo, construido cerca del Palacio Episcopal de Cuenca, en el que los dos primeros habían realizado la traza y que posteriormente fue reedificado por Alviz. En otro puente, el de piedra situado en la hoz del Huécar, cuya construcción había sido comenzada por Luna entre los años 1520 y 1530 y que tras su fallecimiento en 1551 quedó paralizada, Vandelvira asumió la reanudación de las obras en el año 1560. Otro trabajo documentado en la zona, en el que intervino Andrés de Vandelvira es la valoración, realizada conjuntamente en 1547 con Cristóbal Flórez, de la torre de la iglesia de Montalbanejo. Se le atribuyen el diseño de la traza para el edificio del ayuntamiento de San Clemente, en 1554, y la portada de una capilla en la Catedral de Cuenca, la del Arcipreste Barba, en 1568 (Chueca, [1953] 1995, 270).

Andrés de Vandelvira debió gozar de un importante prestigio profesional en Cuenca, como indica el hecho de que fuera nombrado maestro mayor de obras de cantería de la Catedral de Cuenca en el periodo comprendido entre 1560 y 1567, a pesar de que en esos años desarrollaba su principal actividad profesional en la zona de Jaén, por lo que no se le impuso obligación de residir en Cuenca. Se sabe que en esos años, el obispo Fray Bernardo de Fresneda lo llamó para encargarle las trazas del claustro de la Catedral, pero no se tiene constancia de que finalmente llegara a realizarlas.

La figura de Vandelvira y su obra en Úbeda, Baeza o Jaén es el nexo de unión entre los maestros canteros que trabajaron durante el XVI en el entorno de Cuenca y el ámbito jienense. También se debe a Luna y Vandelvira la llegada a Cuenca para realizar la portada del claustro de la Catedral, del francés Esteban Jamete, que había colaborado con Vandelvira en la iglesia de San Salvador de Úbeda y finalmente sería uno de los artistas más representativos del s. XVI en Cuenca y transmisor de las ideas del Renacimiento francés.

El caso de la iglesia parroquial de Santiago en San Clemente aporta interesante información en relación a la disposición de los maestros del s. XVI conquense para abandonar las tradiciones constructivas góticas. Las obras habían estado paralizadas y

Ruiz Calvente (2005) también se refiere a la formación de Vandelvira en el taller de Luna y recoge datos en relación a diversas intervenciones profesionales en las que participaron ambos.

para su reanudación se encargó la elaboración de la traza a Andrés de Vandelvira, que planteó la cubrición del crucero con una cúpula, y del resto de los tramos de las naves con bóvedas baídas, según los nuevos modelos renacentistas⁵¹⁸.

El Concejo de San Clemente no debió quedar convencido de las propuestas de Vandelvira y en 1554 solicitó a varios maestros que manifestaran su parecer al respecto de la traza propuesta por él. La opinión recibida por parte de los maestros fue coincidente y contraria a la aceptación de los nuevos modelos. Martín de Zabilde y Juan Gutiérrez de la Hozaja manifestaron su preferencia por los basamentos góticos:

*[...] en quanto a los pilares que fuera de la cabeçera estan por elegir es nuestro paresçer que los basamentos romanos ocupan mas que los modernos que estan elegidos[...]*⁵¹⁹.

La respuesta de Juanes de Andute, en la misma dirección, hacía referencia directa al planteamiento respecto a las bóvedas:

*[...] hallo que con la traça y orden que agora lleva ocuparan mucho los pilares torales que se an de levantar mi pareçer es que se quitase la costa de los artesones y que se hiziese de buena cruçería y sus buenos conbados y la predentería de ladrillo y de yeso desta manera se quitará mucha costa y será la obra muy segura porque haciendose de artesones se levantara por ençima de los harcos[...]*⁵²⁰.

Estas palabras tienen un doble interés: por una parte confirman la preferencia de los maestros de cantería del XVI a seguir con la tradición de las bóvedas de nervios frente a las nuevas bóvedas esféricas, razón por la que se continuaron construyendo hasta el último cuarto del siglo y que podría justificar que en el cuaderno estudiado se dibujen las bóvedas nervadas y no figure ningún ejemplo de bóveda con intradós esférico; por otra parte, el hecho de que sea Andute el que manifiesta tal opinión, unido a su intervención en las obras de la iglesia de Garcinarro, lo podría situar en el entorno de la autoría del cuaderno. De cara a una posible confirmación, se ha localizado el documento original correspondiente al informe de andute en el archivo de San Clemente. El informe realizado de su puño y letra posee una caligrafía claramente diferente de las existentes en el códice, lo que permite descartar también su autoría directa manuscrita [Fig. 758].

⁵¹⁸ Los datos relacionados con la propuesta de Vandelvira están recogidos en Rokiski (1985, 292-294). En relación a la construcción de la iglesia, ver también Jiménez Hortelano (2013, 19-29).

⁵¹⁹ AMSC, Leg. 1/19, doc. 162. Documento dado a conocer y transcrito por Torrente (1975, I: 377).

⁵²⁰ AMSC, Leg. 3/3, doc. 162. Documento dado a conocer y transcrito por Torrente (1975, I: 375-376).

Fig. 758. Juanes de Andute, Informe manuscrito, AMSC, leg. 3/2, doc. 163, 1554

Se puede hablar, por tanto, de una línea de conocimiento común, de la que los principales artífices son Pedro de Alviz, que se habría formado en el seno familiar antes de su llegada a Cuenca; y Francisco de Luna, que habría tomado de Alviz el empleo de los tipos concretos de bóveda. En esta línea se insertaría Andrés de Vandelvira, que como opina Gómez Martínez (1998, 32) aprendió buena parte de sus conocimientos estereotómicos durante su etapa conquense, que enriqueció posteriormente en su etapa andaluza. En efecto, Alviz y Luna habrían sido parte importante en esta transmisión de conocimientos, que se haría igualmente extensiva a otros maestros coetáneos de la zona.

Esto resulta coherente con la hipótesis de la autoría del manuscrito en el círculo de Alviz. Andrés de Vandelvira lo habría conocido y en su etapa posterior habría mejorado y perfeccionado muchas de las soluciones que hubiera conocido durante su primera formación. Ese contacto explicaría las manifiestas vinculaciones de forma y fondo existentes entre las trazas del código y el cuerpo de conocimiento que años después aparecería en el *Libro de trazas de cortes de piedras* de Alonso de Vandelvira, en el que quedan recogidos en gran parte los conocimientos de su padre, Andrés.

Ello permite reforzar la hipótesis de su autoría por parte de alguno de los maestros de cantería, partícipes de dicho conocimiento común, cuyo trabajo se desarrolló en el ámbito de Cuenca de modo contemporáneo con la presencia de los Vandelvira, y datar sus contenidos en torno a 1544, anterior a la publicación del *Libro* de Alonso y la circulación de copias del mismo por los círculos profesionales canteriles, que se produjo en la penúltima década del siglo XVI⁵²¹.

⁵²¹ En relación a las fechas en las que se redactó el *Libro de trazas*, ver Barbé-Coquelin (1977, 19-20).

Las conexiones con otros maestros de cantería

Con el fin de determinar las personas que pudieran haber estado vinculadas con la autoría del cuaderno, además de los ya mencionados Andute o Jamete, se han investigado aquellos que tuvieron una relación directa con Luna, Vandelvira y Alviz así como los relacionados con la construcción de bóvedas nervadas de similar disposición a las dibujadas en el cuaderno, en el ámbito conquense. En el entorno familiar de Alviz su hermano Juan trabajó con él en sus primeros años en Cuenca, pero su fallecimiento en 1531 lo descarta de la autoría.

Respecto de otros maestros que trabajaron con Alviz⁵²², se han investigado en los archivos los documentos que pudieran contener datos manuscritos con su escritura. Los protocolos notariales han permitido disponer de las firmas de muchos de ellos: La de Antonio Flórez, con el que Alviz realizó conjuntamente tasaciones, aparece en una carta de obligación y fianza firmada el 26 de abril de 1533 en la que Alviz figura como fiador del maestro de cantería Antonio Flórez; la de Diego de Tiedra, que también realizó tasaciones con Alviz, en un poder firmado el 17 de febrero de 1545 a procuradores para que se ocupen de los pleitos que tiene con Alonso de Cuevasrrubias; de Gil Martínez Parejano, como testigo en el testamento de Juan de Alviz el 24 de agosto de 1536; de Pedro de Castañeda, del que Alviz fue fiador, en un compromiso de pago por el alquiler de una casa, el 1 de octubre de 1535; de Esteban Jamete, en una carta de obligación firmada el 30 de septiembre de 1547, comprometiéndose a proseguir la capilla de don Francisco de Mendoza en la Catedral de Cuenca; de Adrián de Plazencia, en una carta de obligación firmada el 10 de noviembre de 1539; y de Francisco de Goycoa, en el documento firmado el 21 de octubre de 1568, por el que se compromete a enseñar a Bartolomé de Anchía *e/ oficio y arte de arquitectura* durante cinco años⁵²³.

Otros dos maestros que también quedarían descartados de la autoría, pues no sabían escribir son: Juanes de Antuny, interviniente en la iglesia de Pareja, y Sebastián de Arnani, que colaboró en la iglesia de San Andrés.

⁵²² Datos extraídos de la completa recopilación de referencias documentales realizada por Rokiski (1985; 1989). La autora refiere en relación a la preparación de los artífices canteros que la mayoría no sabían escribir, como los casos de Sebastián de Arnani y Miguel de Gorgoza.

⁵²³ AHPC, Protocolos Notariales, 1533, P-19, f.503; 1545, P-220, f.220; 1536, P-30, ff.383-384; 1535, P-122, f 21; 1547, P-208, ff 298-300; 1539, P-214, f 413; 1568, P-322, ff.166-168, respectivamente.

También es conocida la firma de Andrés de Vandelvira y un texto manuscrito de su hijo Alonso. En el caso de Francisco de Luna su caligrafía figura en la tasación realizada de la cabecera de la iglesia de Priego⁵²⁴.

En los casos relacionados en los que se han podido localizar documentos manuscritos de los maestros de cantería, las características de las caligrafías difieren de las contenidas en el código, por lo que, a falta de disponer de textos más amplios que permitan realizar un estudio paleográfico, en principio, no es posible atribuir a ninguno de ellos la autoría manuscrita directa del cuaderno.

Cabría pensar en otros maestros que pudieran estar relacionados, como es el caso de Martín López de Urquizu, responsable de la traza de la iglesia de la Asunción en Cuevas de Velasco, en la que proyectó bóvedas nervadas similares a las del cuaderno, pero correspondiente a una fecha posterior, en torno a 1580, o del que fue designado por Alviz para realizar la tasación de la cabecera de Priego, Juan Zuri de Obieta, aunque parece ser esa la única relación que tuvo con Alviz.

Existen otros nombres de canteros que trabajaron con él, como su sobrino Juan Ortiz de Olaeta, Juan de Villabona y los hermanos Pedro y Miguel de Gogorza, que tampoco sabía escribir, pero en relación a una posible autoría, parece poco probable por el hecho de que ninguno de ellos figure mencionado como maestro de cantería.

En el caso de otro de sus sobrinos, también cantero que trabajó con él, de Pedro de Zarra, está documentada una relación más directa con los hermanos Alviz; firma como testigo en el testamento de Juan de Alviz el 24 de agosto de 1536⁵²⁵, y en varias ocasiones, Pedro le otorga poderes para que se encargue de llevar en su nombre diversos pleitos o cobrar deudas pendientes. Pedro de Zarra fue además continuador de una línea de canteros en la que uno de sus hijos, llamado igual que él, alcanzó el nivel de maestro cantero, por lo que no puede eliminarse la posibilidad de que dicha línea fuese transmisora de los conocimientos de cantería de Alviz⁵²⁶.

Como se ha visto, el contenido gráfico del cuerpo principal del manuscrito se correspondería temporalmente con el nivel de conocimientos de mediados del siglo XVI, y puede considerarse como anterior al *Libro de trazas de cortes de piedra* de Alonso de

⁵²⁴ Para los Vandelvira, Ruiz Fuentes (2005, 133-142); Para Francisco de Luna, Rokiski (1980, 32-34).

⁵²⁵ AHPC, Protocolos Notariales, 1536, P-30, ff.383-384.

⁵²⁶ Los datos de los canteros mencionados están recogidos por Rokiski (1985, 112-115; 1989, 318-320).

Vandelvira, y su ubicación física correspondería al círculo de los canteros que trabajaron en el entorno conquense.

El estudio comparativo de las caligrafías localizadas con las contenidas en el cuaderno ha permitido descartar su autoría manuscrita en relación con las atribuciones que hasta el momento se habían realizado a Alonso de Vandelvira, Felipe Lázaro de Goiti o Pedro de Alviz, y no se han encontrado coincidencias que posibiliten la atribución directa a maestros canteros de su entorno.

Expertos en Paleografía consultados en relación a la posible datación de las caligrafías del autor principal del cuaderno han manifestado su opinión en el sentido de que dichas caligrafías corresponden probablemente a una fecha posterior⁵²⁷.

Se plantea, por tanto, la existencia de un anacronismo entre los contenidos y las caligrafías del cuaderno manuscrito, lo que permite reforzar la hipótesis, ya planteada previamente, de que el códice podría tratarse de una copia posterior de un un cuaderno o *cartilla de aprendizaje*, de las que disponían los talleres de los maestros canteros, destinadas a un fin didáctico para la enseñanza de las trazas a los aprendices, con las características apuntadas por Bonet Correa (1989, 35-37), de uso interno del taller, cuyos dibujos y textos serían objeto de transcripción y copia, cuya propiedad sería objeto de herencia a familiares o discípulos del autor.

Puesto que era habitual que los testamentos de la época incluyeran un inventario más o menos exhaustivo de las pertenencias del testador, para comprobar la posible referencia de Pedro de Alviz a la existencia de algún manuscrito, o al contenido de sus pertenencias relacionadas con la cantería, se ha investigado su testamento, tanto en el documento original⁵²⁸, como en la transcripción realizada por Rokiski (1988, VI: 268-283). En él se hace referencia a un libro, pero se trata del libro de cuentas en el que Alviz reflejaría la situación de cobros, pagos y deudas, sin que se haga una mención detallada de sus pertenencias muebles o ajuar. Únicamente aparecen algunas referencias a prendas de ropa que desea legar a personas concretas, nombrando herederos a su esposa e hijos (las hijas legítimas y su hijo bastardo, Pedro):

[...] *dexo por mis universales herederos en todos mis bienes ansí
muebles como rayces e derechos e acciones que en cualquier manera me*

⁵²⁷ En este sentido, ha sido de gran ayuda las opiniones del profesor de la Universidad de Murcia, Domingo Beltrán Corbalán, experto en Paleografía, en relación a las cuestiones paleográficas.

⁵²⁸ AHPC, Protocolos Notariales, 1545, P-203, ff. 558-573.

*pertenecen al dicho Pedro de Alviz, mi hijo, e Gerónima Dalvis e Elvira e Catalina e María, mis hijos e hijas, e de la dicha Catalina López, mi mujer, para que los partan por yguales partes sacado los bienes del dicho patronazgo, como dicho es*⁵²⁹[...]

En la mención que se hace respecto a las cuentas pendientes con colaboradores que hubieran trabajado con él, da las instrucciones para que se les paguen las cantidades monetarias que se les adeudan, pero en ningún caso se refiere a una posible transmisión de instrumentos o herramientas materiales. Entre los incluidos en las cuentas, tampoco figura Juanes de Andute. Por tanto, o el propio Alviz, consciente de su situación, pues realizó el testamento poco antes de fallecer, legó a algún familiar o colaborador sus pertenencias e instrumentos relacionados con el taller de cantería, o bien serían a posteriori sus herederos los encargados de la transmisión.

El cuaderno en su origen habría sido elaborado por Pedro de Alviz o por alguno de los maestros canteros de su entorno. Su estructura responde a estas características y habría mantenido, a pesar del tiempo transcurrido entre el posible original y la copia, su vigencia como elemento de aprendizaje, como prueba el contenido del contrato al que nos hemos referido con anterioridad, firmado entre el maestro de cantería, Juan de Aranda Salazar, sobrino de Ginés Martínez de Aranda, y Juan Roldán, aprendiz de arquitectura, que muestra que a mediados del siglo XVII la enseñanza del arte de la cantería seguía basándose en el aprendizaje, entre otras, de bóvedas, pechinas, arcos y capialzados, piezas contenidas en el cuaderno⁵³⁰.

⁵²⁹ Transcripción de Rokiski (1988, VI: 283).

⁵³⁰ AHPJ, Protocolos Notariales, 1640, leg. 1443, ff. 327v-328. Documentos dados a conocer por Galiano (2007, 369).

CONCLUSIONES

El manuscrito ofrece al lector una impresión inicial de ser un documento en el que se han ido incluyendo de manera desordenada y aleatoria una serie de dibujos y textos sin un criterio previo. Sin embargo, su estudio pormenorizado ha permitido establecer una estructura clara en la que concurre la presencia de cuatro bloques claramente diferenciados, realizados a su vez por cuatro diferentes autores.

El primero de ellos es el que constituye el núcleo principal y consta de un conjunto de piezas de cantería claramente estructurado por capítulos, en el que se van sucediendo trazas de pechinas, (con dos unidades); arcos (de los que se presentan seis diferentes); una decenda de cava; troneras (una adintelada y una alabeada); capialzados (en cinco variantes); bóvedas de intradós cilíndrico (alternando cuatro modelos de rincón y tres de arista); y un capítulo final destinado a las bóvedas nervadas, con un ejemplo de planta cuadrada y dos de planta perlongada (uno de ellos inacabado). La uniformidad en el grafismo de los trazos de los dibujos y de las caligrafías permite establecer una única autoría para todo el conjunto, con especial incidencia en la inclusión de las bóvedas nervadas, cuya pertenencia al bloque había sido puesta en duda.

Un segundo bloque, realizado a continuación del anterior, pues ocupa las dos caras del último folio, corresponde a los dibujos del alzado del fuste de una columna salomónica y a dos figuras que representan la transformación geométrica de un semicírculo en una semielipse conjugada, con características de un trazado de menor calidad y una caligrafía diferente, obra de un segundo autor.

El tercer bloque lo integran dos dibujos de alzados del orden toscano, el segundo de ellos inacabado, de una notable calidad, con una caligrafía claramente diferente de las anteriores, realizada por un tercer autor, copiados de la edición de la traducción castellana de las *Regola delli cinque ordini d'Architettura* de Vignola, publicada en 1593 por Patricio Caxesi, fecha *post quem* de su incorporación al manuscrito, en los dos primeros folios que dejó en blanco el primer autor, entre los capítulos de las pechinas y los arcos. La datación de estos dibujos es posterior a la del segundo bloque, pues si el autor del alzado del fuste salomónico hubiera conocido las *Regola*, no habría empleado un procedimiento tan rudimentario y poco preciso para dibujar las hélices de las espiras, frente al método mucho más evolucionado contenido en ellas. Las copias presentan un carácter aislado y no se aprecia un intento de realizar una copia completa del *Vignola* ni de imitar sus caligrafías.

Fig. 759. Alzado del orden toscano, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, f. 4r.

Fig. 760. Barozzio de Vignola, *Regola delli cinque ordini d'Architettura*, [1562] 1593.

El cuarto y último bloque lo componen dos trazas de cantería, un capitalizado adintelado y un arco abocinado, de trazo más preciso y diferente caligrafía a los anteriores, incorporados por un cuarto autor en folios vueltos y zonas del papel que quedaron en blanco junto a las piezas similares del bloque principal.

Se manifiesta la presencia de otras tres manos que añadieron en fechas posteriores la numeración de los folios y las inscripciones de la cubierta y su guarda, pero cuya relación tiene que ver más con su tenencia y conservación que con sus contenidos.

El núcleo principal obedece a una estructura clara, que se manifiesta en las primeras piezas, en la que cada pieza se organiza para que con el cuaderno abierto, el lector disponga de modo simultáneo del dibujo de la traza, que se coloca en la parte derecha, en el recto de los folios, y del texto que describe su ejecución y solución, escrito en la parte izquierda, que corresponde al vuelto del folio anterior [Fig. 761].

El manuscrito está conformado por seis cuadernillos, un duerno (el primero) y cinco ternos, de los que se conservan 31 de los 34 folios que lo integraron inicialmente, pues se

Sus contenidos fueron añadidos con posterioridad a la encuadernación, como se desprende de los casos en los que las líneas dibujadas en un folio invaden el folio contiguo, perteneciente a un diferente bifolio, o del hecho de que las incisiones de las puntas del compás atraviesen, además del folio en el que se realiza el dibujo, uno o más de los folios situados bajo él.

Los resultados que se desprenden del análisis de las tintas empleadas en los dibujos y en los textos indican que el cuaderno no se completó de una manera correlativa desde el inicio hasta el final, sino en varias fases. Con carácter general, en un primer momento, se realizaron los dibujos de las trazas, tanto de las plantas y elevaciones como de las plantillas obtenidas de cara a su labra, incluyendo, en su caso, la numeración de las dovelas; en un segundo momento, se añadieron con una tinta diferente los títulos, que aparecen de

forma continua desde el inicio hasta el *capialçado a regla* (f. 18r.), tras el que solo aparece titulado el *rincón de claustro en viaje* (f. 22r.); y en la tercera fase se incorporaron con una nueva tinta, los textos descriptivos, a la vez que se añadió sobre los dibujos la notación en los vértices a los que se refiere el texto, y se procedió a completarlos con elementos considerados necesarios y que no habían sido reflejados inicialmente, como ocurre con las líneas auxiliares de la *bentana enbozinada* (f. 6r.). La incorporación de los textos se interrumpió en el *arco que llaman de talus* (f. 9r.), tras el que no vuelven a aparecer textos descriptivos en el bloque principal.

Además de las circunstancias, relacionadas con el proceso de incorporación de los contenidos, se han detectado diversas incidencias en los textos y los dibujos que indican que, al menos el bloque principal del manuscrito estudiado, corresponde a una copia posterior de otro previo. Entre ellas, tachaduras que tratan de enmendar errores en la transcripción; textos que aparecen incorporados al margen o entre renglones, que habían sido omitidos en la copia dejando sin sentido o con significado equívoco la frase inicialmente copiada; omisión de líneas de escritura completas; sobrescrituras que tratan de enmendar frases mal copiadas; discrepancias entre el dibujo y el texto respecto a la notación de los vértices, o errores de dibujo que se pueden achacar al proceso de copia [Fig. 762].

Fig. 762. Fragmento del texto, *pechina en biaje*, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 2v.

El manuscrito responde a un carácter eminentemente práctico, aporta explicaciones pensadas para el trazado de las monteas a tamaño natural en la obra, pero sin embargo, en los dibujos busca una solución fácil, como es el caso del trazado de las elipses, en las que se explica el procedimiento para obtener los puntos de paso de las curvas por doble afinidad, pero a la hora de dibujarlas son sustituidas por arcos de circunferencia rebajados

o curvas trazadas con dos o tres arcos de círculo que no siempre pasan por los puntos obtenidos.

Contiene un repertorio de piezas de cantería, organizadas por familias o capítulos, dentro de los que se da un orden creciente de dificultad en las trazas expuestas, con una información de carácter eminentemente gráfico, acompañada de textos escuetos, con un fin didáctico, cuyos contenidos se corresponden con los de un cuaderno del taller o cartilla de aprendizaje, en la que figuran las trazas que el maestro de cantería se compromete a enseñar al aspirante, cuya relación específica habitualmente queda reflejada en el contrato de aprendizaje firmado por ambas partes. Estos cuadernos eran objeto de copias por parte de sus discípulos y valioso objeto de transmisión a la siguiente generación, y se iban completando con los añadidos e incorporaciones, de la mano de los nuevos poseedores.

El autor hace una clara distinción respecto a los métodos de labra que emplea para cada pieza, aplicando el mismo para todas las piezas contempladas dentro de cada capítulo. Para los primeros, correspondientes a las pechinas, los arcos, la decenda de cava, las troneras y los capialzados, plantea sin excepción un método de labra por *plantas al justo*. En las piezas en las que no existe alabeo en las caras de las dovelas, la determinación de las plantillas necesarias para su labra no presenta complicaciones adicionales. En la totalidad de las piezas, se plantea para las caras del intradós, el uso de plantillas rígidas, que intentan reproducir en verdadera magnitud el polígono plano determinado por sus vértices, sin que en ningún caso se proponga el uso de plantillas flexibles, técnica más evolucionada, que busca la aproximación al desarrollo de la superficie. Los lechos, por lo general, son superficies planas, de las que el autor no busca la plantilla completa de toda la cara, sino exclusivamente el ángulo que forman sus aristas del intradós con las de la testa o *saltarregla*.

Las plantillas de las caras del intradós y de las *saltarreglas*, están obtenidas mediante las técnicas de triangulación, en las que a partir de las longitudes reales de los lados y las diagonales del polígono, por lo general un cuadrilátero, se van construyendo sus proyecciones sobre un plano horizontal en verdadera magnitud. En primer lugar se determina la plantilla del intradós, y una vez obtenida esta, sobre el extremo de sus aristas, se determinan por el mismo procedimiento las *saltarreglas*, cuya definición se concreta con la incorporación de una línea adicional desde el vértice, que proporciona la longitud de la arista de testa y el ángulo que forma con la del intradós, aportando una imagen muy característica que también aparece en el *Libro* de Vandelvira (c. 1585) y posteriormente en algunas trazas del *cuaderno* de Portor y Castro (1708). La arista determinada para la

plantilla de una dovela es empleada como elemento de partida para hallar la de la dovela contigua, y así sucesivamente hasta completar el conjunto de todas las que son diferentes, pues en los casos en los que la simetría de la pieza provoca que dos o mas sean iguales, buscando la economía de trazado, se obvia su obtención.

Los modos de incorporar las plantillas al dibujo varían en función de las características de la traza, dándose cuatro posibles situaciones. La primera corresponde a las piezas regulares en las que todas sus dovelas son iguales, en cuyo caso se halla una única plantilla que aparece dibujada a partir de la imposta derecha, como es el caso de la *pechina quadrada* (f. 2r.) y de la *bentana enbozinada* (f. 6r.).

La segunda es la más habitual, que se da en las piezas en las que el esviaje provoca que todas las dovelas sean diferentes, en cuyo caso, el conjunto de las plantillas se dibuja bajo la planta, desarrollada en una o dos construcciones independientes, sobre las que se incorporan los segmentos que definen las saltarreglas [Fig. 763].

La tercera opción corresponde con las piezas en las que las juntas del intradós son horizontales, para las que se dibujan las plantillas directamente superpuestas sobre la planta, a partir de la proyección de cada junta. Con este sistema se dibujan las plantillas del *arco que llaman de talus* (f. 9r.); el *arco por esquina* (f. 11r.), y el *arco torre cabada y torre redonda* (f. 12r.).

La cuarta aparece en algunos de los capialzados, en los que se toman las aristas horizontales de la embocadura correspondiente al dintel y una de las aristas del intradós como base de la plantilla, determinando para su compleción la longitud real de la arista del intradós y la posición del cuarto punto, con la posterior incorporación del segmento de la saltarregla [Fig. 764]. El procedimiento lleva a cometer errores significativos, al considerar que el ángulo formado por las aristas de partida se manifiesta sobre la planta en su verdadera magnitud, situación que no se da al tratarse de superficies que no son horizontales y se aplica en el *capialzado engaduchido en viaje* (f. 16r.); el *capialzado despezado* (f. 17r.), y el capialzado en torre cavada (f. 20r.).

Fig. 763. Dibujo de las plantillas desarrolladas en construcción independiente, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 15r.

Fig. 764. Dibujo de las plantillas directamente abatidas sobre la planta, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 16r.

Para determinar las verdaderas magnitudes de las longitudes de las aristas o diagonales oblicuas, que no aparecen en una situación singular, contenidas en planos horizontales o frontales, a partir de sus proyecciones, se emplean tres diferentes recursos. El primero, que es el empleado habitualmente por tratadistas como Vandelvira, consiste en realizar un giro de la proyección de la recta en planta, tomando como eje una vertical que pasa por uno de los extremos, hasta colocarla en posición frontal, y posteriormente, tras el giro, *capialzar* el otro extremo, es decir, elevarlo una magnitud equivalente a la diferencia de alturas entre ambos vértices en el alzado, con lo que en la proyección vertical quedará con su verdadera magnitud, que posteriormente se emplea para realizar la triangulación en la construcción de la plantilla. El procedimiento se ha empleado de modo puntual, respecto a las piezas de los primeros capítulos, en la *pechina en biaje* (f. 3r.), y de modo generalizado en todos los capialzados excepto en uno de ellos, el *capialçado engaduchado en biaje* (f. 16r.).

El segundo de los recursos presenta mucho más interés, pues en el conjunto de los tratados analizados, no se ha constatado su empleo por parte de ninguno de los otros autores, con una única excepción puntual en el caso de Vandelvira (c. 1585, f. 46r.), que muestra que lo conoce y lo emplea ocasionalmente, pero no para determinar las plantillas, sino para obtener el alzado lateral del capialçado en puerta quadrada.

El procedimiento requiere un modo específico de representar la pieza, pues los alzados de ambas embocaduras deben aparecer superpuestos y con sus líneas de

impostas coincidentes [Fig. 765]. Lo habitual en la tratadística es que los autores que plantean la labra de la pieza por plantas, representen solo uno de los alzados, o si representan ambos, cada uno de ellos aparezca abatido sobre su embocadura en la planta, mientras que en los casos en los que se plantea una labra por robos, se dibujen ambos alzados superpuestos con el fin de facilitar la obtención de la proyección del ortoedro envolvente. Sin embargo, el autor del manuscrito emplea el sistema a la inversa: la proyección múltiple en los casos en los que plantea labra por robos (las bóvedas cilíndricas); y la proyección de alzados superpuestos si la labra se propone por plantas. Con ello consigue que en el alzado queden proyectados todos los vértices de los arcos de ambas embocaduras y de un modo implícito, todas las diagonales de las caras del intradós y de los lechos.

El recurso consiste en obtener las longitudes reales de las aristas y diagonales por el procedimiento inverso al anterior. En primer lugar, se toma del alzado la proyección de la recta de la que se quiere conocer su longitud y se traslada la medida en la planta, a la *línea plana*, la que en el sistema diédrico conocemos como línea de tierra, que generalmente se corresponde con la embocadura posterior del muro. En la práctica, esta operación equivale a realizar un giro en alzado tomando como eje una horizontal que pasa por uno de los extremos. A continuación, habría que aplicar al otro extremo la diferencia de alejamientos entre las proyecciones de sus dos vértices en planta, lo que obligaría a trazar para cada línea, una perpendicular a la embocadura para determinar la posición del vértice que se desplaza en la opuesta.

Pero el autor emplea un método ingenioso que simplifica enormemente el proceso. Si el muro es de espesor uniforme, cada extremo de las aristas o diagonales de las plantillas estará sobre una de las embocaduras, pero la diferencia de alejamiento entre sus extremos será siempre la misma, igual al espesor del muro. En base a ello, traza una única perpendicular desde el punto medio de la embocadura posterior hasta la anterior, y cada vez que gira una recta en el alzado, toma su proyección con las puntas del compás; sin moverlas, traslada la medida a la embocadura posterior, poniendo una de ellas en el punto medio; a continuación deja fija la punta opuesta del compás y desplaza la del punto medio hasta su proyección perpendicular en la embocadura opuesta, punto que había determinado previamente; tras esta operación, la apertura del compás reflejará la longitud real de la recta pretendida, y con ella se traza el arco correspondiente en la construcción de la triangulación. El procedimiento permite determinar las longitudes reales de las rectas simplemente con cuatro movimientos del compás sin necesidad de trazar ninguna línea

sobre el papel. Este recurso es el empleado con carácter general para pechinas (excepto la *pechina en biaje*), arcos, decenda, troneras y en el *capialçado engaduchado en biaje* (f. 16r.).

Finalmente, el tercero de los recursos gráficos para la determinación de las plantillas es el de los abatimientos, que emplea en los casos en los que las aristas del intradós son horizontales, tomando la inferior como eje para realizar un giro de la cara buscada en planta, hasta colocarla en posición horizontal. Los dos vértices contenidos en la charnela no se moverán, mientras que tras el giro, los otros dos se desplazarán ortogonalmente a eje hasta que la arista de la testa alcance su longitud real tomada del alzado [Fig. 766]. El abatimiento se emplea de modo puntual, solo en algunas piezas, con inseguridad, apoyado por una triangulación adicional innecesaria si se domina el recurso, y con la comisión de errores significativos en su aplicación, que dan fe de la menor pericia del autor en la aplicación de este procedimiento, empleándolo a modo de receta que se aplica con independencia de las condiciones de la pieza, lo que provoca, entre otros, problemas no resueltos adecuadamente al aplicar los abatimientos en los casos en los que los alzados no corresponden a la verdadera magnitud.

Fig. 765. Alzado con superposición de los arcos de ambas embocaduras y proyección de las aristas de los lechos, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 13r.

Fig. 766. Plantillas obtenidas por abatimiento con apoyo de triangulación adicional, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 9r.

El método de labra por *plantas al justo*, es el planteado para todos los capialzados, a pesar de que sus superficies de intradós son alabeadas no desarrollables, por lo que no es posible obtener una plantilla plana que responda a la verdadera magnitud de la cara. A pesar de ello, el autor no duda en proponer para su labra el empleo de plantillas rígidas, al igual que hace para el resto de las piezas que aborda por este sistema. Vandelvira (c. 1585)

expone que todos los capialzados deben ser labrados por robos, aunque en sus trazas determina también las plantillas, justificando que son necesarias para determinar las saltarreglas. Martínez de Aranda (c. 1600) se muestra constante en emplear a toda costa plantillas para la labra de los capialzados, pero el uso sistemático que plantea el manuscrito indicaría que no se trata de una obsesión suya, sino que es un recurso que viene de más atrás. En otros tratados como el Mss. 12744 de la BNE (c. 1600), Fray Laurencio de San Nicolás (1639), Joseph Gelabert (1653) o Portor y Castro (1708), se propone de forma habitual para estas piezas una labra por plantas, frente a autores como De L'Orme (1567), Hernán Ruiz (c. 1550), Alonso de Guardia (c. 1600) o Jousse (1642), que plantean sistemas mixtos.

Para determinar la plantilla de intradós de una superficie alabeada, se comienza por determinar la posición de tres de sus cuatro vértices, lo que no ofrece problemas, pues los tres puntos definen un plano y su proyección sobre la horizontal se obtiene por el procedimiento empleado en los arcos, quedando definidos dos de los lados y una diagonal. Ahora bien, para determinar la posición del cuarto punto, además de la opción compleja y poco habitual de proyectarlo sobre el plano que forman los otros tres, caben otras dos alternativas: obtenerlo por triangulación a partir de la segunda diagonal y uno de los dos lados restantes, con lo que quedarán en verdadera magnitud tres de los lados y las dos diagonales, pero no así el cuarto lado; y una segunda alternativa, obtenerlo a partir de los dos lados restantes, con lo que quedarán en verdadera magnitud los cuatro lados y una de las diagonales, pero no la segunda. En el manuscrito se emplea para todos los capialzados la primera de las opciones, con una única excepción, el capialzado en torre cavada (f. 20r.), en el que toma la opción que mantiene los cuatro lados.

El autor no es consciente de que con su procedimiento, uno de los cuatro lados no estará en verdadera magnitud en la plantilla obtenida, y por lo general quedará con una longitud menor que la real, toma como buena la longitud errónea, y la emplea como base para determinar la plantilla de la siguiente dovela, con lo que va acumulando sucesivamente errores que llegan a ser de importancia en las últimas plantillas determinadas de cada pieza.

Para las bóvedas de intradós cilíndrico se plantea la labra por el procedimiento de robos, con una única excepción: en el *rincón de claustro en biaje* (f. 22r.), generado por la intersección de un cilindro recto de revolución y un cilindro rebajado esviado, se plantean de forma simultánea ambos métodos, el de robos para el recto y el de plantas al justo para el oblicuo, asimilándolo a un arco esviado. En el capítulo se van alternando bóvedas de

arista y de rincón, con criterios diferentes para cada grupo, pues en las de rincón, salvo en el caso del ochavo (f. 27r.), no se especifican despieces, planteando que cada uno de los cuarteles tenga un carácter independiente, y en la arista intersección se produzca una junta, favoreciendo una posible decoración pero disminuyendo las condiciones de estabilidad al eliminar la traba.

En las bóvedas de arista, aunque en las hiladas inferiores se adopta el mismo criterio, en la clave se dibuja una pieza única, común a todos los cuarteles y trabada con la hilada siguiente.

En todas ellas se disponen las juntas del intradós para que se mantenga su continuidad y horizontalidad en los diferentes paños que la integran. En las dos bóvedas de arista esviadas, la de planta trapezoidal (f. 24r.) y la de planta triangular (f. 26r.) el problema es de mayor complejidad. No corresponden a la intersección dos cilindros que se cruzan. Debido a su geometría, se resuelven disponiendo planos verticales en las aristas, obteniendo su intersección con el cilindro de menor diámetro, que fija la altura de la clave, y forzando al resto de cilindros, a pasar por las intersecciones de las juntas de intradós del primero con los planos verticales, con lo que las superficies pasan a ser regladas con directrices en el arco de embocadura y en las curvas de intersección.

Para obtener las proyecciones de los ortoedros envolventes que permitan acometer la labra de las dovelas por robos, se dibujan abatidos sobre la planta cada uno de los alzados diferentes de la bóveda, con sus correspondientes juntas de lechos, frecuentemente erróneas, y sobre cada dovela en el alzado, se traza el cuadrilátero que la envuelve, que será la base del ortoedro, cuya longitud no queda determinada al no especificarse los despieces en la planta.

En las piezas regulares, el procedimiento no ofrece mayores problemas que los adicionales al llegar a la arista. En las piezas esviadas, las embocaduras son oblicuas a los ejes de los cilindros y los alzados que aparecen representados abatidos sobre la planta no son secciones perpendiculares a ellos. Se obvia esta circunstancia y se dibujan, en los alzados oblicuos, los polígonos envolventes de cada dovela, como si se tratara de una sección ortogonal al eje del cilindro.

Para labrar una dovela por robos en estas circunstancias, habría que desbastar previamente un prisma en el que sus bases, con las dimensiones del cuadrilátero dibujado, fueran oblicuas a las aristas, y posteriormente comenzar a realizar los robos en un sentido oblicuo a la base, lo que parece poco práctico, y en el caso de las claves prácticamente

imposible, al sumar las oblicuidades de las tres o cuatro caras, lo que pone de manifiesto que el autor decide obviar los problemas de la oblicuidad de embocaduras y ejes, y plantear las trazas como si se tratara de piezas regulares, cuya materialización parece difícil a la vista de las condiciones con las que se han dibujado [Fig. 767].

Fig. 767. Dibujo de los rectángulos envolventes de las dovelas en planos oblicuos a los ejes de los cilindros, manuscrito de cantería Mss. 12686, BNE, c. 1544, f. 24r.

Los recursos empleados en el manuscrito, confirman, por una parte, el empleo en la primera mitad del s. XVI, de las técnicas de triangulación para la obtención de las verdaderas magnitudes de las caras de las dovelas, y por otra la aparición simultánea en la tratadística de los métodos de *labra por robos* y por *plantas al justo*.

En general se manifiesta la existencia de problemas en los casos en los que existen elementos oblicuos o alzados que no son ortogonales a los ejes de los cilindros o elementos proyectantes, como ocurre en el *arco por esquina* (f. 11r.), en el que para realizar los abatimientos se toman las cuerdas del alzado abatido, en lugar de hacerlo en el del arco proyectante, o en las bóvedas de arista, para obtener las elipses, al sustituir la afinidad por la toma de distancias horizontales entre vértices directamente del alzado ortogonal y trasladarlas al oblicuo. Otro de los problemas que se manifiesta y es causa de errores es el intento de aplicar los procedimientos de las trazas con muros rectos a los casos en los que los muros son curvos, obviando cuestiones como las variaciones de longitudes o la imposibilidad de que la rosca de anchura uniforme de un arco proyectante se mantenga al proyectarlo sobre un cilindro o sobre un muro oblicuo.

Los métodos empleados se muestran menos evolucionados que los que aparecen en los primeros tratados conocidos de la cantería hispana, como los de Hernán Ruiz (c. 1550), Alonso de Vandelvira (c. 1585), Alonso de Guardia (c. 1600) o Ginés Martínez de

Aranda (c. 1600), hecho que se manifiesta en cuestiones como la inexistencia de soluciones que busquen el acercamiento a los desarrollos de las superficies mediante plantillas flexibles o que se aproximen al desarrollo de conos.

En cualquier caso, a pesar de los errores cometidos, con carácter general, se muestra un grado de precisión elevado en el que las plantillas obtenidas se aproximan en gran medida, salvo excepciones, a las determinadas a partir de los modelos tridimensionales realizados con la geometría y dimensiones de la pieza dibujada.

Se aprecia un progreso respecto al nivel de conocimientos y a la pericia en la aplicación de los recursos gráficos a medida que se van incorporando trazas al manuscrito. El *capialçado a regla* (f. 18r.) resuelve mejor la obtención de las plantillas, al hacerlo respecto al conjunto, frente a la solución más primitiva que se había adoptado para la *tronera a regla* (f. 14v.), con aplicación de triangulaciones individuales para cada dovela; el *rincón de claustro en biaje* (f. 22r.) aplica a las piezas esviadas un procedimiento de abatimientos más evolucionado, respecto del inseguro y apoyado por triangulaciones, que se había utilizado en otra pieza previa con problemas similares, el *arco que llaman de talus* (f. 9r.), lo que indica que sus contenidos se fueron completando en un periodo temporal dilatado, reflejando la evolución profesional de la capacidad profesional de su autor.

Las bóvedas nervadas han sido los elementos que mayores datos han aportado en relación a la datación y a la vinculación geográfica del manuscrito. La búsqueda de bóvedas construidas que respondan a la misma disposición de nervios ha permitido localizar numerosos ejemplos, la mayoría de los cuales se concentran en torno a dos núcleos: el primero de ellos, el inicial, en la Rioja, en torno a la colegial de Santa María La Redonda de Logroño; y el otro en Cuenca, relacionado con la prioral santiaguista de Uclés, habiendo sido posible determinar las vías de transferencia de conocimiento entre las dos escuelas de cantería.

Uno de los aspectos más característicos de las bóvedas es la disposición de terceletes en los que el nervio combado traspasa la clave secundaria. Los primeros en España en incorporar los combados en la última década del siglo XV, fueron Juan Guas y Juan de Colonia, pero el pionero en traspasar las claves con ellos fue su hijo Simón de Colonia en la bóveda del crucero de la catedral de Palencia en 1497 [Fig. 678].

A partir de los modelos diseñados por Simón de Colonia, se produce una evolución hacia el modelo de planta cuadrada, por parte de maestros relacionados con él, que trabajan en el ámbito riojano. De modo casi simultáneo, las trazan Martín Ruiz de Alviz,

discípulo de Juan de Colonia, junto con San Juan de Arteaga, los primeros en emplearla, en 1523 para la colegial de Santa María La Redonda en Logroño [Fig. 681]; y Juan de Rasines, que sucedió a Simón de Colonia como maestro de obras del Condestable de Castilla, en 1525, en la colegiata de Berlanga de Duero [Fig. 682].

Rasines y Martín Ruiz de Alviz, cuyas relaciones profesionales están documentadas, son las dos vías de transmisión del modelo en la zona norte. Rasines tuvo una importante influencia sobre uno de los maestros de la siguiente generación, Juan Martínez de Mutio, que toma de él el modelo y lo emplea, ya sea en solitario en la iglesia de la Asunción en Briones (c. 1546) y en la colegiata de San Pedro en Soria (c. 1551) [Fig. 686], o bien conjuntamente con el que fuera inicialmente su aprendiz y posteriormente su colaborador y cuñado Juan Pérez de Solarte, en la iglesia de la Natividad de Arenzana de Abajo (c. 1541) [Fig. 768], que presenta el modelo en todos los tramos de la nave central y en el sotocoro, y además en el primer tramo de las colaterales sus bóvedas perlongadas guardan cierta semejanza con la del manuscrito. Juan Pérez de Solarte es el siguiente eslabón de la cadena e iniciador de una saga de canteros relacionados con el modelo. Construyó bóvedas similares en la iglesia de San Andrés en Anguiano (1545-1550) [Fig. 687] y en el claustro del monasterio de Yuso en San Millán de la Cogolla (1549-1559) [Fig. 688], y le siguieron sus hijos Juan y Martín Pérez de Solarte, que intervinieron en las últimas bóvedas de Arenzana de Abajo (1561; 1583) [Fig. 684], y en la iglesia de San Martín en Camprovín (1574) [Fig. 689].

Además de estas bóvedas, existen otras de las que no se disponen datos en relación a su autoría, pero que con toda seguridad pertenecen a artífices relacionados con los anteriormente mencionados, sin descartar que alguna de ellas estén ejecutadas directamente por ellos. Se han localizado ejemplos en las iglesias riojanas de la Asunción en Nalda [Fig. 690]; Santa Eulalia [Fig. 691], y San Cosme y San Damián [Fig. 692], en Arnedo; San Martín en Entrena; el Salvador en Quel [Fig. 693]; Santa Marina en El Cortijo [Fig. 694] y San Pedro en Cornago [Fig. 695]; así como en otras iglesias de la zona Norte: en la provincia de Soria, donde llegaron de la mano de Martín Ruiz de Alviz, se emplearon en el convento de la Merced [Fig. 696]; y en la de San Juan Bautista en Gómara; las vallisoletanas de San Pedro [Fig. 697] y Santa María en Alaejos; la de San Vicente do Pino en Monforte de Lemos [Fig. 698]; y un modelo derivado, en Aragón, en el Monasterio de Veruela en Vera de Moncayo [Fig. 699], todas ellas construidas entre el segundo y el tercer cuarto del s. XVI.

Fig. 768. Juan Martínez de Mutio; Juan Pérez de Solarte y Juan Pérez de Solarte hijo, iglesia de la Natividad, Arenzana de Abajo, 1541-1561.

La figura de la que parte el modelo hacia el foco conquense es la de Martín Ruiz de Alviz, cuyo temprano fallecimiento en accidente en las obras de La Redonda en 1529 le privó de dejar más ejemplos construidos. Se ha acreditado documentalmente su relación de hermandad con Juan y Pedro de Alviz, que hasta el momento estaba apuntada solo como hipótesis. Ambos se formaron junto a su hermano Martín, del que tomaron los modelos de bóvedas, y se trasladaron a Cuenca en torno a 1524, donde impulsaron su empleo. El ejemplo conquense más temprano es el trazado por Juan de Alviz en la capilla de la Anunciación de la colegial de San Bartolomé en Belmonte [Fig. 707], en 1531, año en el que falleció, por lo que la construcción corrió a cargo de otro maestro, sin que se pueda descartar que fuera su propio hermano Pedro de Alviz, que quedó como transmisor de los modelos en la zona.

Pedro de Alviz empleó el modelo en la cabecera de la iglesia de San Nicolás de Bari en Priego (1531-41) [Fig. 708] y en la iglesia parroquial de Nuestra Señora del Sagrario en Garcinarro (c. 1544), de la que fue el tracista, en la que todos los tramos de las naves están cubiertos con bóvedas que responden a ambos tipos, cuadrado [Fig. 714] y perlongado [Fig. 715]. La investigación ha permitido ratificar la atribución sobre su autoría

en la iglesia de la Asunción en Pareja, en la que aparecen en la sacristía (c. 1531) [Fig. 711], en el sotocoro [Fig. 712], y en el coro alto (c. 1562) [Fig. 713], construidas por otro artífice respetando su traza; y atribuirle la autoría de las bóvedas de otras dos iglesias: la de San Gil en Villar del Maestre (c. 1545) [Fig. 716], y las dos de San Miguel en Mota del Cuervo (1531-45) [Fig. 709].

Los modelos de bóvedas de combados que respondían a las más actuales tendencias tardogóticas del momento, que los hermanos Alviz, plenamente formados como canteros en el norte, habían importado y empleado en sus trazas, fueron adoptados por una de las figuras más significativas del s. XVI conquense, Francisco de Luna, cuyas vinculaciones profesionales con los Alviz, especialmente con Pedro, fueron numerosas. Luna toma el modelo rebajado con carpaneles en los formaletes que Juan de Alviz había trazado para Belmonte, y posteriormente su hermano Pedro actualizaría para el coro de Pareja interrumpiendo las ligaduras, y lo emplea para las bóvedas de la sacristía del monasterio de Uclés (1530-38) [Fig. 706], con posible intervención de Enrique Egas.

Con Pedro de Alviz y Francisco de Luna, la figura que completa el triángulo que se relaciona con el manuscrito es la de Andrés de Vandelvira, cuya formación inicial como cantero está vinculada con el que a la postre sería su suegro, Francisco de Luna, en las obras del monasterio de Uclés. Andrés de Vandelvira, que aparece documentado en la zona de Cuenca, a lo largo de su trayectoria profesional, en diversas actuaciones en las que también intervinieron Luna y Alviz, era partícipe de las técnicas e importantes conocimientos teóricos y prácticos de estereotomía de ambos.

El nivel de la escuela quedó puesto de manifiesto en la tasación que Luna (1543) realizó para las bóvedas trazadas y construidas por Alviz en la parroquial de Priego, que incorpora monteas que determinan la verdadera magnitud y curvaturas de todos los nervios que las integran, en un valioso documento gráfico que se anticipa a las soluciones que más tarde verían la luz de la mano de Hernán Ruiz (c. 1550, f. 46v.), y Rodrigo Gil de Hontañón ([c. 1550] 1651, f. 25r.). Vandelvira aprende las técnicas de Luna y Alviz y posteriormente, ya en su etapa andaluza, las perfecciona y mejora, quedando su cuerpo de conocimiento plasmado en el *Libro de trazas de cortes de piedras*, redactado Alonso de Vandelvira (c. 1585), hijo suyo y nieto de Francisco de Luna.

Al conjunto de ejemplos con disposiciones similares en sus nervaduras en torno al foco conquense, hay que añadir las bóvedas de algunas iglesias construidas a mediados del s. XVI, en las que no está documentada la autoría, como son las de la Natividad en

Carascosa del Campo; la Asunción en La Alberca de Záncara [Fig. 717]; y en la actual provincia de Albacete las de la Asunción en Mahora [Fig. 702]; Jorquera [Fig. 700]; Lezuza [Fig. 703]; y Tobarra [Fig. 704]; así como la de San Blas en Villarrobledo [Fig. 705], uno de los escasos ejemplos de bóveda perlongada que se asemeja en su diseño al modelo del manuscrito.

El modo en el que aparecen representadas las bóvedas de crucería en el manuscrito no se corresponde con el utilizado en el resto de los tratados de cantería, que por lo general plantean modelos con un carácter teórico, con una configuración básica de nervaduras, en las que la representación de los nervios y las claves se realiza de forma esquemática, y siempre va acompañada de las elevaciones que proporcionan las distintas curvaturas de los nervios. El único tratadista que ofrece una disposición compleja de nervaduras, si exceptuamos los tratados muy posteriores, aparecidos a partir de la segunda mitad del s. XVII, es Rodrigo Gil de Hontañón ([c. 1550] 1681), del que conocemos sus planteamientos por estar copiados en el Compendio de Simón García, pero en su caso, los modelos también van acompañados de información adicional de la situación de todas las claves y además responden a ejemplos llevados a la práctica.

Sin embargo, si existe una correspondencia con los modelos de carácter práctico, que responden a trazas dibujadas para ser construidas o para acudir a una licitación que permita conseguir el contrato de ejecución de la obra, en los que los nervios y las claves aparecen representados con mayor detalle, aportando información de la forma en la que se realizarán los encuentros, de la decoración de las claves o de las condiciones del perímetro [Fig. 769] [Fig. 770].

Otro elemento fundamental respecto a la identificación de las bóvedas es la escala gráfica que se incorpora bajo la bóveda cuadrada, cuya aparición es inusual en los tratados y respecto de las bóvedas nervadas, única en el caso del manuscrito, que permite cuantificar sus dimensiones e indica que no se trata de un dibujo teórico, sino de una traza plenamente operativa destinada a ser construida. Las tres bóvedas están realizadas a la misma escala, de tal modo que la dimensión del lado mayor de las perlongadas coincide con el lado del cuadrado. Las líneas ciegas de traza ciegas incisas en el papel muestran en todas ellas las anchuras de los formeros y perpiaños, no pasados a tinta, cuyos ejes pasan por los centros de los arcos de círculo dibujados en los cuatro vértices, que representan las columnas destinadas a sustentarlas, que las articulan como elementos de continuidad.

Fig. 769. Detalle de las intersecciones de nervios, bóveda perlongada, manuscrito de cantería Mss. 12686 de la BNE, c. 1544

Fig. 770. Pedro de Alviz, detalle de las intersecciones de nervios, bóveda perlongada, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

El conjunto de las bóvedas dibujadas, se corresponde con las monteas previas, destinadas a ser construidas, cuyas características coinciden plenamente con las de una iglesia salón, modelo muy extendido en el XVI español, cuya nave central presenta una sucesión de tramos de planta cuadrada, mientras que en las colaterales, la anchura se reduce a la mitad, con lo que cada tramo se corresponde con un rectángulo duplo.

Existe una coincidencia de los modelos de las bóvedas nervadas contenidas en el manuscrito con las construidas en la iglesia parroquial de Nuestra Señora del Sagrario en Garcinarro, y si respecto de la que posee planta cuadrada se han localizado varios ejemplos de igual disposición, en cuanto a la de planta perlongada no se ha encontrado ningún otro caso en el que las nervaduras respondan al mismo diseño, hecho que vincula de una forma determinante al manuscrito con la iglesia de Garcinarro y con el artífice de su traza, el cantero vizcaíno Pedro de Alviz [Fig. 771].

La comparación de los datos obtenidos del levantamiento realizado en las bóvedas de la iglesia de Garcinarro con las dibujadas en el manuscrito, ha puesto de manifiesto que, respecto de la de planta cuadrada, aunque la igualdad no es plena, sus dimensiones son muy cercanas; ambas obedecen a la misma disposición de nervios; las direcciones de los terceletes responden a un mismo criterio; la posición de las claves secundarias se aproximan en gran medida en ambos casos; existe una igualdad en las dimensiones de los

nervios, de la clave principal y de las claves secundarias, cuyas torteras aparecen molduradas en la iglesia con círculos concéntricos, representados también en el manuscrito. También coincide en ambos el modo en el que se producen las intersecciones en las claves secundarias, con un punto de tangencia de todos los nervios que acometen a ellas, en el que prevalecen los ojivos y las ligaduras, siendo los terceletes y los combados los que ven reducida paulatinamente su sección en el ámbito de la intersección.

En las de planta rectangular, se manifiestan igualmente estas coincidencias, pero además se da la particularidad de que las direcciones de los terceletes longitudinales, que en el manuscrito tienden a pasar por el punto medio del lado opuesto del rectángulo, en una solución que se aparta de la contemplada en los tratados, en los que la alineación se produce respecto a la intersección del eje de simetría con el círculo que inscribe al rectángulo, pero se da igualmente en las bóvedas construidas de Garcinarro.

Como es frecuente en las construcciones de la época, por errores de replanteo o construcción, cada tramo de la iglesia de Garcinarro presenta diferencias dimensionales respecto de los otros, y sus condiciones perimetrales son también diferentes según se trate de un tramo intermedio o extremo, central o lateral. En ese contexto, los dibujos de las bóvedas deben ser entendidos como las monteas base previas, que definen la disposición de nervios y claves, que el artífice de su ejecución material debía ir ajustando en obra a las condiciones concretas de cada tramo.

Cabe pues, vincular los dibujos de las bóvedas contenidas en el manuscrito como las trazas previas de las bóvedas construidas en Garcinarro, ratificando la hipótesis formulada, en base a la coincidencia de los diseños, por Gómez Martínez (1998, 32).

Además de las bóvedas nervadas, la iglesia de Garcinarro contiene varias piezas de cantería que se relacionan con algunas de las trazas incluidas en el manuscrito: los arcos abocinados de la portada [Fig. 735] responden al modelo de la *bentana enbozinada* (f. 6r.); el arco esviado de la sacristía [Fig. 738] es similar al *arco biaje contra quadrado* (f. 8r.); la subida a la torre arranca bajo una decenda de cava [Fig. 740], de proporciones muy parecidas al *enbozinado de escalera* (f. 13r.); los capialzados del hueco de fachada del coro alto [Fig. 742], y del interior de la portada [Fig. 745], se relacionan con la *tronera engaduchida* (f. 15r.) y con el *capialzado a regla* (f. 18r.); otro de los accesos a la sacristía posee un capialzado carpanel [Fig. 746], semejante al *capialzado despezado* (f. 17r.); y el lado del evangelio del sotocoro se cubre con una bóveda de arista perlongada [Fig. 750], análoga a la del manuscrito (f. 23r.).

Fig. 771. Pedro de Alviz, iglesia de Nuestra Señora del Sagrario, Garcinarro, interior, c. 1544 (traza), finales s. XVI (construcción).

Descartados el hecho de que el manuscrito sea una copia del *Libro de trazas* de Vandelvira, así como la atribución realizada a una autoría directa del manuscrito por parte de Felipe Lázaro de Goiti (Suárez Quevedo 2002, 133-135), pues su caligrafía, contenida en dos de los manuscritos conservados en la BNE es claramente diferente de las obrantes en el manuscrito estudiado, las relaciones con el *Libro* de Vandelvira y la coincidencia con las bóvedas construidas en Garcinarro apuntan en el sentido de la atribución realizada a la figura de Pedro de Alviz (Gómez Martínez 1998, 32). La investigación realizada ha permitido constatar que Alviz, que fue el autor de la traza de la parroquial de Garcinarro en torno a 1544, no llegó a ver construidas ninguna de sus bóvedas, pues cuando tras su fallecimiento en 1545, su viuda, Catalina López, traspasó las obras a Juanes de Andute, que había sido colaborador de Alviz en ellas, se encontraban en la fase inicial; veinticuatro años después, la única bóveda construida era la de la cabecera; y en 1580 se habían ejecutado solo las del primer tramo. Las bóvedas ejecutadas conservaron la traza de Alviz, como lo demuestra la disposición de los nervios y la inclinación de los ejes de las claves secundarias, elemento característico que Alviz había empleado en sus bóvedas, como la de Priego.

La autoría directa del manuscrito, por parte de Alviz ha quedado descartada, pues ninguna de sus caligrafías es coincidente con la que obra en los diversos documentos localizados en los que figura su escritura. Por el mismo motivo, se ha podido descartar la autoría de los maestros que pudieron estar en contacto profesional con la iglesia de Garcinarro o con la figura de Pedro de Alviz en el ámbito conquense, como Andrés de Vandelvira; Francisco de Luna; Juanes de Andute; Esteban Jamete; Antonio Flórez; Diego de Tiedra; Gil Martínez Parejano; Pedro de Castañeda; Adrián de Plazencia; o Francisco de Goycoa, en todos los casos por la discrepancia de caligrafías, y de otros como Juanes de Antuny o Sebastián de Arnani, que no sabían ni leer ni escribir.

No obstante, como se ha indicado, el manuscrito corresponde a una copia de otro anterior, que bien pudo ser el cuaderno de taller del propio Alviz o de alguno de los maestros de su círculo.

Los contenidos del manuscrito evidencian una relación directa con el *Libro de trazas* de Alonso de Vandelvira. Existen similitudes importantes a nivel general entre ambos respecto al empleo de las triangulaciones y a los modos de plasmar gráficamente las piezas, con las figuras de los desarrollos de las plantillas y la peculiaridad en la incorporación de las rectas que definen las saltarreglas. En el caso específico del capialzado a regla (f. 18r.) [Fig. 772]; la igualdad en el la forma de resolver la pieza y de dibujar las plantillas y la solución específica de las saltarreglas en el ámbito del batiente,

única en ambos tratados, es tan singular y coincidente, que no puede ser fruto de una casualidad y evidencia que al menos el autor de uno de ellos tenía conocimiento de la solución contenida en el otro [Fig. 772]. El orden con el que se van incorporando los capítulos y la dificultad creciente en las trazas contenidas en cada uno son similares, salvo el último dedicado a las bóvedas.

Fig. 772. Detalle comparativo de los dibujos correspondientes al desarrollo de las plantillas de intradós, saltarreglas y lechos. Izquierda: *capialçado a regla*, contenido en el manuscrito Mss. 12686 de la BNE; Derecha: Alonso de Vandelvira, *capialçado a regla*, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c.1585, f. 44r.

En general, se aprecia en el manuscrito una menor pericia en el uso de los recursos gráficos y la comisión de errores cuando las proyecciones de los alzados son oblicuas a las directrices de los arcos proyectantes. El caso de la tronera a regla (f. 14r.) es un claro ejemplo de ello, en la que se aplica de forma sistemática el procedimiento de triangulación, obteniendo un desarrollo de plantillas poligonal, sin consciencia de la superficie del intradós es plana y sus testas son rectas horizontales y paralelas.

Se manifiesta un desconocimiento de recursos más evolucionados como el desarrollo de conos, o de otros que aportan una mayor precisión a las plantillas en los casos de muros curvos, como el empleo de los puntos medios de las dovelas y de sus cuerdas para ajustar las aristas de las testas. Este recurso es de especial utilidad en las bóvedas de intradós cilíndrico, para la determinación de las aristas, o en piezas como el *arco torre cavada y torre redonda* (f. 12r.), en las que por efecto de la intersección de los cilindros, las aristas de testa de las plantillas de las dovelas inferiores toman la curvatura inversa de la planta, se manifiestan cóncavas en plantas convexas y viceversa. Vandelvira

(c. 1585, f. 21v.) lo conoce, así lo reflejan sus plantillas y además lo advierte de un modo expreso en su texto, como después harían también el francés Jousse (1642, 46) y Gelabert (1653, f. 80v.), pero el autor del manuscrito muestra en sus plantillas que lo desconoce y se limita a trazar un arco con la misma curvatura y radio que la planta, lo que le lleva a plantillas sensiblemente alejadas de las reales.

Las bóvedas de arista son otro ejemplo del progreso de Vandelvira. Además de la mayor precisión en la obtención de las cerchas, sin cometer los errores al aplicar la doble afinidad, plantea los despieces en la planta, garantizando una adecuada traba y dibujando adecuadamente las envolventes prismáticas base para realizar la labra pos robos; manifiesta un control de las juntas del trasdós y de la disposición de las tiranteces de las dovelas en las embocaduras no presente en las soluciones del manuscrito, que contienen errores e indeterminaciones.

La vinculación entre el manuscrito y el *Libro de trazas* de Vandelvira es manifiesta. Vandelvira muestra que posee mayores conocimientos de estereotomía, más recursos gráficos y una mejor pericia en su aplicación, sin cometer algunos de los errores elementales, lo que sugiere, respecto de su datación, que el manuscrito es anterior al *Libro de trazas*. Andrés de Vandelvira se formó y fue partícipe de la línea canteril representada por su suegro, Francisco de Luna y por Pedro de Alviz, a la que responden los contenidos del manuscrito, por lo que era conocedor del mismo y de sus planteamientos en estereotomía, que completó en su formación posterior a lo largo de su vida profesional, hasta alcanzar el cuerpo de conocimiento que años más tarde su hijo Alonso de Vandelvira, (c. 1585), que por tanto era nieto de Luna, plasmó en el *Libro de trazas de cortes de piedras*.

Se han puesto de manifiesto otros hechos que evidencian la precedencia del manuscrito respecto del *Libro* de Vandelvira y del conjunto de los primeros textos de cantería hispánicos de los que se tiene conocimiento.

Entre ellas, la omisión de piezas muy significativas de la cantería renacentista española, como son las bóvedas de media naranja, las bóvedas baídas, las escaleras o el caso particular de los caracoles, siendo el único caso de toda la tratadística que no los incluye.

Fig. 773. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1585, frontispicio de la copia conservada en la ETSAM.

Hay que destacar el carácter singular de algunas piezas. Es el caso del *arco por esquina* (f. 11r.), un tipo arquitectónico característico de la España del XVI, ampliamente recogido en la tratadística con muy numerosas soluciones y alternativas, en el que sin

embargo, el manuscrito contempla un modelo único, pues mientras que la totalidad de los autores plantean el intradós generado por la proyección de un arco de medio punto en la dirección de la bisectriz del muro, que genera embocaduras elípticas rebajadas, el autor del manuscrito propone la opción inversa: fuerza las embocaduras como arcos de círculo, con lo que la superficie del intradós es un cilindro peraltado. Los numerosos arcos en esquina contruidos responden mayoritariamente al modelo habitual en los tratados, siendo muy escasos los que se aproximan a disponer cuartos de círculo en las embocaduras.

En otras ocasiones, se proponen piezas de difícil viabilidad constructiva, como el propio *arco por rincón*, o el *arco torre cabada y torre redonda* (f. 12r), cuya excesiva esbeltez, con una anchura muy reducida en los muros para la luz de los arcos, plantea condiciones que difícilmente podrían compensar el empuje al vacío y que evidencian un desconocimiento de las múltiples soluciones dadas a piezas similares por casi todos los tratadistas, con proporciones más factibles, que habría adoptado el autor de haberlas conocido.

Algunas de las trazas responden a planteamientos de condiciones de arcos de embocadura; disposición de muros y jambas o forma de las plantas que tienen escasa o nula presencia en otros tratados, aunque se aborden problemas de estereotomía similares. Así por ejemplo, del *arco biaje contrabiaje* (f. 7r.) [Fig. 109], un arco abocinado esviado, únicamente Jousse [Fig. 115], Gelabert [Fig. 113], y Portor [Fig. 114], incluyen una similar; la *tronera engaduchida* (f. 15r.) [Fig. 334], con un arco escarzano y un dintel situado a un nivel inferior a sus impostas, la contemplan únicamente los franceses Jousse [Fig. 338], Derand [Fig. 340] y Bosse [Fig. 341], pero ninguno de los españoles; el *capialzado engaduchido en biaje* (f. 16r.) [Fig. 370], esviado, con un arco de medio punto y un dintel no se encuentra en ningún otro tratado, siendo el Mss. 12744 el único que se aproxima empleando un arco carpanel [Fig. 378]; el *capialzado despezado* (f. 17r.) [Fig. 386], con un arco carpanel y un dintel, solo lo contiene el Mss. 12744 [Fig. 389]; el capialzado en esquina y rincón (f. 19r.) cuyo arco de embocadura se genera proyectando un semicírculo [Fig. 424], tampoco aparece recogido en otro tratado, aunque Martínez de Aranda [Fig. 430], y Portor [Fig. 431], ofrecen sendas soluciones con arcos rebajados; también es único el capialzado en torre cavada (f. 19r.) [Fig. 439], con embocadura generada por la proyección de un semicírculo, y del que, como en el caso anterior, Vandelvira [Fig. 446], Martínez de Aranda [Fig. 449], Gelabert [Fig. 451] y Portor [Fig. 450], ofrecen versiones con arcos rebajados y el Mss. 12744 [Fig. 448], una con arco carpanel; el *rincón de claustro en biaje* (f. 22r.) [Fig. 474], tampoco es

contemplado por otros autores; la bóveda de arista trapezoidal (f. 24r.) [Fig. 519], que figura en el tratado de Fray Laurencio de San Nicolás [Fig. 524], copiado posteriormente por Portor [Fig. 525]; la bóveda de arista triangular esviada (f. 24r.) [Fig. 549], que también es única, aunque Guardia [Fig. 557], Jousse [Fig. 555] y Portor [Fig. 556], contienen modelos triangulares, pero son equiláteros y no presentan esviaje en las embocaduras; y por último, la bóveda ochavada (f. 26v.) [Fig. 563], contemplada en trazas de análogas características por Vandelvira [Fig. 567] y Jousse [Fig. 571].

El léxico de los textos del manuscrito también aporta datos significativos de su relación con los primeros tratados conocidos. Como ejemplos, no emplea el término *decenda*, con el que Vandelvira (c. 1585), Martínez de Aranda (c. 1600) o De L'Orme (1567) y los posteriores franceses con *descente* se refieren a las bóvedas de cañón de eje inclinado, adoptando la denominación de *enbozinado de escalera*; para designar las superficies alabeadas emplea el término arcaizante *engaduchido*, frente al habitual *engauchido* que emplean Vandelvira o Martínez de Aranda y posteriormente Portor y Castro (1708).

Presenta unas características que muestran un cierto carácter de independencia, en el que no se adoptan, por lo general, soluciones tomadas de otros tratados, respecto de los que no se manifiesta un conocimiento, adoptando incluso, para realizar las triangulaciones, un procedimiento diferente al presente en el resto de autores.

La traza de Garcinarro fue realizada en torno a 1544, fecha en la que las bóvedas habrían quedado definidas y que puede ser considerada para la datación de los últimos contenidos del cuerpo principal del manuscrito, aunque su elaboración debió realizarse lentamente a lo largo de un periodo previo relativamente amplio.

El manuscrito tiene un carácter de precedente respecto del conjunto de la tratadística renacentista hispana, y sus soluciones y planteamientos están en la línea de conocimiento a la que posteriormente se incluirían sobre todo, el *Libro de trazas* de Alonso de Vandelvira (c. 1585) y también, el manuscrito Mss. 12744 de la BNE (c. 1600). Su difusión posterior debió ser muy limitada, pues salvo los dos textos que se relacionan con su línea de cantería: sobre todo el *Libro* de Vandelvira y en menor medida el Mss. 12744 de la BNE, solo el *cuaderno* de Portor y Castro (1708) y *Le secret d'architecture* de Jousse muestran detalles que apuntan hacia su posible conocimiento. El caso del manuscrito Mss. 12744 de la BNE, es particular, pues contiene algunos ejemplos que se relacionan con los contenidos en el manuscrito estudiado, que no se encuentran incluidos por Vandelvira.

La otra línea de conocimiento es la que tiene su principal exponente en los *cerramientos y trazas de montea* de Ginés Martínez de Aranda (c. 1600), en la que hay que incluir la *Teórica y práctica de la fortificación* de Cristóbal de Rojas (1598) y los *rasguños* de Alonso de Guardia (c. 1600). El *cuaderno de arquitectura* de Portor y Castro (1708), presenta mayoritariamente una relación con esta línea, pero como hemos visto, algunas de sus soluciones se pueden relacionar con las contenidas en el manuscrito, por lo que en cierto modo, puede ser considerado en una posición intermedia, junto con el *Arte y uso de arquitectura* de Fray Laurencio de San Nicolás (1639), mientras que las *Verdaderes traces de l'art de picapedrer* de Joseph Gelabert (1653) representa una línea más personal, con cierta independencia respecto de ambas.

En síntesis, el manuscrito de cantería Mss. 12686 de la BNE, es una copia de otro manuscrito previo, cuyos contenidos responden a los de una cartilla de aprendizaje o cuaderno del taller de un maestro de cantería, que se transmitiría a sus discípulos o herederos, cuyos posteriores poseedores le fueron añadiendo contenidos, cuyo núcleo principal, fue elaborado a lo largo de un periodo de tiempo prolongado, y cuyos contenidos finales, que se corresponden con las monteas previas para la construcción de las bóvedas de nervios de la iglesia parroquial de Nuestra Señora de la Asunción de Garcinarro (Cuenca) se pueden datar en torno al año 1544.

La autoría del original hay que situarla en torno a la figura del cantero vizcaíno Pedro de Alviz, autor de la traza de la iglesia de Garcinarro, o en su círculo cercano, dentro de la escuela de cantería, cuyos artífices trabajaron en la zona conquense de influencia de la prioral santiaguista de Uclés, durante el segundo cuarto del siglo XVI.

La datación lo convierte en el texto más antiguo de los que se conocen respecto de la cantería renacentista hispánica, anterior en unos años a los manuscritos de Hernán Ruiz y Rodrigo Gil de Hontañón, y en más de dos décadas al primer texto impreso de la estereotomía clásica, el tratado de Philibert De L'Orme.

El manuscrito anticipa muchas de las soluciones de estereotomía que posteriormente aparecerían en el *Libro de trazas*, del que es claro precedente, en el que se recogen en gran medida los conocimientos de Andrés de Vandelvira, que en su formación inicial fue partícipe del saber común de la escuela conquense, habría tenido contacto con el manuscrito y probablemente con el responsable de su autoría, para posteriormente evolucionar en el dominio de la estereotomía hasta los niveles que muestra el tratado de su hijo Alonso de Vandelvira.

TRANSCRIPCIÓN PALEOGRÁFICA

Suelto sin poner

(// cubierta)

(tachado: Cc. 26)

(tachado: Cc. 26) (sic)

(// guarda)

1

(// f. 1r.)

(signo)

Para azer la pechina quadrada harás primero la planta señalada con ℓ^1 , $\mathfrak{u}$, $\mathfrak{o}$ y sobre ella la monteas $\mathfrak{C}$ y para azer la planta de la primera pieza, que todas son yguales, pondrás la (tachado: p) una (sic)² punta del compás en el punto $\mathfrak{u}$ y alargarás la otra asta $\mathfrak{o}$, y con ella arás una porción de zírculo que llegue asta $\mathfrak{y}$. Aora toma lo que tiene de boca la pieza en la monteas y ponerlo as desde $\mathfrak{o}$ asta $\mathfrak{y}$. Tira las líneas y esa será la planta que sirbe a todas las piezas. Ahora la saltarregla de las cabezas será $\mathfrak{u}$, $\mathfrak{o}$, $\mathfrak{m}$.

(// f. 1v.)

(signo) 2

(dibujos)³

Pechina quadrada

(// f. 2r.)

(signo)

La pechina en biaje se traza de la forma siguiente: que hecha la planta $\mathfrak{y}$, $\mathfrak{y}$, $\mathfrak{o}$ y sobre la línea plana $\mathfrak{o}$, $\mathfrak{y}$ hazer la monteas del arco $\mathfrak{o}$, $\mathfrak{y}$, $\mathfrak{n}$ y repartirse an las dobelas que aquí son siete, y bajar los plomos i trasplomos a la línea plana y tirar los abanzos de las piezas en la planta. Aora para trazar las las plantas y saltareglas tomarás (tachado: en) lo que ai desde

¹ En el texto aparece colocada en la parte inferior, una virgulilla, que el autor emplea para distinguir las letras que se refieren a la notación incorporada a los dibujos. El recurso se emplea en todos los dibujos del bloque principal, por lo que en lo sucesivo se omitirá la inclusión de la nota al pie, para evitar la reiteración.

² La letra n aparece escrita sobre una t previa.

³ Los dibujos corresponden a la traza de cantería de una pechina cuadrada, y sobre ellos están incorporadas las nomenclaturas de los puntos singulares referidos en el texto.

o asta y (*tachado*: y sin) quitar la punta del compás del *punto* o (*sic*)⁴ lo llebarás a la línea plana y llega *desta* (*sic*)⁵ v m. Capialza lo que abanza la primera pieza desde m asta l po<n>lo desde m asta (*tachado*: vn) v. (*al margen*: Toma lo que tiene la pieza de boca y ponlo desde v asta u) y para la saltarregla tomarás lo que ay desde y asta q y lo pondrás en la línea plana y llega asta s. Capialza lo que lebanta por el trasdós, ques en t y esta cantidas ponla desde m asta p. Haziendo una porción de zírculo toma lo que tiene la pieza por su tirantez, que es t l y ponlo desde v hasta p y esa será la saltarregla de la cabeza para el sobrelecho de la pieza 7 y para lecho de la pieza 6 y con eso abrás trazado la primera pieza y de la misma manera trazarás las demás como lo experimentarás con el compás en la mano (*signo*).

(// f. 2v.)

(*signo*) 3

Pechina en biaje

(*dibujos*)⁶

(// f. 3r.)

(// f. 3v.)⁷

4

(*dibujo*)⁸

Cornisa M1p.4 / friso M1p.2 / architrabe M1 / capitel M1 / M1p7 / entrecolunio / coluna módulos 12 / módulos 61/2 / M2 / basa M1

No habiendo yo hallado entre las antigüedades de Roma ornamento toscano de donde aya podido formar regla como lo he hallado de las otras quabo (*sic*)⁹ órdenes que son dórica, jónica, corintia y con<puesta> (*sic*) e tomado la autoridad de Vitrubio en el capitulo 7 del cuarto Libro donde dice aber de ser la coluna toscana de altura de 7 gruesos de la misma

⁴ Las palabras: *punto o*, están escritas sobre otras que se habían escrito previamente: *la línea*, de tal modo que el autor modifica la frase inicialmente escrita: *y sin quitar la punta del compás de la línea*, por la frase que quedó definitivamente reflejada: *quitar la punta del compás del punto o*.

⁵ Se intenta escribir *asta* sobre *desta*, previamente escrita, pero quedaron aparentes todas las letras.

⁶ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una pechina esviada, y sobre ellos están numeradas las dovelas e incorporadas las nomenclaturas de los puntos singulares referidos en el texto.

⁷ El f. 3v. queda en blanco.

⁸ Aguada correspondiente a un alzado del orden toscano. Los textos que aparecen sobre el dibujo, referentes a la denominación de las partes del alzado quedan transcritos en relación a su aparición, desde la parte alta a la parte baja.

⁹ Cuatro

coluna con basa y capitel. El resto del ornamento que es architrabe friso y cornisa me parece ser combenible guardar la rregla la qual yo he hallado en las otras órdenes; es quel architrabe, friso y cornisa sea 4ª parte de la altura de la coluna, las quales 14 módulos con la basa y capitel, como pareçe notado por números, y ssi (*sic*) <e>l architra<be>, friso y cornisa serán tres módulos y medio que viene a ser el quarto de 14, pero sus particulares mienbros notarse a<n> menudamente en su lugar, (*líneas*).

(// f. 4r.)

(// f. 4v.)¹⁰

5

(*dibujo*)¹¹

(// f. 5r.)

(*signo*)

La bentana enboçinada se traza de la forma siguiente, echa su planta y traçar (*sic*)¹² la montea ,m ,n ,o ,p como está demostrado, baja los plomos a la línia plana y tira sus abanzamentos; toma aora con el compás lo que ay desde ,o a ,r, ponlo en la línia plana desde ,q a ,p, deja la una punta del compás en ,p y mira lo que abre el ángulo puesto asta ,m, y con esta misma cantidad bete al punto ,o y az una porción de çírculo en ,p; toma aora lo que tiene la pieza de boca por aquella parte que será desde ,l a ,t y az otra porción de zírculo y donde se qruzaren allí es el extremo que se busca, y como todo prozede de cosas yguales y aquí lo son todas las piezas, así la misma cantidad sin abrir ni zerrar el compás pondrás desde ,n hasta ,x tomando luego lo que tiene de boca la pieza en la montea grande (*signo*=). Las saltarreglas de las cabezas son ,h ,o ,p, la otra ,o ,h ,G.

(// f. 5v.)

(*signo*) 6

Bentana enbozinada

(*dibujos*)¹³

(// f. 6r.)

¹⁰ El f. 4v. queda en blanco.

¹¹ Dibujo inacabado de grafito correspondiente a un alzado del orden toscano.

¹² La letra ç aparece escrita sobre una zprevia.

¹³ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una ventana abocinada, y sobre ellos están incorporadas las nomenclaturas de los puntos singulares referidos en el texto.

(*signo*)

El arco biaje contra biaje se traza de la forma siguiente, que hecha su planta ,*n* ,*y* ,*r* ,*o* y lebandada la montea en la forma que está demostrado en el diseño por sus es (*sic*) escorços. Para trazar las plantas de las piezas tomarás la cantidad que ay desde ,*y* asta ,*m* y lo pondrás en la línea plana y desde ,*l* <mismo> asta ,*q* y sin quitar la punta del compás de el punto ,*q* bajar (*largo aislado*) al punto ,*s* y sin abrir ni zerrar el compás te irás al punto ,*a* y az una porzión de zírculo en ,*R*, toma lo que tiene la pieza de boca y ponlo desde ,*e* aonde (*sic*) se cruça en (*tachado*: s) ,*k*. Toma aora lo que ay desde ,*v* asta ,*t* y ponlo desde ,*l* asta ,*p* y buelbe con la otra punta del compás al punto *S* y esta cantidad ponla desde ,*e* asta ,*a*. Toma lo que tiene la pieza de boca por la montea más pequeña y ponlo desde ,*x* asta ,*a* y esta será la primera planta y de la misma manera que se traza esta se trazan todas. Aora para las saltarreglas toma lo que ay desde ,*m* asta ,*d* y ponlo de ,*l* asta ,*b* y desde el punto ,*b* al punto ,*l* y esta cantidad ponella desde ,*a* ,*f* y toma lo que tiene la pieza de tirantez y donde se cruza es para la saltarregla baja. Toma lo que ay desde ,*t* hasta ,*g* y ponlo desde ,*l* asta ,*c* y sin quitar la una punta del punto ,*c*, con la otra bete al punto ,*s* y desde allí al punto ,*k* ben donde llega en *z*. Toma aora lo que tiene la pieza por su tirantez y ponselo desde ,*a* asta ,*z*.

(*líneas*)¹⁴

(// f. 6v.)

(*signo*) 7

Arco biaje contra biaje

(*dibujos*)¹⁵

(// f. 7r.)

(*signo*)

El arco biaje contra quadrado se traza de la misma forma y por la misma regla que el arco biaje contra (*tachado*: quadrado) biaje que está en el capítulo preçedente.

(*líneas*)¹⁶

¹⁴ Aparecen dos líneas que corresponden a la prolongación de las existentes en el f. 7r., que invaden parcialmente el f. 6v.

¹⁵ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un arco esviado, y sobre ellos están incorporadas las nomenclaturas de los puntos singulares referidos en el texto.

(// f. 7v.)

(*signo*) 8

Arco biaje contra quadrado

(*dibujos*)¹⁷

(// f. 8r.)

(*signo*)

El arco que llaman de talus se traza de la forma siguiente, quecha su planta ,y ,m ,o ,r y lebandada su monte a ,y ,l ,m, rrepartiendo (*sic*) sus piezas iguales y bajando sus plomos y trasplomos a la línea plana, que aquí viene a ser ,o ,r, y bolbiéndolos a esquadria de la dicha línea ,yo ,r cogiendo sus tranquilos para la buelta, y el primero es desde ,p a ,q y ponle desde ,s a ,t y este mismo sirbe para el otro lado. Toma más lo que ay desde ,v a ,n y ponlo desde ,a a ,b y en el otro lado. Por lo consiguiente aora toma lo que ay desde c ,d ponlo desde ,e a ,f, toma lo que ay desde ,g a ,f i ponlo desde ,x a ,b. Be adulçiendo la buelta de tres en tres puntos tirando unas líneas desde ,o a ,t y desde ,t a ,b y cogiendo (*sic*)¹⁸ el medio de cada una, saca unas esquadrias de las mismas líneas que se bienen a cortar en el punto z, poniendo allí la una punta del compás abrazará los tres puntos ajustada, y para las tirantezes sec (*sic*) yrán cogiendo los tranquilos de la misma manera y donde se cruzaren allí bendrá la buelta y la tirantez. Para las plantas y saltarreglas se saca una esquadria del punto ,n con la línea ,n ,y, toma aora lo que tiene la pieza de boca y ponlo de ,r a ,l que es donde se tropieza la esquadria. Pon lo que tiene la pieza de boca por el otro lado, cierra aquellas líneas ,m ,r ,l ,o. Para la saltarregla (*tachado*: tom) saca otra esquadria del punto que es el plomo del trasdós, coge aora lo que tiene de largo la pieza por su tirantez y ponlo de ,n (*tachado*: as) adonde se tropieza con la esquadria que es en ,t, y desta manera se trazan las plantas y saltarreglas deste corte.

(// f. 8v.)

(*signo*) 9

(*dibujos*)¹⁹

¹⁶ Aparecen tres líneas que corresponden a las prolongación de las existentes en el f. 8r., que invaden parcialmente el f. 7v.

¹⁷ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un arco esviado en una jamba.

¹⁸ La letra *c* aparece escrita sobre una *t* previa.

¹⁹ El folio contiene los dibujos correspondiente a la traza de cantería de un arco esviado en testa, y sobre ellos están incorporadas las nomenclaturas de los puntos singulares referidos en el texto.

Arco que llaman de talus

(// f. 9r.)

(// f. 9v.)²⁰

10

(*dibujo*)²¹

(// f. 10r.)

(// f. 10v.)²²

(*signo*) 11

Arco por esquina

(*dibujos*)²³

(// f. 11r.)

(// f. 11v.)²⁴

(*signo*) 12

Arco torre cabada y torre redonda

(*dibujos*)²⁵

(// f. 12r.)

(// f. 12v.)²⁶

(*signo*) 13

Enbozinado de escalera

(*dibujos*)²⁷

(// f. 13r.)

(*dibujos*)²⁸

²⁰ El f. 9v. queda en blanco.

²¹ Dibujo inacabado con dos líneas.

²² El f. 10v. queda en blanco.

²³ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un arco por esquina y rincón, y sobre ellos está incorporada la numeración de las dovelas.

²⁴ El f. 11v. queda en blanco.

²⁵ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un arco en torre cavada y torre redonda.

²⁶ El f. 12v. queda en blanco.

²⁷ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una decenda de cava.

Este arco de aquí arriba mostrado es adintelado y capialcado, su disposición y fábrica es como se ve. El término de su demostración es en esta forma, hecha la planta que es las letras ,A, α y hecha, se le a de dar su capialcado que es como se demuestra las letras ,d, q; su dovela es desde ,c a ,d, el salmer se forma aciendo su cambija por lo que tiene de basa y buscándola en la perpendicular que es en el punto ,o letra ,c es el centro de las dovelas para buscar sus tiranteces lechos y sobrelechos (*signo* =). Aora para la demostración de las dovelas tendidas en el plano se ace en esta forma, tomando la distancia de ,q, d y con ella irse a la letra ,b y ho (*sic*) se a de tirar la línea de puntos que es la demostrada ,b h (*signo* -) y con la dicha cantidad se a de yr arriba y tirar las dos líneas paralelas que son las demostradas con x i, y en ellas se a de repartir las dovelas que son las demostradas h q, esto es en cuanto a las dovelas, para buscar las cabezas que son el norma de las saltarreglas se acen en esta forma, toma la distancia de ,α, ℓ y con ella te yrás desde la ,ℓ a la ,q y con la distancia te subirás arriba (*signo de reclamo*)

(// f. 13v.)

(*signo*) 14

Tronera a regla

(*dibujos*)²⁹

(*signo de reclamo*)³⁰ a la letra ,τ y fijando el compás en la dicha ,τ subirás a la letra p, y formarás la porción de línea para saber la que ha de hacer cambija para el centro de la línea o extremo de ella; para la cabeza de la primera dovela tomarás la cantidad del primer salmer que es como se demuestra la ,o i, f y con ella te yrás al punto o letra ,e y se qruzará con la letra p, y hecha la cambija tirarás la línea e, d que es lo que le corresponde de cabeça superior, para sacar la cabeza ynferior, tomarás la cantidad del primer salmer, que es v i n y con esta distancia te yrás arriba y pondrás la punta del compás en la letra o número 4, y harás la porción de círculo que en el número 3 y hecho esto tomar la cantidad del número 4 a la letra ,e, con ella te irás al punto o enqentro de las dos líneas como se demuestra con la p y la qruzarás a la línea que está sobre el número 3 y con esto tendrás formada la primera dovela y con la misma orden arás las demás (*signo* =) que son las saltarreglas de que necesitan para labrar dichas piecas (*signo* =).

²⁸ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un arco capialzado adintelado, y sobre ellos están incorporadas las nomenclaturas de los puntos singulares referidos en el texto.

²⁹ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una tronera a regla.

³⁰ El texto es continuación del contenido en el folio anterior y se refiere a la traza de f.13v. y no a la del f. 14r.

(// f. 14r.)

(*dibujos*)³¹

(// f. 14v.)

Tronera engaduchida 15

(*dibujos*)³²

(// f. 15r.)

(// f. 15v.)³³

(*signo*) 16

Capialçado engaduchido en biaje

(*dibujos*)³⁴

(// f. 16r.)

(// f. 16v.)³⁵

17

(*dibujos*)³⁶

Capialzado despezado (*signo*)

(// f. 17r.)

(// f. 17v.)³⁷

(*signo*) 18

Capialçado a regla

(*dibujos*)³⁸

(// f. 18r.)

(*dibujos*)³⁹

³¹ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un arco abocinado.

³² El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una tronera alabeada.

³³ El f. 15v. queda en blanco.

³⁴ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un capialzado a medio punto esviado.

³⁵ El f. 16v. queda en blanco.

³⁶ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un capialzado carpanel despezado.

³⁷ El f. 17v. queda en blanco.

³⁸ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un capialzado adintelado.

³⁹ El folio contiene los dibujos complementarios correspondientes a la traza de cantería de un capialzado en esquina y rincón.

(// f. 18v.)

19

(*dibujos*)⁴⁰

(// f. 19r.)

(*dibujos*)⁴¹

(// f. 19v.)

20

(*dibujos*)⁴²

(// f. 20r.)

(// f. 20v.)⁴³

21

(*dibujos*)⁴⁴

(// f. 21r.)

(// f. 21v.)⁴⁵

22

(*dibujos*)⁴⁶

(*signo*)

Rincón de claustro en biaje

(// f. 22r.)

(// f. 22v.)⁴⁷

23

(*dibujos*)⁴⁸

⁴⁰ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un capialzado en esquina y rincón.

⁴¹ El folio contiene los dibujos complementarios correspondientes a la traza de cantería de un capialzado en torre cavada.

⁴² El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un capialzado en torre cavada.

⁴³ El f. 20v. queda en blanco.

⁴⁴ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de un rincón de claustro perlongado.

⁴⁵ El f. 21v. queda en blanco.

⁴⁶ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una bóveda del rincón de claustro esviado.

⁴⁷ El f. 22v. queda en blanco.

(// f. 23r.)

(// f. 23v.)⁴⁹

24

(*dibujos*)⁵⁰

(// f. 24r.)

(// f. 24v.)⁵¹

25

(*dibujos*)⁵²

(// f. 25r.)

(// f. 25v.)⁵³

26

(*dibujos*)⁵⁴

(// f. 26r.)

(// f. 26v.)⁵⁵

27

(*dibujos*)⁵⁶

(// f. 27r.)

(// f. 27v.)⁵⁷

28

(// f. 28r.)

(*dibujo*)⁵⁸

⁴⁸ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una bóveda de arista perlongada.

⁴⁹ El f. 23v. queda en blanco.

⁵⁰ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una bóveda de arista esviada.

⁵¹ El f. 24v. queda en blanco.

⁵² El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una bóveda esquifada.

⁵³ El f. 25v. queda en blanco.

⁵⁴ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una bóveda de arista triangular.

⁵⁵ El f. 26v. queda en blanco.

⁵⁶ El folio contiene los dibujos correspondientes a la traza de cantería de una bóveda ochavada.

⁵⁷ El f. 27v. queda en blanco.

⁵⁸ El folio contiene el dibujo correspondiente a la traza de cantería de una bóveda de nervios de planta perlongada.

(// f. 28v.)

29

(// f. 29r.)

(*dibujo*)⁵⁹

(// f. 29v.)

30

(*línea*)⁶⁰

(// f. 30r.)

(*dibujo*)⁶¹

(// f. 30v.)

31

(*dibujo*)⁶²

(// f. 31r.)

(*dibujos*)⁶³

(*trazos*)

(// f. 31v.)

(// *guarda*)

(*signo*)

(// *contracubierta*)

⁵⁹ El folio contiene el dibujo correspondiente a la traza de cantería de una bóveda de nervios de planta cuadrada.

⁶⁰ La línea corresponde a la prolongación de la existente en el f. 29v., que invade parcialmente el f. 30r.

⁶¹ El folio contiene el dibujo inacabado correspondiente a la traza de cantería de una bóveda de nervios de planta perlongada.

⁶² El folio contiene el dibujo del alzado de un fuste de una columna salomónica.

⁶³ El folio contiene dos dibujos de figuras geométricas.

GLOSARIO

Abocinado (*enbozinado*). (Ver arco abocinado). De forma semejante a la bocina (RAE 2014).

Adintelado. (Ver arco adintelado).

Adulcir (*adulçir*). YNDULCIR, adulcir (fr. Adoucir). Unir una serie de puntos mediante curvas trazadas a sentimiento, tomando los puntos de tres en tres con el compás, o mediante otro método (Calvo, 2000. III, 357).

RAE 2014. ADULCIR. Dulcificar, endulzar.

Alabeo. Comba de cualquier cuerpo o superficie; (RAE 2014).

RAE 2014. ALABEO. En especial, el vicio que toma la madera al alabearse. **RAE A 1726, 154,1**. ALABEO. *El vicio que ha tomado qualquiera pieza de madera labrada, perdiendo las superficies planas y rectas con haverse torcido. Es voz que usan los Carpinteros. Rejón de Silva 1788, 12. ALAVEO. El defecto que se advierte en una superficie, que debiendo ser exactamente plana, tiene eminencias u hoyos. Bails 1802, 2. ALAVEO. El defecto de una superficie que no tiene quatro ángulos en un mismo plano, de modo que mirada de perfil los lados opuestos se cruzan.*

Altura. Medida de un cuerpo o de una figura considerada verticalmente desde su punto más elevado hasta su base. || En una figura plana o en una de tres dimensiones, distancia entre el vértice o el punto más alejado y un lado o cara en la dirección perpendicular. (RAE 2014).

RAE A 1726, 250,1. ALTURA. *En la Geometría se llama la perpendicular tirada desde el vértice de la figura hasta su base.*

Ángulo. Figura geométrica formada por dos rectas o dos planos que se cortan respectivamente en una superficie o en el espacio (RAE 2014).

Covarrubias 1611, I: 49r. ÁNGULO. *Dizen los geómetras ser lo que consta de dos líneas, que se vienen a juntar en un punto, y entre los architectos llaman ángulos, la concurrencia de dos paredes que por defuera se llaman esquinas, y por dedentro rincones. RAE A 1726, 294,2. ÁNGULO. La inclinación de dos líneas sobre un plano, que alargadas se cortan. Bails 1802, 4. ÁNGULO. La línea común a dos paredes que se encuentran. El ángulo de afuera se llama esquina; el de la parte de adentro, rincón.*

Arco. Porción de una curva. || Fábrica generalmente curva que cierra un vano y descarga los empujes desviándolos lateralmente. (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 169, 2. ARCO, [...] *a esta semejança se llaman arcos las bueltas, o corvaduras de los edificios y los claros bolteados entre pilar y pilar y los de las puertas y las ventanas. RAE A 1726, 380,1. ARCO. Voz de la Architectura. Un corte o sección de Cylindro o esphera, u de otros sólidos cóncavos hecha por plano vertical,*

u horizontal, recto, u obliquo, de que resulta la diversidad de sus especies. Rejón de Silva 1788, 22. ARCO. Abertura terminada por arriba en línea curva, (que por lo regular es un semicírculo) cuya proporción debe ser dupla o séxtupla. Bails 1802, 6. ARCO. Fábrica de figura curva, cuya concavidad suele estar en su parte interior.

Arco abocinado o embocinado (*enboçinado, enbozinado*). Arco que tiene más luz en un paramento que en el opuesto (RAE 2014).

RAE A 1726, 13,2. ABOCINADO. *Voz de la Architectura. Llámase así aquel arco, cuyas dos frentes son semejantes, pero desiguales. Rejón de Silva 1788, 22-23. ARCO ABOCINADO. Aquel que por un lado es mayor que por el otro. || Arcos divaricados o abocinados se llaman aquellos cuyas dos frentes son semejantes, pero desiguales. Bails 1802, 36. EMBOCINADO o ABOCINADO. Se aplica a un arco cuyas dos frentes son semejantes; pero de mayor diámetro una que la otra. Calvo 2000, III: 318. Arco abocinado. Arco de planta trapecial en el que una de las testas es de mayor luz que otra por ambas jambas.*

Arco adintelado. Arco que viene a degenerar en línea recta (RAE 2014).

RAE A 1726, 13,2. ADINTELADO. *Término de Architectura. Es el arco, que viene a degenerar en línea recta, que también se llama degenerante, o a nivel. Rejón de Silva 1788, 23. ARCO ADINTELADO. El dintel formado de dovelas, como si fuese escarzano. Fuera de estos hay otro arco que llaman adintelado, mas como no tiene vuelta, esa es la causa porque no le doy el nombre de arco. Bails 1802, 6. ARCO ADINTELADO. El que está en dirección horizontal y se compone de varios sillares labrados en forma de cuña.*

Arco capialzado (*capialcado, capialçado*). (Ver capialzado).

Arco en talud (*de talus*)¹. (Ver arco viaje por testa).

Arco en torre cavada y torre redonda (*torre cabada y torre redonda*). Arco abierto en un muro curvo, en el que una de las testas es cóncava y la otra convexa.

RAE U 1780, 208,3. CAVADO. *Usado como adjetivo, valía lo mismo que cóncavo. RAE U 1803, 726,2. REDONDO. Lo que tiene figura circular o esférica. Calvo 2000, III: 318. ARCO EN TORRE CAVADA. El abierto en un paramento cóncavo. ARCO EN TORRE REDONDA. El abierto en un paramento convexo.*

Arco enviajado, aviajado, en esviaje (*en biaje*). Arco que tiene los machos o apoyos colocados oblicuamente respecto a su planta (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 23. ARCO ENVIAJADO. *Llámase así aquel cuyos machones están colocados obliquamente, respecto de la planta. RAE U 1803, 361,3. ENVIAJADO. Lo*

¹ El manuscrito denomina *arco de talus* a un arco en el que una de las testas es oblicua a las dos jambas y a la otra testa, que se corresponde con la denominación de la tratadística como arco en esviaje por testa.

mismo que obliquo, sesgo; y así se dice: arco enviajado. RAE U 1884, 473,2. ESVAJE. Oblicuidad de la superficie de un muro o del eje de una bóveda respecto al frente de la obra de que forman parte. Bails 1802, 117. ARCO ENVIAJADO, ARCO AVIAJADO. Aquel cuyos machones están colocados obliquamente respecto a la planta.

Arco por esquina. Arco abierto en el encuentro de dos muros que forman esquina (o ángulo saliente) en sus testas interiores y rincón (o ángulo entrante) en sus testas exteriores o viceversa².

Rejón de Silva 1788, 25. ARCO POR ESQUINA. *El que está formado en una esquina, de modo que la mitad cae a un lado y la otra mitad al otro. Ha de ser precisamente de cantería. Bails 1802, 117.* ARCO POR ESQUINA. *El que está formado en una esquina, de modo que la mitad cae a un lado y la mitad a otro. Este arco debe construirse precisamente de cantería, como dice Fr. Lorenzo de San Nicolás. Calvo 2000, III: 319.* ARCO POR ESQUINA. Arco dispuesto en el ángulo saliente de dos muros. || Arco con el intradós en ángulo saliente. ARCO POR RINCÓN. Arco dispuesto en el ángulo entrante de dos muros. || Arco con el intradós en ángulo entrante.

Arco viaje contra cuadrado (*biaje contra quadrado*). Arco abocinado en el que ambas testas son paralelas entre sí, perpendiculares a una de las jambas y oblicuas a la otra³.

Arco viaje contraviaje (*biaje contrabiaje*). Arco en el que las dos jambas son oblicuas entre sí y oblicuas a las testas, que son paralelas entre ellas⁴.

Bails 1802, 131. VIAGE CONTRAVIAGE. *Los lados obliquos de un arco.*

Arco viaje por testa. Arco en el que las dos jambas son paralelas entre sí, perpendiculares a una de las testas y oblicuas a la otra testa.

Arquitrabe (*architrabe*). Parte inferior del entablamento, la cual descansa inmediatamente sobre el capitel de la columna (RAE 2014).

RAE A 1770, 325,1. ARQUITRABE. (Arquit.) *El miembro inferior de la cornisa. Rejón de Silva 1788, 29.* ARQUITRABE. *El miembro que asienta inmediatamente sobre el capitel de la columna, y es parte del cornisamento. Bails 1802, 9.* ARQUITRABE. *La parte inferior del cornisamento, la cual descansa inmediatamente sobre la columna.*

² El autor emplea el término *arco por esquina*, para referirse al arco abierto en dos muros rectos de espesor uniforme que se encuentran en ángulo, arco habitualmente denominado en la tratadística como *arco por esquina y rincón*. La definición dada corresponde al sentido más amplio del término.

³ Martínez de Aranda (c. 1600, f. 9) lo denomina *biaxe por lado*, y Vandelvira (c.1585, f.26v.) *arco en quadrado y viaxe*.

⁴ El manuscrito lo denomina de este modo contrariamente al criterio de Martínez de Aranda (c. 1600, f.9) y Vandelvira (c.1585, f. 27v.) que utilizan tal denominación para el arco en el que las jambas son oblicuas a las testas, pero paralelas entre sí. Al arco en el que las dos jambas son oblicuas a las testas, Martínez de Aranda lo denomina *biaxe por cara*.

Avanzamento (*abanzamento*). Línea que representa la proyección de una arista sobre un plano horizontal, uniendo las proyecciones de sus dos vértices extremos.

Bails 1802, 1. *ABANZAMIENTO. La distancia horizontal entre el nacimiento o extremo inferior de un arco y la vertical baxada desde su extremo superior.*

Calvo 2000, III: 321. Vuelo de un arco avanzado, una hilada de bóveda u otro elemento constructivo desde el arranque de la bóveda.

Avanzar (*abanzar*). Adelantar, mover o prolongar hacia delante (RAE 2014).

Calvo, 2000. III: 321. AVANZAR. Separarse un elemento del muro o imposta.

Avanzo⁵ (*abanzo*). (Ver *avanzamento*).

Bajar. Proyectar en el alzado un vértice sobre la *línea plana* o línea de tierra.

RAE 2014. BAJAR. Llevar algo o a alguien desde un lugar a otro más bajo. || Hacer que algo disminuya o alcance un nivel más bajo. **Covarrubias 1611, I: 88v.** BAXAR. *Descender de lo alto a lo baxo.* **RAE A 1726, 577,2.** BAXAR. *Es poner abaxo, o en lugar inferior alguna cosa que estaba en alto [...] Reducir a menos cantidad y menor porción alguna cosa, haciendo que pierda su altura o elevación.*

Basa. Pieza inferior sobre la que se apoya el fuste de la columna en todos los órdenes arquitectónicos excepto en el dórico (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 248, 2. BASA. *La peana y el asiento de la columna.* **RAE A 1726, 568,2.** BASA. *En la Architectura se llama así el cuerpo inferior de la coluna, y del pedestal.* **Rejón de Silva 1788, 34.** BASA. *El asiento adornado de varias molduras (según el orden) sobre el que se pone la columna.* **Bails 1802, 13.** BASA. *Todo cuerpo que sirve de asiento a otro, cuya línea o contorno pasa a manera de zarpa o rodapié [...].*

Boca. Distancia entre los extremos de la cuerda de la arista de una dovela en la embocadura.

RAE 2014. BOCA. Entrada o salida. || Abertura, agujero. **RAE A 1770, 495,2.** BOCA. *Entrada, abertura, rotura y agujero, y así se dice: boca de tierra, de horno, de cañón, de calle, de puerto, etc.*

Cabeza. Frente de un aparejo o de un sillar (Rabasa 2007b, 238).

RAE A 1729, 19,1. CABEZA. *Por extensión se llama el principio de alguna cosa y también se entiende una y otra extremidad, como las cabezas de las vigas, de las puentes, etc.* **Bails 1802, 17.** CABEZA. *El diámetro inferior de la columna.* CABEZA DE

⁵ El autor del manuscrito utiliza el término *avanzo* en relación a la proyección horizontal de las juntas del intradós de la pieza: [...] y *tirar los avanzos de las piezas en la planta* [...], refiriéndose al dibujo de las líneas que unen el vértice del cono con los *plomos* o proyecciones verticales de los extremos inferiores de las testas.

PARED. *Lo que se ve de su grueso en una abertura y suele ser un encadenado de sillería.*

Cambija (*canbiga*). Línea perpendicular a otra trazada desde un punto.

RAE A 1729, 88,2. CAMBIJA. *Term. de alarifes. La línea recta que cayendo sobre otra, hace con ella ángulos rectos, o forma la escuadra*⁶. Rejón de Silva 1788, 45. CAMBIJA. *Antiguamente valía entre los albañiles lo mismo que semicírculo.*⁷

Cantidad (*cantidas*). Porción de una magnitud. || Número que resulta de una medida u operación. (RAE 2014).

RAE A 1729, 142,2. CANTIDAD. *Se usa algunas veces por la magnitud de la cosa, o por el número de ella...*

Capialzado. (*capialçado; capialcado*). Dicho de un arco o de un dintel: Más levantado por uno de sus frentes para formar el derrame o declive en una puerta o ventana (RAE 2014).

RAE A 1729, 142,2. CAPIALZADO. *Term. de arquitectura. El arco cuyas dos frentes, anterior e interior, son semejantes: como si una guardare el medio punto y la otra fuere escarzana o rebaxada, o si la una observare qualquier género de monte.* Rejón de Silva 1788, 50. CAPIALZADO. *El arco que por defuera es escarzano y por adentro adintelado; o por defuera redondo y por adentro escarzano, de modo que su vuelta forma un derramo hacia arriba.* Bails 1802, 17. CAPIALZADO. *El derrame volteado de toda puerta o ventana en la parte de arriba.*

Capialzado a regla. (*Capialçado a regla*). Capialzado que posee dinteles en ambas embocaduras, una de ellas situada a un nivel superior a la otra.

Capialzado despezado. Capialzado en el cual una o varias de las hiladas están divididas en dovelas (ver despezar).

Capialzado engauchido en esviaje. (*Capialcado engaduchido en biaje*). Capialzado en el que la superficie del intradós es reglada alabeada y cuyas jambas poseen oblicuidades diferentes respecto de las testas.

Capialzar. Arq. Levantar un arco o dintel por uno de sus frentes para formar el derrame volteado sobre una puerta o ventana (RAE 2014).

Calvo 2000, III: 325. CAPIALZAR. Levantar un hueco por una de sus testas formando al mismo tiempo derrame o abocinamiento. || Estar más elevado un punto que otro.

⁶ Esta acepción, recogida en el diccionario de la Academia de Autoridades de 1729, desaparece a partir del diccionario de la Academia Usual de 1780.

⁷ Acepción contradictoria con la anterior.

Capitel. Arq. Parte superior de una columna o de una pilastra, que la corona con forma de moldura y ornamentación, según el orden arquitectónico a que corresponde (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 390,2. CAPITEL. *El remate de la coluna.* **RAE A 1729, 149,1.** CAPITEL. *En la Architectura, Escultura y Pintura es la parte superior que corona la coluna, y se divide según la variedad de sus figuras en Tirio, Toscano, Dórico, Jónico, Corintio y Paranímphyco, como se puede ver en Caramuel.* **Rejón de Silva 1788, 51.** CAPITEL. *La parte superior con que se remata la columna, sobre la qual carga el arquitrabe.* **Bails 1802, 20.** CAPITEL. *La parte superior que corona la columna y sobre la que descansa el arquitrabe.*

Cerrar. Formar la clave de un arco o de una bóveda. || Completar un perfil o figura uniendo el final del trazado con el principio de él. (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 57. CERRAMIENTO. *Lo que cierra un encasamento o trozo de arquitectura, y más propiamente la clave de un arco o bóveda.*

Círculo (zírquulo) (círqulo). Área o superficie plana contenida dentro de una circunferencia. || Circunferencia. (RAE 2014).

RAE A 1729, 356, 2-357, 1. CÍRCULO. *Figura plana, contenida de una sola línea, llamada circunferencia, dentro del qual hai un punto, desde donde todas las líneas que salen y se terminan en la circunferencia son iguales.*

Circunferencia. Geom. Curva plana, cerrada, cuyos puntos son equidistantes de otro situado en su interior, llamado centro (RAE 2014).

RAE A 1729, 358, 1. CIRCUNFERENCIA. *Línea curva, que rodea y forma el círculo: que también se llama Perímetro o Peripheria.*

Columna. (coluna). Soporte vertical de gran altura respecto a su sección transversal (RAE 2014).

RAE U 1780, 243, 3. COLUMNA. *Lo mismo que coluna.* **COLUNA.** *Especie de pilar redondo que sirve para sostener o adornar algún edificio, tabernáculo.* **Rejón de Silva 1788, 64.** COLUMNA. *Sosteniente aislado de forma de un cono truncado; es la principal parte de los órdenes de arquitectura.* **Bails 1802: 26.** COLUMNA. *Cuerpo redondo a manera de tronco de árbol, compuesto de basa, fuste y capitel.*

Compás (conpás). Instrumento formado por dos brazos articulados terminados en punta y unidos por un eje en su parte superior, que sirve para trazar circunferencias o arcos y tomar distancias (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 456,1. COMPÁS. *Instrumento de hierro u otro metal, de que usan los geómetras y todos los artífices, así arquitectos como ensambladores y carpinteros. También le han menester los pintores, plateros y maestros de dibuxos. Díxole compás, quasi compés; porque tiene dos piernas, la una señala el centro; la otra dando buelta forma el círculo.* **RAE A 1729, 599, 2.** COMPÁS. *Instrumento de*

hierro, bronce u otro metal, compuesto de dos puntas largas, que se juntan perfectamente por los extremos, y están unidas por la cabeza o parte superior con un fiel ajustado para poderlo abrir y cerrar. Rejón de Silva 1788, 66. COMPÁS. Instrumento de metal, compuesto de dos piernas que proceden de un centro y terminan en dos puntas; se puede abrir y cerrar a discreción para formar círculos y tomar medidas. Sirve en la pintura y arquitectura y en casi todas las ciencias matemáticas.

Cornisa. Arq. Conjunto compuesto de molduras que sirve de remate de una construcción. || Parte superior del entablamento de un pedestal, edificio o habitación. (RAE 2014).

Covarrubias 1611, I: 164r. CORNISA. *En arquitectura vale el remate de la obra, del nombre latino coronis, coronidis,...* **RAE A 1729, 599, 2.** CORNISA. *El cuerpo superior de varias molduras donde termina el edificio y que asienta sobre los capiteles de las columnas. Rejón de Silva 1788, 71.* CORNISA. *Miembro del cornisamento que está sobre el friso y que tiene el mayor vuelo o proyectura. Regularmente se llama también cornisa a todo el cornisamento. Bails 1802, 28.* CORNISA. *Cuerpo voladizo con moldura, que sirve de remate o corona a otro.*

Corte. Arq. Sección || dibujo de perfil de un edificio. || Acción y efecto de cortar. (RAE 2014)⁸.

Rejón de Silva 1788, 73. CORTE. *La figura que se da a una piedra para acomodarla en un edificio. Dícese también de la madera⁹. || El diseño que representa la parte interior de un edificio, como si estuviera cortado. Bails 1802, 29.* CORTE. *En una dovela es el lecho o junta perpendicular a su boquilla o a la cara de la misma dovela, la qual en los arcos adintelados es obliqua respecto de su mocheta. || De una dovela que tiene muy largo el lecho, o muy inclinada la superficie que le forma, se dice que tiene mucho corte. Bails 1802, 30.* CORTES DE CANTERÍA. *El arte de labrar los sillares y dovelas con arreglo al dibuxo de la fábrica: de manera que viene a ser la segunda parte de la monea.*

Cruzar (gruzar). Intersectar¹⁰.

RAE 2014. CRUZAR. Atravesar una cosa sobre otra en forma de cruz. || Geom. Dicho de una línea: Pasar a cierta distancia de otra no situada en el mismo plano, sin cortarla ni serle paralela.

Cuadrado (quadrado). Que guarda ortogonalidad.

⁸ En el manuscrito se emplea el término con un carácter general para el conjunto de la traza dibujada [...] y *de esta manera se trazan las plantas y saltarreglas deste corte.*

⁹ Bails hace referencia a Fray Lorenzo de San Nicolás, primera parte C.38. *Por estas dos (figuras) están entendidos todos los demás cortes,* que utiliza el término con la misma acepción a la que se refiere el manuscrito (f.8v) [...] *de esta manera se trazan las demás plantas y saltarreglas de este corte.*

¹⁰ En el manuscrito se utiliza cruzar en el sentido de intersectarse [...] *y az otra porzion de zirgulo y donde se cruzaren allí es el estremo que se busca [...].*

RAE 2014. CUADRADO. Dicho de una figura plana: Cerrada por cuatro líneas rectas iguales que forman otros tantos ángulos rectos. || Perfecto, cabal. **Calvo 2000, III: 330.** CUADRADO. Dirección ortogonal a otra. || Dícese de las piezas cuadradas, rectangulares o paralelepípedicas. **Rabasa, 2007b: 239.** DE CUADRADO. Ortogonal. En escuadría.

Demostrar. Probar, sirviéndose de cualquier género de demostración (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 607, 1. DEMOSTRAR. *Declarar, manifestar, hacer patente.* **RAE U 1780, 318, 3.** DEMOSTRAR. *Hacer evidente alguna cosa por argumento demostrativo.*

Despezado. Participio de despezar. Dicho de una pieza de cantería: que las hiladas que la componen están divididas en piezas.

Despezar. Arq. e ingen. Dividir una obra en las distintas partes que la componen, o una máquina en las diferentes piezas que entran en su ejecución (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 79. DESPEZOS O DESPIEZOS. *Las subdivisiones que se hacen en la obra de cantería para su fácil manejo y trabazón.* **RAE U 1803, 303, 3.** DESPEZAR. v.a. Canter. *Separar las partes de una planta para executar los cortes que corresponden en cada piedra.* **Bails 1802, 33.** DESPEZAR. *Separar o subdividir la planta de una obra de cantería en las partes o cortes convenientes para su fácil manejo y trabazón.*

Disposición. Arq. Distribución de todas las partes del edificio (RAE 2014).

RAE U 1803, 320, 1. DISPOSICIÓN. *En arquitectura es una de las ocho partes esenciales de un edificio y consiste en la oportuna colocación y el agradable conjunto de todas sus partes según la calidad de cada una.* **Rejón de Silva 1788, 82.** DISPOSICIÓN. *Parte de la arquitectura que enseña a colocar las partes de un edificio debidamente según sus destinos.* **Bails 1802, 34.** DISPOSICIÓN. *Parte de la arquitectura que enseña como se le da a cada miembro de un edificio la circunstancia de fresco, templado, oscuro, claro, etc. correspondiente a su destino.*

Distancia. Geom. Longitud del segmento de recta comprendido entre dos puntos del espacio. || Geom. Longitud del segmento de recta comprendido entre un punto y el pie de la perpendicular trazada desde él a una recta o a un plano. (RAE 2014).

RAE A 1732, 311, 2. DISTANCIA. *El espacio o intervalo de lugar u de tiempo, con que las cosas o los sucesos están apartados unos de otros.*

Dovela (dobela). Arq. Piedra labrada en forma de cuña, para formar arcos o bóvedas, el borde del suelo del alfarje, etc. Constr. || Cada una de las superficies de intradós o de trasdós de las piedras de un arco o bóveda. (RAE 2014).

RAE U 1791, 346, 3. DOVELA. Cant. *Qualquiera de las dos superficies curvas de la piedra de un arco, de las quáles la convexa se llama dovela exterior y la opuesta que*

es la cóncava dovela interior. Llámase también así a la misma piedra. Rejón de Silva 1788, 83. DOBELA. La piedra labrada en figura de cuña con el corte arreglado a la forma que debe tener el arco que se cierra con ellas. La de en medio se llama clave y las dos primeras almohadones. Bails 1802, 35. DOVELA. Sillar labrado a manera de cuña con una cara convexa y otra cóncava y sirve para fabricar arcos y bóvedas.

Encuentro (enquentro). Acto de coincidir en un punto dos o más cosas, a veces chocando una contra otra (RAE 2014)¹¹.

RAE 2014. ENCUESTRO. Arq. Macizo comprendido entre un ángulo de un edificio y el vano más inmediato. **Rejón de Silva 1788, 88. ENCUESTRO.** *La parte de la pared que media entre una puerta o ventana, y el rincón de la pieza. Bails 1802, 38. ENCUESTRO. Macizo entre la esquina de un edificio o pieza suya y el vano más inmediato. También se llama así el ángulo formado por dos carreras o soleras.*

Engauchido (engaduchido). Dícese de las superficies regladas alabeadas. (Calvo 2000, III: 335).

Rejón de Silva 1788, 89. ENGAUCHIDO. *Lo mismo que inclinación u oblicuidad. Bails 1802, 38. ENGAUCHIDO. Obliquidad o inclinación.*

Enviajado. Oblicuo. || Que se desvía de la horizontal o la vertical. (RAE 2014).

RAE U 1803, 361, 3. ENVIAJADO. *Lo mismo que OBLIQUO, SESGO; y así se dice: arco ENVIAJADO*

Escorzar. Representar, acortándolas según las normas de la perspectiva, las imágenes que se extienden en sentido perpendicular u oblicuo al plano del papel o lienzo sobre el que se pinta (RAE 2014).

Escorzo (escorço). Acción y efecto de escorzar. || Figura o parte de figura escorzada. (RAE 2014)¹².

RAE A 1732, 570, 2. ESCORZO. *Degradación de un cuerpo tuberoso u irregular en virtud de la perspectiva. Rejón de Silva 1788, 97. ESCORZO. La degradación de una figura o miembro pintado en menor espacio del que debe ocupar naturalmente.*

Escuadría (esquadria). En ángulo recto.

RAE A 1732, 616, 1. ESQUADRÍA. *Medida en quadro, que haga o tenga los ángulos rectos. Rejón de Silva 1788, 100. ESQUADRÍA. Lo mismo que esquadra. || ESQUADRA. En ángulo recto o derechamente sobre una cosa. Bails 1802, 44. ESCUADRÍA. Modo de labrar las dovelas de una bóveda sin el auxilio de plantillas,*

¹¹ El autor que añadió al manuscrito la traza del f. 13v.-14r. empleó los términos *enquentro* [...] *con ella te irás al punto de enquentro de las líneas* [...]; y *grucarás* [...] *como se demuestra con la p y la grucarás a la línea que esta sobre el número 3* [...], en el sentido de intersectarse, al igual que el autor del cuerpo principal lo había hecho con *gruzaren* (ver nota anterior).

¹² El autor del manuscrito emplea el término en relación al dibujo sobre el alzado de las juntas de intradós y trasdós. [...] *lebantada la monte a en la forma que está demostrado en el diseño por sus escorços.*

solo con señalar en los sillares, después de esquadrados, la altura de los huecos y convexidades que se sacan de la monte de la misma bóveda. ESTAR A ESCUADRA. Se dice de dos muros o partes de un edificio, que se encuentran formando una con otra un ángulo recto. Rabasa 2007b, 239. ESCUADRÍA. Prisma ortoédrico de piedra, para su uso como sillar o para continuar la talla hasta obtener otra pieza más compleja.

Esviaje. Oblicuidad de la superficie de un muro o del eje de una bóveda respecto al frente de la obra de que forman parte (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 105-106. *ESVIAGE. La dirección obliqua de los lados de una bóveda, o de un arco. Bails 1802, 45-46. ESVIAGE. Inclinação de una superficie perpendicular respecto de una línea que la atraviesa. || La dirección obliqua de los lados de una bóveda, o de un arco.*

Extremo (extremo). Parte primera o última de algo, principio o fin de ello. || Punto último a que puede llegar algo. (RAE 2014).

RAE A 1732, 700, 2- 701, 1. EXTREMO. *La parte última, el remate, el fin de alguna cosa.*

Fábrica. Edificio. || Construcción, o parte de ella, hecha con ladrillos o piedras naturales o artificiales, entrelazados entre sí con mortero. (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 785, 2. FÁBRICA. [...] *Las perfecciones de la fábrica consisten en que sea bien trazada, dispuesta, plantada, bien correspondida, desenfadada, proporcionada en sus perfiles, maciza, trabada, trabajada y acudida. Tenga guardados sus plomos y vivos, sea adornada con buenas y alegres luzes. Rejón de Silva 1788, 106. FÁBRICA. Lo mismo que edificio. || Se toma también por la construcción material. Bails 1802, 46. FÁBRICA. Lo mismo que edificio, obra. || El modo con que está labrado un edificio.*

Fijar. Hacer fijo o estable algo. || Arq. fijar las piedras cuando están calzadas, introduciendo el mortero en las juntas mediante una fija o paleta. (RAE 2014).

RAE A 1732, 750, 2. FIJAR. *Poner alguna cosa de modo que se mantenga firme en el parage que se quiere.*

Formar. Dibujar, Trazar¹³.

RAE 2014. FORMAR. Dar forma a algo.

Friso. Arq. Parte del entablamento en los órdenes clásicos que media entre el arquitrabe y la cornisa, en ocasiones ornamentado de triglifos, metopas u otros elementos (RAE 2014).

¹³ En el manuscrito se utiliza en el sentido de trazar[...] y *formaras la porcion de linia para saber lo que a de hacer cambia [...]*.

Covarrubias 1611, 828, 2. FRISO. *Los arquitectos llaman friso aquel espacio que ay entre el alquitraue y la cornisa o sea de cantería o de otra materia.* **RAE A 1732, 800, 1.** FRISO. *Term. de architectura. La parte que media entre el architrabe y la cornisa, donde suelen ponerse follages, triglyphos y otros adornos.* **Rejón de Silva 1788, 110.** FRISO. *La parte que media entre el architrabe y la cornisa, donde suelen ponerse follages o figuras entalladas, triglifos.* **Bails 1802, 48.** FRISO. *Faxa del cornisamento, que está entre el architrabe y la cornisa.*

Grueso. Espesor de algo. || Geom. Una de las tres dimensiones de los sólidos, ordinariamente la menor. (RAE 2014).

Covarrubias 1611, II: 40v. GRUESO. *Lo gordo. Lo rezio, lo doblado.* **Bails 1802, 52.** GRUESO. *Lo mismo que espesura, corpulencia.*

Hilada. Constr. Serie horizontal de piezas, como ladrillos, sillares o bloques, que conforman los muros de un edificio (RAE 2014).

RAE A 1734, 158, 1. HILADA. *Una línea de ladrillos, piedras u otra cosa puestas en orden y con igualdad. Úsase mucho en la albañilería.* **Rejón de Silva 1788, 119.** HILADA. *La serie horizontal de ladrillos o piedras labradas de sillería, que se van poniendo en un edificio.* **Bails 1802, 54.** HILADA. *Línea de sillares, piedras o ladrillos asentados a nivel o con declivo, que solo va interrumpida por los claros de puertas y ventanas.*

Intercolumnio, intercolumnio (entrecolumnio). Arq. Espacio entre dos columnas (RAE 2014).

RAE A 1734, 291, 2. INTERCOLUMNIO. *Term. de architectura. El espacio que hay entre coluna y coluna en las fábricas.* **Rejón de Silva 1788, 92.** ENTRECOLUMNIO. *Lo mismo que intercolumnio.* **Rejón de Silva 1788, 123.** INTERCOLUMNIO. *El espacio que media entre columna y columna.* **Bails 1802, 40.** ENTRECOLUMNIO. *Lo mismo que intercolumnio.* **Bails 1802, 56.** INTERCOLUMNIO. *El espacio que hay entre columna y columna, medido con una línea tirada desde el exe de una columna perpendicular a la otra.*

Intersecarse. Geom. Dicho de dos líneas, dos superficies o dos sólidos: cortarse o cruzarse entre sí (RAE 2014).

Jamba. Arq. Cada una de las dos piezas labradas que, dispuestas verticalmente en los dos lados de una puerta o ventana, sostienen el dintel o el arco de ella (RAE 2014).

RAE U 1803, 494, 3. JAMBA. *Qualquiera de las dos piedras labradas, que puestas perpendicularmente en los dos lados de las puertas o ventanas, sostienen el dintel de ellas.* **Rejón de Silva 1788, 124.** JAMBA. *El machón o pilar de poco resalto, que tiene a cada lado una puerta o ventana, el qual suele estar adornado de molduras, según es el orden de arquitectura a que pertenece.* **Bails 1802, 57.** JAMBA. *La fábrica*

de piedra o sillar, a manera de machón, que forma cada uno de los lados del telar de una puerta o ventana.

Labrar. Cortar y trabajar las piedras conforme a la figura y molduras que hayan de llevar en un edificio (Rejón de Silva 1788, 125).

RAE 2014. LABRAR. Trabajar una materia reduciéndola al estado o forma conveniente para usarla. || Hacer un edificio. **Covarrubias 1611, 1021, 1.** LABRAR. *Labrar piedra toca a los canteros y a los que hacen muros y paredes de piedra que otros llaman pedreros.* **RAE A 1734, 344, 1.** LABRA. *Vale asimismo desbastar pulir y perficionar.* **Bails 1802, 58.** LABRAR. *Desbastar los sillares, trabajarlos y darles la figura o forma conveniente para emplearlos en una fábrica.*

Largo. Longitud || Mayor dimensión lineal de una superficie plana. (RAE 2014).

RAE A 1734, 363, 1. LARGO. *Lo que es mas materialmente extendido y prolongado, considerando la distancia de las cosas entre los términos de su longitud.*

Lecho. Arq. Superficie de la piedra sobre la que se ha de asentar otra (RAE 2014).

RAE U 1803, 509, 1. LECHO. *La superficie horizontal de una piedra sobre que asienta otra.* **Rejón de Silva 1788, 127-128.** LECHO. *La superficie horizontal de una piedra, que ha de servir de asiento a otra; y la inferior que sobre ella se asienta se llama sobre-lecho y con esta distinción igualmente se explican los lechos, aunque obliquos, por las tiranteces de las dobelas de un arco y su clave.* **Bails 1802, 58.** LECHO. *La superficie inferior de todo sillar o dovela, con la cual toca la que tiene debaxo.*

Levantar (*lebantar*)¹⁴. Dibujar el alzado o monte. || Elevar un punto en el alzado sobre otro punto o plano de referencia.

RAE 2014. LEVANTAR. Proceder a dibujar un plano de una población, una construcción, etc, según procedimientos técnicos. **Covarrubias 1611, 1045, 1.** LEVANTAR. *Levantar una cosa de lo baxo a lo alto.* **Bails 1802, 60.** LEVANTAR. *Hablando de arcos es tener más o menos monte. De un arco, cuya monte o distancia desde su diámetro hasta su clave es mayor que la del otro, se dice que levanta más.*

Línea (*línia*). Segmento de recta (Calvo 2000, III: 325).

RAE 2014. LÍNEA. Geom. Sucesión continua e indefinida de puntos. **RAE A 1734, 411, 2.** LÍNEA. *Es una longitud sin latitud, esto es en quien se considera una sola dimensión o extensión, que se llama longitud. Divídese en recta y curva: La*

¹⁴ Se utiliza en el sentido de trazar el alzado o proyección vertical del arco a partir de la planta *El arco biaje contraviage se traza de la forma siguiente que echa su planta nyro y lebantada la monte en la forma que está demostrado [...]*.

línea recta es la que está igualmente extendida entre sus extremos y todas las demás se llaman curvas, de que hai muchas especies, como circular, elyptica, etc. Bails 1802, 60. LÍNEA. Hablando de pared es lo mismo que su cara o superficie.

Línea plana (*linia plana*)¹⁵. Línea recta intersección de la planta o proyección horizontal, con la montea o alzado.

Línea de tierra. Intersección de un plano horizontal de proyección con otro vertical. || Intersección común del plano geométrico y del plano óptico. (RAE 2014).

RAE A 1734, 412,1. LÍNEA DE LA TIERRA. *En la perspectiva es la sección común del plano geométrico y de la tabla o plano óptico. Llámase tambien basa de la tabla.*

RAE U 1780, 586,1. LÍNEA HORIZONTAL. *Persp. La común sección del plano horizontal y de la tabla o plano óptico.*

Menudamente. Particularmente, con mucho detalle y pormenor. || De forma muy leve o delgada. (RAE 2014).

RAE A 1734, 546, 2. MENUDAMENTE. *Particularmente, con distinción y menudencia.*

Miembro (*mienbro*). Arq. Cada una de las partes principales de un orden arquitectónico o de un edificio (RAE 2014).

RAE A 1734, 565, 1. MIEMBRO. *En la Architectura, es cualquiera de las partes essenciales que la componen, como son pedestal, coluna, capitel, collarino, architrave, cimacio, etc. Rejón de Silva 1788, 140. MIEMBRO. Llámase así cada parte principal de un orden arquitectónico, o de un edificio. Bails 1802, 67. MIEMBRO. Qualquiera parte del ornato; como friso, moldura, etc.*

Módulo. Arq. Medida que se usa para las proporciones de los cuerpos arquitectónicos. En la antigua Roma, era el semidiámetro del fuste en su parte inferior (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 142. MÓDULO. *Medida que se usa en la Architectura para las proporciones de los cuerpos; y es siempre el semidiámetro de la parte inferior de la columna. Bails 1802, 67-68. MÓDULO. Medida que rige para señalar las dimensiones de todas las partes de un edificio, y la proporción de todas las del ornato. Por lo regular sirve de módulo o pitipié el diámetro inferior de la columna, llamado imoescapo o cabeza [...].*

Montea. Trazado del despiece y los detalles de una obra, a tamaño natural, para la obtención de plantillas o dimensiones. Se ejecutaba sobre un tendido de yeso en el suelo o en la pared, y en ocasiones se grababa con punzón en paramentos de piedra ya construidos. || Arte de definir

¹⁵ Se utiliza el término *línea plana* en el sentido entendido en la geometría descriptiva como línea de tierra [...]echa su planta y trazar la montea mnop como está demostrado baja los plomos a la linia plana y tira sus abazamentos [...].

gráficamente las formas de los sillares para su labra. || Traza. || Modernamente estereotomía.
|| Altura de un alzado o bóveda. || Alzado. (Rabasa 2007b, 240).

RAE 2014. MONTEA. Arq. Acción de montar (ll trazar la monte de una obra). || Dibujo de tamaño natural que en el suelo o en una pared se hace del todo o parte de una obra para hacer el despiezo, sacar las plantillas y señalar los cortes. || Estereotomía. **Covarrubias 1611, 1108, 2.** MONTEA. *La demostración que hace el arquitecto, rasguñando sobre la planta el cuerpo del edificio, y porque se va levantando en alto se llamó monte.* **RAE A 1734, 601, 2.** MONTEA. *El arte que enseña los cortes de las piedras que forman todo género de arcos y bóvedas, con tal artificio que unidas se mantengan las unas a las otras. || Se llama también la descripción o planta de alguna obra, dibuxado el cuerpo de la fábrica con sus alturas, de donde se dixo Monte según Covarr. || Lllaman también los architectos la vuelta del arco, o semicírculo por la parte convexa.* **Rejón de Silva 1788, 143.** MONTEA. *La altura de un arco o bóveda desde la imposta hasta la clave.* || MONTEAR. *Trazar geométricamente el alzado de un edificio, o parte de él. Regularmente esta traza es de tamaño igual a la obra.* **Bails 1802, 68.** MONTEA. *Parte de la Arquitectura que enseña el corte de los sillares para formar una fábrica, sea pared, arco, etc. || El dibuxo que se hace de una bóveda de tamaño natural en una pared o suelo para tomar las medidas y formas de sus diferentes partes. || Lo que coge de alto un arco o bóveda desde su centro hasta la clave.* || TRAZAR LA MONTEA DE UN ARCO O BÓVEDA. *Dibuxarla del mismo tamaño que se ha de fabricar, señalando las dovelas con sus diferentes juntas, caras y lechos, de modo que vengan bien unos con otros, y pueda sacar todas sus dimensiones el cantero.*

Norma. Regla que se debe seguir o a que se deben ajustar las conductas, tareas, actividades, etc. (RAE 2014).

RAE A 1734, 679, 2. NORMA. *La esquadra de que usan los Artífices para arreglar y ajustar los maderos, piedras y otras cosas. || En sentido moral vale regla, que se debe seguir, o a que se deben ajustar las operaciones.*

Oblicuo. Que se desvía de la horizontal o vertical. || Geom. Dicho de un plano o de una línea: Que corta a otro plano u otra línea, formando un ángulo que no es recto (RAE 2014).

RAE U 1817, 606, 3. OBLICUO. *Sesgado, inclinado. || Se dice del plano o línea que cae sobre otro, y hace con el o ella ángulo que no es recto; y así los ángulos agudos y obtusos se llaman ángulos oblicuos.*

Orden. Arq. Cierta disposición y proporción de los cuerpos principales que componen un edificio (RAE 2014).

RAE A 1737, 48, 2. ORDEN DE ARCHITECTURA. *Es una cierta disposición y proporción de los cuerpos principales que componen un edificio. Los que más se usan en las fábricas son Toscano, Dórico, Jónico, Corintio y Compuesto [...].* **Rejón de Silva 1788, 149.** ORDEN DE ARQUITECTURA. *El conjunto de pedestal, columna y cornisamento, que contribuyendo a la firmeza de una fábrica noble, constituye la parte más esencial de su ornato, y de la hermosura arquitectónica. [...].* **Bails 1802, 72.** ORDEN. *La colocación arreglada de muchas bellas partes, llamadas miembros, de cuyo conjunto resulta la hermosura del todo que componen. Los Órdenes que se distinguen por sus medidas y proporciones, son principalmente cinco: tres Griegos, que se llaman Dórico, Jónico y Corintio; y dos Latinos, que son el Toscano y el Compuesto.*

Compuesta (*compuesta*). Orden que en el capitel de sus columnas reúne las volutas del jónico con las dos filas de hojas de acanto del corintio, guarda las proporciones de este para lo demás y lleva en la cornisa dentículos y modillones sencillos (RAE 2014).

RAE A 1729, 461, 2. COMPUESTO. *En la Architectura es el quinto orden. Llámánle así, por no ser otra cosa que una composición de los órdenes Griegos, singularmente del Jónoco y Corinthio.* **Rejón de Silva 1788, 151.** ORDEN COMPUESTO. *Llámase también Romano, por haberse inventado en Roma. Sus proporciones son las mismas que el Corintio, pero el capitel lleva ocho volutas grandes puestas por ángulo, y unidas de dos en dos; y al neto del pedestal se le suele dar la proporción dupla.* **Bails 1802, 72.** ORDEN COMPUESTO. *El que se compone del Jónico y Corintio; porque su capitel lleva las dos filas de hojas del Corintio y las volutas del Jónico. Su cornisa lleva dentículos o modillones sencillos.*

Corintio. Orden que tiene la columna de unos diez módulos o diámetros de altura, el capitel adornado con hojas de acanto y caulículos, y la cornisa con modillones (RAE 2014).

RAE A 1729, 596, 2. CORINTIO. *El quarto orden de los cinco de Architectura, que dice el Padre Tosca, tom. 5. Pl. 33, ser el más elegante de todos, por juntar en sí la gracia y hermosura del Jónico con la magestad del Dórico.* **Rejón de Silva 1788, 150.** ORDEN CORINTIO. *Se inventó en Corinto, y por su esbelteza y delicados adornos se compara a una doncella hermosa y ataviada. Sus proporciones según Vitrubio, son las mismas que las del orden Jónico, excepto el capitel que es más alto [...].* **Bails 1802, 72.** ORDEN CORINTIO. *Aquel cuya columna tiene diez módulos de altura, el capitel dos filas de hojas de acanto y ocho volutas que apean su ábaco, y su cornisa modillones.*

Dórico. Orden que tiene la columna de ocho módulos o diámetros a lo más de altura, el capitel sencillo y el friso adornado con metopas y triglifos (RAE 2014).

RAE A 1732, 338, 2. DÓRICO. *Term. de Architectura. El segundo de los Órdenes de este Arte, que se pone entre el Toscano y el Jónico, y tiene por adorno los metopos y los triglyphos.* **Rejón de Silva 1788, 149-150.** ORDEN DÓRICO. *Llábase así por haberse inventado entre los Dorios, o por que Doro, hijo de Elena, lo empleó en el Templo que hizo a Juno en Argos. Tiene más ornato y hermosura que el Toscano, y casi tanta robustez y firmeza, por lo que es símbolo de un guerrero valeroso [...].* **Bails 1802, 72.** ORDEN DÓRICO. *Aquel cuya columna tiene ocho diámetros de altura, sin adorno en su basa y capitel.*

Jónico. Orden que tiene la columna de unos nueve módulos o diámetros de altura, el capitel, adornado con grandes volutas, y dentículos en la cornisa (RAE 2014).

RAE A 1734, 320, 2. JÓNICO. *Uno de los cinco órdenes de la architectura, llamado así por haberse tomado de la Jonia Provincia del Asia menor.* **Rejón de Silva 1788, 149-150.** ORDEN JÓNICO. *Llamado así por haberse inventado en la Jonia: Tiene mucha belleza y magestad por sus ornatos, y se compara con una matrona hermosa [...].* **Bails 1802, 72.** ORDEN JÓNICO. *Aquel cuya columna tiene nueve diámetros de altura, con quatro volutas en su capitel, y dentículos en su cornisa.*

Toscano. Orden que se distingue por ser más sólido y sencillo que el dórico (RAE 2014).

RAE A 1739, 309, 1. TOSCANO. *El primer orden de los cinco de la Architectura, que parece llamarse así por su tosquedad, y poco, o ningún ornato, según unos: y según otros por haber sido inventado en la Toscana.* **Rejón de Silva 1788, 149-150.** ORDEN TOSCANO. *Llábase así porque se inventó en Toscana. En su ornato es más sencillo y liso [...].* **Bails 1802, 72-73.** ORDEN TOSCANO. *El más sencillo y sólido de los cinco Órdenes, cuya columna tiene siete diámetros.*

Ornamento. Arq. y Esc. Ciertas piezas que se ponen para acompañar a las obras principales. || Adorno, compostura, atavío que hace vistosa una cosa. (RAE 2014).

Bails 1802, 73. ORNATO. *Parte de la Arquitectura que enseña como se hacen hermosos los edificios. || Significa también la decoración y hermosura de los edificios.*

Paralela. Geom. Dicho de dos o más líneas o superficies: Que al ser equidistantes entre sí, por más que se prolonguen nunca pueden encontrarse (RAE 2014).

Pechina. (Ver trompa)¹⁶.

Pechina cuadrada (quadrada). Trompa de superficie de intradós semicónica cuyo eje es ortogonal al paramento de la embocadura.

¹⁶ El término pechina no se refiere en el manuscrito a su acepción actual, es decir, al triángulo curvilíneo que forma el anillo de la cúpula con los arcos torales sobre los que estriba. El autor, al igual que otros como Vandelvira o Martínez de Aranda, denomina pechinas a las piezas conocidas actualmente como trompas.

Pechina en viaje (*en biaje*), esviada. Trompa de superficie de intradós semicónica cuyo eje es oblicuo al paramento de la embocadura.

Perpendicular (*perpendicular*). Dicho de una línea o de un plano: Que forma ángulo recto con otra línea o con otro plano (RAE 2014).

RAE A 1737, 229, 2. PERPENDICULAR. *Adj. de una term. que se aplica en la Geometría a la línea o plano que cae sobre otra línea u otro plano, haciendo ángulos iguales a entrambas partes: esto es sin inclinación alguna hacia una parte ni la otra.*

Pie. Medida de longitud usada en muchos países, aunque con varia dimensión (RAE 2014).

RAE A 1737, 261, 2. PIE. *Especie de medida muy usada en las más partes; pero desigual en unas, respecto de otras. El pie de Castilla es la tercera parte de la vara, y tiene con el pie romano antiguo la proporción que 923 a 1000.*

Pieza (*pieca*). Pedazo o parte de una cosa. || Cada uno de los objetos que componen un conjunto; o cada unidad de ciertas cosas o productos que pertenecen a una misma especie. (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 1174, 2. PIEÇA. *Pedaço de qualquiera cosa.* **RAE A 1737, 268, 2.** PIEZA. *El pedazo u porción de que se compone alguna cosa mayor.*

Plano (*dobelas tendidas en plano*). Llano, liso, sin relieves. || Geom. superficie plana (superficie sobre la cual se puede aplicar una regla en una o en más direcciones). (RAE 2014).

Bails 1802, 83. TENDER EN EL PLANO. *Reducir una superficie curva a plana para medirla.*

Planta. Proyección o sección sobre un plano horizontal de un objeto, esp. Un edificio o parte de un edificio || Plantilla de papel, pergamino, madera, cartón, chapa de hierro, plomo, estaño o cuero usada como patrón en la labra de piezas de cantería. (Calvo 2000, III: 346).

RAE 2014. PLANTA. *Diseño en que se da idea para la fábrica o formación de algo. || Geom. Pie de la perpendicular trazada desde un punto al plano horizontal.* **RAE A 1737, 290, 1.** PLANTA. *Se llama también el dissenio u idea, que se hace falta para la fábrica o formación de alguna cosa: como la planta de un edificio. || En la perspectiva es el punto en el plano geométrico, en el que cae la perpendicular, que baxa de un punto de cualquier objeto, puesto en el aire sobre dicho plano. Lámase también situación o ligar correspondiente a dicho punto.* **Rejón de Silva 1788, 167-168.** PLANTA. *Planta es el área de todo el edificio, cuya demostración se hace con el compás y regla.* PLANTILLA. *El bastidor formado con la figura exacta, que debe tener cada superficie de una piedra, según sus cortes o destino. Puede ser la plantilla de tabla, chapa o cartón.* **Bails 1802, 83.** PLANTILLA. *Qualquier patrón de una de las superficies de una dovela o sillar, sacado en una tabla, cartón*

u otra materia delgada, el qual, aplicándole sobre el sillar, sirve para cortar su cara, lecho, etc. Así hay plantilla de lecho, de intradós, etc.

Plomo. Línea vertical trazada en el alzado desde el vértice del intradós de la junta de lecho hasta la *línea plana* o línea de referencia.

RAE 2014. PLOMO. Plomada. || Pesa de metal. **Covarrubias 1611, 1181, 1.** PLOMO. *Estar a plomo la pared, estar derecha: lo contrario se dize estar desplomada, porque la cuerda del nivel tiene al cabo una pesilla de plomo, que cae con una cuerda perpendicularmente, y como dize a plomo.* **RAE A 1737, 301, 2.** A PLOMO. *Modo adverb. que significa derecha y perpendicularmente: porque regularmente se toma la medida con la plomada o con el plomo.* **Rejón de Silva 1788, 169.** A PLOMO. *Expresión con que se denota que un cuerpo cae sobre otro perpendicularmente o derechamente.* **Bails 1802, 83.** PLOMO. *Lo mismo que plomada.* PLOMADA. *Instrumento compuesto de un bramante o cordel, del qual cuelga una pesa de plomo, y sirve para reconocer si una pared, columna, pie derecho, etc. Está en situación vertical o perpendicular al horizonte. Por este motivo también suele llamarse Plomada la línea vertical.* CARGAR O ESTAR A PLOMO. *Expresa que un cuerpo está asentado muy verticalmente sobre otro, de modo que el punto central del uno esté sobre el punto céntrico del otro.*

Porción (porción, porción). Cantidad segregada de otra mayor (RAE 2014).

Regla. Instrumento rígido y de forma rectangular que sirve para trazar líneas rectas, o para medir la distancia entre dos puntos. || Modo establecido de ejecutar algo. (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 1215, 1. REGLA. *Regla material una vara derecha, que echándole la plomada forma una línea recta.* **RAE A 1737, 547, 2.** REGLA. *El listón recto de madera u de otra materia, que sirve para tirar o echar las líneas derechas. || Se llama también el precepto, principio o axioma en las Ciencias o Artes.* **Bails 1802, 89.** REGLA. *Listón recto de madera u otra materia, que sirve para tirar líneas.*

A regla. Dícese de la tronera o capialzado en el que ambas embocaduras son adinteladas.

Rejón de Silva 1788, 24; Bails 1802, 7. ARCO A REGLA. *Lo mismo que Arco adintelado.*

Repartir. Distribuir algo dividiéndolo en partes (RAE 2014).

Rincón de claustro¹⁷. Bóveda generada por la intersección, sin cruzarse, de dos bóvedas de cañón del mismo diámetro, cuyos ejes pertenecen a un mismo plano horizontal y forman ángulo recto.

¹⁷ El autor del manuscrito emplea la denominación de *rincón de claustro* para denominar la que actualmente se conoce como *bóveda acodada*. La bóveda que actualmente se denomina de *rincón de claustro* era conocida antiguamente como *esquifada*.

Rejón de Silva 1788, 40. BÓVEDA EN RINCÓN DE CLAUSTRO. *La que forman dos cañones de bóveda, que se encuentran y hacen ángulo. || Llámase esta bóveda claustral, o vuelta en rincón de claustro, por estilarse solamente en los claustros, que constan de dos cañones cilíndricos seguidos, los cuales al encontrarse en los ángulos, se cortan mutuamente formando allí con este corte una bóveda mixta de arista y esquife.*

Rincón de claustro esviado (en biaje). Bóveda generada por la intersección, sin cruzarse, de dos bóvedas de cañón del mismo diámetro, cuyos ejes pertenecen a un mismo plano horizontal y forman ángulo oblicuo.

Salmer. Arq. Primera dovela de piedra utilizada en el arranque de un arco adintelado o escarzano (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 187. SALMER. *La superficie obliqua que se dexa en la parte superior de un machón de ladrillo o piedra para el arranque de un arco escarzano o adintelado. El salmer siempre lleva su dirección al centro del mismo arco. RAE U 1803, 771, 1.* SALMER. *El plano inclinado de la imposta, machón, muro, etc, de donde arranca el arco o bóveda escarzana. Bails 1802, 94.* SALMER. *La primera piedra de un arco adintelado que sienta de plano sobre el machón, cuya parte es y está con corte inclinado del lado del arco para recibir la primera cuña.*

Saltrarregla (salta regla). Instrumento de cantería formado por dos reglas articuladas alrededor de un eje cuyo ángulo se puede ajustar, como los dos brazos de un compás, para transportar cualquier ángulo rectilíneo. || Ángulo que forman entre sí las juntas de testa e intradós de una pieza de cantería. || Segmento que representa bien la junta del intradós, bien la junta de testa y permite tomar el ángulo que forman entre sí (Calvo 2000, III: 351. SALTARREGLA).

RAE 2014. SALTARREGLA. Instrumento formado de dos reglas movibles alrededor de un eje, que trazan ángulos de diferentes aberturas. **Rejón de Silva 1788, 187.** SALTARREGLA. *Instrumento de los picapedreros compuesto de dos reglas con juego para arreglar su abertura a la medida que necesitan en el corte de una piedra. Bails 1802, 94.* SALTARREGLA. *Instrumento formado de dos reglas de madera, que se pueden apartar o arrimar una a la otra como las dos piernas de un compás, y sirve para tomar toda especie de ángulos rectilíneos. RAE U 1853, 1520, 3.* SALTARREGLA. Pantómetra. **RAE A 1737, 108, 2.** PANTÓMETRA. *Instrumento mui usado de los Geómetras, llamado también compás de proporción. Compónese de dos reglas de metal paralelogramas, ajustadas y unidas por una parte con gran primor, de modo que puedan abrirse y cerrarse a modo de compás [...].*

Sobrelecho. Superficie inferior de la piedra, que descansa sobre el lecho superior de la que está debajo (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 191. SOBRELLECHO. *El lado o cara de la piedra opuesta al lecho, mirando acia la tierra.* **Bails 1802, 96.** SOBRELLECHO. *La superficie o paramento superior de un sillar, sillarejo o dovela, sobre el qual sienta otro sillar.*

Subir. Desplazar la punta del compás o el trazador desde un punto a otro situado en el alzado sobre la misma vertical del dibujo.

RAE 2014. SUBIR. Ir o moverse hacia arriba. || Ir desde un lugar a otro más alto. **RAE A 1739, 167, 2.** SUBIR. *Levantar alguna cosa del lugar que tenía.*

Superficie reglada. Aquella sobre la cual se puede aplicar una regla en una o más direcciones (RAE 2014).

Talud (*talus*). Inclinação del paramento de un muro o terreno (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 197; Bails 1802, 100. TALUS O TALUD. *Lo mismo que escarpa o declivio.* **Rejón de Silva 1788, 95.** ESCARPA. *El declivio pendiente que forma un muro, quando su grueso sube en disminución.*

Tender. Desdoblar, extender o desplegar lo que está cogido, doblado, arrugado o amontonado. || Echar por el suelo algo, esparciéndolo. (RAE 2014).

Tendida. Participio de tender (RAE 2014).

Testa. Cualquiera de los dos paramentos frontales de un arco. || Cara de una dovela que corresponde a uno de los dos paramentos frontales de un arco (Calvo 2000, III: 353).

Rae 2014. TESTA. Frente, cara o parte anterior de algunas cosas materiales. Cara menor de un sillar o ladrillo.

Tirantez. Arq. Dirección de los planos de hilada de un arco o bóveda. p. us. Distancia en línea recta entre los extremos de una cosa. (RAE 2014).

RAE A 1739, 280, 1. TIRANTEZ DEL ARCO. *En la Architectura es la dirección, con que las juntas de las piedras, o las hiladas de ladrillos, de que constan los arcos de las fábricas, se encaminan hacia alguno, o algunos puntos determinados.* **Calvo 2000, III: 354.** TIRANTEZ. Arista de una dovela que corresponde a la intersección de una testa con la cara de lecho. || Dirección de los planos de lecho de un arco o bóveda.

Tirar. Trazar líneas o rayas (RAE2014).

Tranquil. Línea vertical (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 25. ARCO POR TRANQUIL. *Llámase así aquel cuyos arranques están en línea oblicua, quedando la una imposta más baxa que la otra.* **RAE U 1884, 93, 2.** ARCO POR TRANQUIL. *El que tiene sus arranques a distinta altura uno del otro.* **Bails 1802, 7.** ARCO POR TRANQUIL. *El que no tiene sus arranques en una misma horizontal, estando el uno más alto que el otro; por manera que la plomada*

que cae desde su clave, no es perpendicular a la línea recta tirada desde la una imposta a la otra.

Trasdós. Cara exterior o superior de un muro, arco, bóveda o cúpula (RAE 2014).

Rejón de Silva 1788, 207. TRASDÓS. *La parte posterior de qualquiera piedra de las que se emplean en un edificio. || La parte convexa de una bóveda, o la parte posterior de una pared.* **Bails 1802, 105.** TRASDÓS. *La superficie exterior de un arco o bóveda quando tiene la misma vuelta que la interior.* **Bails 1802, 130.** TRASDÓS. *La parte posterior de una pared, o de qualquiera piedra de las que se emplean en un edificio.* **RAE U 1803, 853, 1.** TRASDÓS. *En las piedras de sillería y en otras cosas, la superficie posterior que se coloca hacia el interior del edificio.*

Trasplomo. Línea vertical trazada en el alzado desde el vértice del trasdós de la junta de lecho hasta la *línea plana* o línea de referencia.

Trazar. Hacer trazos. || Delinear o diseñar la traza que se ha de seguir en un edificio u otra obra. (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 1304, 1. TRAZAR. *Es quando se delinea alguna obra la qual se demuestra por planta y monte, y porque para llegar a su perfección se va traçando y cortando se dixo traça.* **Rejón de Silva 1788, 208.** TRAZA. *La delineación de alguna obra de Arquitectura, u de otra cosa artificial.* **Bails 1802, 106.** TRAZAR. *Delinear o executar la traza para la construcción de un edificio.*

Trompa. Bovedillas semicónicas que permiten el apoyo de una cúpula octogonal o circular sobre una base cuadrada. || Aparejo adovelado que permite el vuelo sobre una esquina entrante o saliente o saliendo de un muro (Rabasa, 2007b: 241).

RAE 2014. TROMPA. Arq. Bóveda fuera del paramento de un muro. **Bails 1802, 130.** TROMPA. *Especie de bóveda voladiza fuera del vivo de un muro.*

Tronera. Abertura en el costado de un buque, en el parapeto de una muralla o en el espaldón de una batería, para disparar con seguridad y acierto los cañones. || Ventana pequeña y angosta por donde entra escasamente la luz. (RAE 2014).

Covarrubias 1611, 1314, 2. TRONERA. *Una ventanica larga y angosta, pero al cabo redonda, de que usan en las fortalezas y castillos, para que desde allí antiguamente los ballesteros, y ahora los arcabuceros puedan tirar a los enemigos encubiertamente, dicha así del tronido que hace el arcabuz, o la pieza pequeña de artillería.* **Rejón de Silva 1788, 209.** TRONERA. *Cualquier agujero que se abre en una pared para dar luz.* **Bails 1802, 106.** TRONERA. *Vano a manera de pirámide cónica truncada que hay en el cielo de un teatro para darle luz y ventilación. || Llámase así qualquier agujero que se abre en una pared o muro para dar luz y ventilación.*

A regla. Que tiene sus dos embocaduras adinteladas.

Engauchida (*Engaduchida*). Que tiene una superficie de intradós reglada alabeada.

Tropezar. Encontrar el punto de intersección con una línea.

Ventana (*bentana*). Abertura en un muro o pared donde se coloca un elemento y que sirve generalmente para mirar y dar luz y ventilación (RAE 2014).

RAE A 1739, 450, 2. VENTANA. *La rotura, u abertura, que artificiosamente dexa el Architecto en la pared del edificio, para darle luz, y que entre el viento, de cuya voz se tomó.* **Rejón de Silva 1788, 211. VENTANA.** *Abertura en la pared de un edificio por donde entra la luz. Comunmente es quadrilonga.* **Bails 1802, 107-108. VENTANA.** *Vano, cuyo destino es dar luz y ventilación a las piezas.*

Abocinada (*enboçinada*). Ver arco embocinado

Viaje (*biaje*). Ver esviaje.

Volver (*bolber*). Trasladar una longitud desde una línea a otra.

RAE 2014. VOLVER. Dar vuelta o vueltas a algo. || Ir al lugar de donde se partió.

Vuelta (*buelta*). Curva del arco de embocadura en el intradós o trasdós.

RAE 2014. VUELTA. Movimiento de una cosa alrededor de un punto, o girando sobre sí misma, hasta invertir su posición primera, o hasta recobrarla de nuevo. || Regreso al punto de partida. **Bails 1802, 109. VUELTA DE ARCO O BÓVEDA.** *La curvatura que tiene, según la qual tomó el nombre; pues si es semicircular se dirá que la Vuelta del arco o de la bóveda es de medio punto; si es rebaxada, lo mismo; etc.*

ARCHIVOS

Relación de archivos que conservan los documentos citados en el texto:

- Archivo de la Real Cancillería de Valladolid.
- Archivo del Museo de la Catedral de Barbastro.
- Archivo de Protocolos de Tudela.
- Archivo Diocesano de Cuenca.
- Archivo Diocesano de Pamplona.
- Archivo General de Guipuzcoa.
- Archivo General de Navarra.
- Archivo Histórico Nacional de Madrid.
- Archivo Histótico Provincial de Cantabria.
- Archivo Histórico Provincial de Cuenca AHPC.
- Archivo Histórico Provincial de Jaén AHPJ.
- Archivo Histórico Provincial de Murcia.
- Archivo Histótico Provincial de Valladolid.
- Archivo Municipal de San Clemente.
- Archivo Particular de Francisco Castillo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad León, Felipe.** 1990. *Guía para visitar los Santuarios Marianos de La Rioja*. Madrid: Ediciones Encuentro.
- Abbate, Francesco.** 2002. *Storia dell'Arte nell'Italia Meridionale. Il secolo d'oro*. Roma: Donzelli.
- Abraham, Paul.** 1934. Viollet-Le-Duc et le rationalisme médiéval . *Bulletin Monumental*, 93, pp. 69-88.
- Agüera Ros, José Carlos.** 1982. *Un ciclo pictórico del 600 murciano (La capilla del Rosario)*. Murcia: Academia Alfonso X el Sabio.
- Aita, Danila.** 2003. Between geometry and mechanics: A re-examination of the principles of stereotomy from a statical point of view . En: Huerta Fernández, Santiago, *Proceedings of the First International Congress on Construction History*. Madrid: I. Juan de Herrera; SEDHC; ETSAM; A. E. Benvenuto; COAM; F. Dragados, pp. 161-170.
- Aldana Fernández, Salvador.** 1982. La Lonja de Valencia . *Archivo de Arte Valenciano*, LXIII, pp. 13-19.
- Alomar, Gabriel.** 1970. *Guillem Sagrera i la arquitectura gòtica del siglo XV*. Barcelona: Blume.
- Alonso Rodríguez, Miguel Angel; Calvo López, José; Martínez Ríos, Maria del Carmen.** 2008. Levantamiento y análisis constructivo de la cabecera de la iglesia de Santiago de Jumilla . En: *XIX Jornadas de Patrimonio Cultural de la Región de Murcia*. Murcia: Consejería de Cultura, pp. 649-659.
- Alonso Rodríguez, Miguel Ángel; López Mozo, Ana.** 2002. Levantamiento de la cúpula de la iglesia del Monasterio de San Lorenzo del Escorial . En: *IX Congreso de Expresión Gráfica Arquitectónica*. La Coruña: Universidad, pp. 303-308.
- Alonso Rodríguez, Miguel Ángel; López Mozo, Ana; Calvo López, José.** 2001. Levantamiento de las bóvedas de la capilla de Junterón de la catedral de Murcia . *III Jornadas de Fotogrametría Arquitectónica*. Valladolid.
- Alonso Rodríguez, Miguel Angel; Pliego de Andrés, Elena; Sanjurjo Álvarez, Alberto.** 2011. Graphical Tools for an Epistemological Shift. The Contribution of Protoaxonometrical Drawing to the Development of Stonecutting Treatises . *Nexus*, 13, 3, pp. 649-670.
- Alonso Ruiz, Begoña.** 1991. *El arte de la cantería: los maestros trasmeranos de la Junta de Voto*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Alonso Ruiz, Begoña.** 1993. Urbanismo y clasicismo en Santander: la Plaza Vieja hacia 1600 . En: Aramburu-Zabala Higuera, Miguel Angel; Gómez Martínez, Javier, *Juan de Herrera y su Influencia. Actas del Simposio*. Santander: Fundación Obra Pía Juan de Herrera; Universidad de Cantabria, pp. 319-330.
- Alonso Ruiz, Begoña.** 2002. Algunos tópicos sobre la cantería transmerana . *Estudios trasmeranos*, 1, pp. 144-153.
- Alonso Ruiz, Begoña.** 2003. *Arquitectura tardogótica en Castilla. Los Rasines*. Santander: Universidad de Cantabria.

- Alonso Ruiz, Begoña.** 2009. El Arte de la Cantería en Castilla durante el siglo XVI . En: Roldán Martín, Juan, *El Arte de la Piedra. Teoría y Práctica de la Cantería*. Madrid: CEU Ediciones, pp. 157-171.
- Alonso Ruiz, Begoña.** 2011. Canteros castellanos en indias a mediados del siglo XVI: Juan Ruiz de Mutio, un muy buen oficial . En: Huerta Fernández, Santiago; Gil Crespo, Ignacio; García Suárez, Santiago; Taín Guzmán, Miguel, *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 1, pp. 75-82.
- Alvarado Planas, Javier.** 2009. *Heráldica, simbolismo y usos tradicionales de las corporaciones de Oficio; las marcas de canteros*. Madrid: Hidalguía.
- Álvarez Lázaro, Pedro.** 1996. Origen, Evolución y Naturaleza de la masonería contemporánea . En: Lázaro, Pedro Álvarez, *Maçonaria, igreja e liberalismo. Masonería, Iglesia y Liberalismo, Actas da Semana da Faculdade de Teologia, Porto, 1994*. Porto-Madrid: Universidade Católica Portuguesa; Universidad Pontificia de Comillas, pp. 33-46.
- Ampliato Briones, Antonio Luis.** 2002. *El Proyecto Renacentista en el Tratado de Arquitectura de Hernán Ruiz*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Andrés Ordax, Salvador.** 1983. El arquitecto Pedro de Marquina . *Norba. Revista de arte, geografía e historia*, 4, pp. 7-24.
- Andrés Ordax, Salvador.** 1989. *Inventario artístico de Cáceres y su provincia. Tomo II*. Madrid: Ministerio de Cultura.
- Andrés Ordax, Salvador; García Mogollón, Florencio Javier.** 1989. *Inventario artístico de Cáceres y su provincia. Tomo I*. Madrid: Ministerio de Cultura.
- Andújar Ortega, Luis.** 1986. *Belmonte, cuna de Fray Luis de León. Su colegiata*. Cuenca: Luis Andújar.
- Antolí Fernández, Alfonso.** 2000. *La iglesia de Santiago de Jumilla: Arquitectura*. Jumilla: Concejalía de Cultura y Festejos de Jumilla.
- Antón y Casaseca, Francisco.** 1916. *Catálogo Monumental de la Provincia de Valladolid*. Manuscrito no publicado. C.S.I.C., Biblioteca Tomás Navarro Tomás.
- Arnau Amo, Joaquín.** 1988. *La teoría de la arquitectura en los tratados. Filarete, Di Giorgio, Serlio, Palladio*. Madrid: Tebar Flores.
- Arrúe Ugate, María Begoña.** 2004. El sistema Hallenkirchen en la Rioja: de los modelos conservados al singular ejemplo de San Millán de la Cogolla . En: Lacarra Ducay, María del Carmen, *Arquitectura religiosa del siglo XVI en España y Ultramar*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico pp. 115-158.
- Averlino, Antonio (El Filarete).** c. 1464. *Tratatto di architettura*. Edición con textos de Anna Maria Finoli e introducción y notas de Liliana Grassi. Milán, Polifolio, 1972.

- Azcárate Ristori, José María de.** 1945. Sobre el arco de Jamete en la catedral de Cuenca . *Archivo español de arte*, 18, 69, pp. 178-180.
- Azcárate Ristori, José María de.** 1945b. Vandelvira y Rodí en la catedral de Cuenca . *Archivo español de arte*, 18, 69, pp. 181-182.
- Azcárate Ristori, José María de.** 1956. El Convento de Uclés y Francisco de Luna, maestro de cantería . *Archivo español de arte*, 29, 115, pp. 173-188.
- Bails, Benito.** 1779-1790. *Elementos de Matemática...* Madrid: Joaquín Ibarra.
- Bails, Benito.** 1802. *Diccionario de arquitectura Civil*. Madrid: Viuda de Ibarra.
- Balmaceda, José Carlos.** 2001. *Filigranas: propuestas para su reproducción*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Baquero Almansa, Andrés.** 1913. *Catálogo de los profesores de las Bellas Artes Murcianos*. Murcia: Nogués.
- Barbaro, Daniele.** 1643. Principio y fundamento de la perspectiva de Daniel Varvaro, Patriarca de Aquileya; comentado en lengua castellana de la italiana por Phillipe Lázaro de Goyti, maestro de obras y arquitecto, vecino de Madrid . Biblioteca Nacional de España, Mss. 12830.
- Barbe-Coquelin de Lisle, Geneviève.** 1973. El Tratado de Arquitectura de Vandelvira y la estereotomía en España . En: *Actas del XXIII Congreso Internacional de Historia del Arte. España entre el Mediterraneo y el Atlántico*. Granada: Universidad de Granada, 2, pp. 226-232.
- Barbe-Coquelin de Lisle, Geneviève.** 1977. Edición con introducción, notas, variantes y glosario hispano-francés de términos de arquitectura . En: *El tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira*. Albacete: Caja de Ahorros.
- Barrio Loza, José A.; Moya Valgañón, José Gabriel.** 1980. El modo vasco de producción arquitectónica en los siglos XVI-XVIII . *Kobie*, 10, pp. 283-369.
- Barrio Loza, José A.; Moya Valgañón, José Gabriel.** 1981. Los Canteos Vizcaínos (1500-1800) Diccionario Biográfico . *Kobie*, 11, pp. 173-282.
- Barrón García, Aurelio.** 2012. Sobre las obras de madurez del arquitecto tardogótico Juan de Rasines, 1469-1542 . *Berceo*, 162, pp. 229-257.
- Barrón García, Aurelio.** 2012-2013. Bóvedas con figuras de estrellas y combados del tardogótico en La Rioja . *Turiso*, 21, pp. 219-267.
- Barrón García, Aurelio** 2014. Martín Ruiz de Álbiz y San Juan de Arteaga. La difusión de estrellas y combados en las bóvedas del Tardogótico en La Rioja . En: Villegas, L.; Lombillo, I.; Liaño, C.; Blanco, H., *Rehabend 2014. Congreso Latinoamericano*. Santander: Universidad de Cantabria, pp. 187-196.
- Barrón García, Aurelio.** 2014b. Proceso constructivo del claustro de San Millán de la Cogolla por Juan Pérez de Solarte . *Brocal*, 38, pp. 119-144.

- Barrón García, Aurelio.** 2015. Martín Ruiz de Albiz y San Juan de Arteaga, arquitectos de la catedral Santa María la Redonda en Logroño (1523-1529) . *Goya. Revista de Arte*, 353, pp. 263-287.
- Bartz, Gabriele; König, Eberhard.** 2001. *El Louvre*. Colonia: Könemann.
- Bechmann, Roland.** 1991. *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication*. Paris: Picard. 2ª edición revisada y aumentada, 1993.
- Begoña y Azcárraga, Ana.** 1986. *Arquitectura doméstica en la Llanada de Álava, siglos XVI, XVII y XVIII*. Vitoria-Gasteiz: Diputación Foral de Álava.
- Belda Navarro, Cristóbal; Hernández Albaladejo, Elías** 2006. *Arte en la Región de Murcia: de la Reconquista a la Ilustración*. Murcia: Editora Regional de Murcia.
- Berenguer Llopis, Vicente.** 1999. *La Catedral de Valencia en 1936*. Valencia: V.Berenguer.
- Bernstein Consortium.** 2017. *www.memoryofpaper.eu* [Online]. Viena: Austrian Academy of Sciences. [Consultada el 10/02/2017].
- Berto, Giuseppe; Puppi, Lionell.** 1981. *La obra pictórica completa de Canaletto*. Barcelona: Noguer.
- Blondel, François.** 1673. *Résolution des quatre principaux problèmes d'architecture ... [...]*. Paris: Imprimerie Royale.
- Blondel, François.** 1675-1683. *Cours d'architecture enseigne dans l'Academie Royale d'Architecture [...]*. Paris: M.F. Blondel. (I partie Imprimerie L. Roulland, Paris 1675; II-III partie chez l'auteur et N. Langlois, Paris 1683; IV-V partie chez l'auteur et N. Langlois, Paris 1683.).
- Bofarull y Sans, Francisco de.** 2008. *Los animales en las marcas del papel*. Valladolid: Maxtor.
- Bonet Correa, Antonio.** 1979. Simón García, tratadista de arquitectura . En: 1681, Simón García. *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*. Churubusco: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía Manuel Castillo Negrete.
- Bonet Correa, Antonio.** 1986. Ginés Martínez de Aranda, arquitecto y tratadista de cerramientos y arte de monte . En: Martínez de Aranda, Ginés, *Cerramientos y trazas de Montea*. Madrid: Servicio Histórico Militar.
- Bonet Correa, Antonio.** 1989. Los tratados de cortes de piedra españoles en los siglos XVI, XVII y XVIII . *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 69, pp. 22-62.
- Bosse, Abraham; Desargues, Girard.** 1643. *La pratique du traict a preuues de M. Desargues ... pour la coupe des pierres en l'Architecture ...* Paris: Pierre des Hayes.
- Branner, Robert.** 1957. Three problems from the Villard de Honnecourt manuscript . *Art Bulletin*, 39, 1, pp. 61-66.
- Briquet, Charles Moïse.** 1907. *Les filigranes. Dictionnaire historique des marques du papier*. Paris: Alphonse Picard et fils.

- Brutails, Jean Auguste.** 1908. *Précis d'Archeologie du Moyen-Age*. Toulouse, Paris: Privat; Picard.
- Brutails, Jean Auguste.** 1922. *Pour comprendre les monuments de la France*. Paris: Hachette.
- Bustamante García, Agustín.** 1994. *La octava maravilla del mundo. Estudio histórico sobre el Escorial de Felipe II*. Madrid: Alpuerto.
- Cabré Aguiló, Juan.** 1916-17. *Catálogo Monumental de la provincia de Soria*. Manuscrito no publicado. C.S.I.C., Biblioteca Tomás Navarro Tomás.
- Calatayud Fernández, Elena.** 1991. *Arquitectura religiosa en la Rioja Baja. Calahorra y su entorno (1500-1650). Los artífices*. Logroño: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de La Rioja.
- Calvo López, José.** 1998. Los trazados de cantería en la *Teórica y práctica de fortificación* de Cristóbal de Rojas . En: Bores Gamundi, Fernando; Fernández, J.; Huerta, Santiago; Rabasa, Enrique, *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. A Coruña: Instituto Juan de Herrera; SEdHC; Universidad de A Coruña; CEHOPU., pp. 67-75.
- Calvo López, José.** 2000. *Cerramientos y trazas de montea de Ginés Martínez de Aranda*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. (Ed.2003, Ann Arbor, ProQuest).
- Calvo López, José.** 2000b. Lunetas y arcos avanzados. El trazado de un elemento constructivo en los siglos XVI y XVII . En: Graciani García, Amparo; Huerta Fernández, Santiago; Rabasa Díaz, Enrique; Tabales Rodríguez, Miguel Ángel, *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla. Instituto Juan de Herrera, pp. 165-175.
- Calvo López, José.** 2001. Arquitectura oblicua y trazas de montea . *Revista de Expresión Gráfica en la Edificación (EGE)*, 2, pp. 38-51.
- Calvo López, Jose.** 2001b. Las trazas de montea en la fortificación española del Renacimiento . En: *Actas de las Jornadas sobre Fortificaciones Modernas y Contemporáneas*. Cartagena: Universidad Politécnica; AFORCA, pp. 41-48.
- Calvo López, José.** 2001c. Entre labra y traza. Instrumentos geométricos para la labra de la piedra de sillería en la Edad Moderna . En: *Actas del VI Congreso Nacional de Profesores de Materiales de Construcción de Escuelas de Arquitectura Técnica. 2001*. Sevilla: Asociación de Profesores de Materiales de Construcción de Escuelas de Arquitectura Técnica, pp. 107-120.
- Calvo López, José.** 2002. La semielipse peraltada. Arquitectura, mecánica y geometría en las últimas décadas del siglo XVI . En: *El Monasterio del Escorial y la arquitectura*. El Escorial. Instituto Escripturalense de Investigaciones Artísticas e Históricas, pp. 417-435.
- Calvo López, José.** 2004. Estereotomía de la piedra . En: *I Master de Restauración del Patrimonio Histórico*. Murcia: Colegio de Arquitectos; Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, pp. 117-153.

- Calvo López, José.** 2006. Las trompas del Puente Viejo de Murcia. Tratadística francesa y tradición hispánica en la construcción pétreo del primer siglo XVIII . En: *Actas del VIII Congreso de la Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación, A.P.E.G.A.* Valencia: Asociación de Profesores de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación, pp. 139-150.
- Calvo López, José.** 2007. Piezas singulares de cantería en la ingeniería y la arquitectura militar de Cartagena en el siglo XVIII . En: Arenillas Parra, Miguel; Segura Graíño, Cristina; Bueno Hernández, Francisco; Huerta Fernández, Santiago, *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera; SEdHC; CICCIP; CEHOPU, pp. 167-175.
- Calvo López, José.** 2009. El Manuscrito Cerramientos y Trazas de Montea, de Ginés Martínez de Aranda . *Archivo español de arte*, LXXXII, 325, pp. 1-18.
- Calvo López, José.** 2009b. La literatura de la cantería. Una visión sintética . En: Sanjurjo, Alberto; Palacios, José Carlos, *El arte de la piedra*. Madrid: CEU Ediciones, pp. 99-154.
- Calvo López, José.** 2015. Los «rasguños» de Alonso de Guardia y la práctica de la cantería española en la Edad Moderna. . En: Rodríguez Ortega, Nuria; Taín Guzmán, Miguel, *Teoría y literatura artística en España. Revisión historiográfica y estudios contemporáneos*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, pp. 411-457.
- Calvo López, José.** 2015b. Philibert de l'Orme and Spanish Stereotomy . En: Lemerle, Frédérique; Pauwels, Yves, *Philibert de l'Orme. Un architecte dans l'histoire*. Turnhout: Brepols, pp. 199-213.
- Calvo López, José.** 2017. The Geometry of the rib vault in early modern iberian and french literature . En: Nobile, Marco Rosario, *Techniche costruttive nel Mediterraneo: dalla stereotomia ai criteri antisismici*. Palermo: Edizioni Caracol, pp. 29-45.
- Calvo López, José; Alonso Rodríguez, Miguel Angel.** 2005. Bóvedas renacentistas de intradós esférico y tórico en el antiguo obispado de Cartagena . En: Collado Espejo, Pedro Enrique; Lechuga Galindo, Manuel; Sánchez González, María Belén, *XVI Jornadas de Patrimonio Histórico. Intervenciones en el patrimonio arquitectónico, arqueológico y etnográfico de la Región de Murcia*. Murcia: Servicio de Patrimonio Histórico, pp. 67-80.
- Calvo López, José; Alonso Rodríguez, Miguel Angel; López Mozo, Ana.** 2004. Escala y estereotomía. El capialzado abocinado en vuelta de la puerta de la sacristía de la capilla de Junterón en la catedral de Murcia . *Imafronte*, 16, pp. 7-30.
- Calvo López, José; Alonso Rodríguez, Miguel Ángel; Rabasa Díaz, Enrique; López Mozo, Ana.** 2005. *Cantería renacentista en la Catedral de Murcia*. Murcia: Colegio Oficial de Arquitectos.
- Calvo López, José; Alonso Rodríguez, Miguel Angel; López Mozo, Ana; Rabasa Díaz, Enrique; Pozo Martínez, Indalecio; Sánchez Pravia, José Antonio.** 2010. El uso de monteas en los talleres catedralicios: el caso murciano . *SEMATA, Ciencias Sociales e Humanidades*, 22, pp. 519-536.

- Calvo López, José; Alonso Rodríguez, Miguel Angel; Rabasa Díaz, Enrique; López Mozo, Ana; Pérez de los Ríos, Carmen; Natividad Vivó, Pau.** 2015. Geometry and capriciousness in the 11th-century armenian architecture. The scriptorium of the monastery of Sanahin . En: Bowen, Brian; Friedman, Donald; Thomas, Leslie; Ochendorf, John, *Proceedings of the Fifth International Congress on Construction History*. Chicago, Illinois: Construction History Society of América, 1, pp. 315-322.
- Calvo López, José; Alonso Rodríguez, Miguel Angel; Taín Guzmán, Miguel; Camiruaga Osés, Idoia.** 2015. Métodos de documentación, análisis y conservación de trazados arquitectónicos a tamaño natural . *Arqueología de la arquitectura*, 12, pp. 1-25.
- Calvo López, José; Salcedo Galera, Macarena.** 2016. Piezas singulares de cantería en la obra murciana de Jaime Bort y Pedro Fernández . *P+C: proyecto y ciudad. Revista de temas de arquitectura*, 7, pp. 3-16.
- Calvo López, José; Salcedo Galera, Macarena.** 2016b. Arithmetical and Geometrical Proportion in the Transition from Gothic to Renaissance in Spain: Rodrigo Gil's Churches and the Palace of Charles V in Granada as Case Studies . En: Duvernoy, Sylvie, *Nexus 2016 Architecture and Mathematics*. Torino: Kim Williams Books, pp. 129-136.
- Camón Aznar, José.** 1941. Edición . En: *Simón García, Compendio de Arquitectura y simetría de los templos*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Camón Aznar, José.** 1941b. La intervención de Rodrigo Gil de Hontañón en el manuscrito de Simón García . *Archivo español de arte*, XIV, pp. 300-315.
- Campos Sánchez-Bordona, María Dolores.** 2007. Las transformaciones de la arquitectura señorial del renacimiento español, como reflejo del devenir histórico y del debate de las teorías restauradoras. El ejemplo del palacio de los Guzmanes de León . *De Arte*, 6, pp. 167-194.
- Canales Martínez, Gregorio; Salazar Vives, Julián; Crespo Rodríguez, Fermín.** 1992. Proceso de formación urbana de Orihuela (Alicante) . *Investigaciones geográficas*, 10, pp. 143-164.
- Cañestro Donoso, Alejandro.** 2014. La Catedral de Orihuela y la contrarreforma: Una nueva imagen a golpe de reformas y añadidos . *Atrio*, 20, pp. 58-71.
- Caramuel de Lobkowitz, Juan de.** 1678. *Arquitectura civil recta y oblicua*. Vigevano: Imprenta obispal. Ed. facsimilar Madrid, Turner, 1984.
- Carvajal Alcaide, Rocío.** 2011. Estructura y singularidad del cuaderno de arquitectura de Juan de Portor y Castro . En: Huerta Fernández, Santiago; Gil Crespo, Ignacio J.; García Suárez, Santiago; Taín Guzmán, Miguel, *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 211-220.

- Carvajal Alcaide, Rocío; Cortés López, Miriam Elena.** 2013. Aportaciones gallegas para la historia del corte de la piedra en España: los cuadernos de Juan de Portor y Francisco Sarela . En: Huerta Fernández, Santiago; López Ulloa, Fabián, *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, I, pp. 161-170.
- Casaseca Casaseca, Antonio.** 2002. Ciudad Rodrigo, conjunto histórico . En: Casaseca Casaseca, Antonio, *Jardines, sitios y conjuntos históricos de la provincia de Salamanca*. Salamanca: Diputación de Salamanca, pp. 68-93.
- Caso Fernández, Francisco de.** 1981. *La construcción de la Catedral de Oviedo 1293 - 1587*. Oviedo: Universidad.
- Caso Fernández, Francisco de; Cuenca Busto, Cosme; García de Castro Valdés, César; Hevia Blanco, Jorge; De la Madrid Álvarez, Vidal; Ramallo Asensio, Germán.** 1999. *La Catedral de Oviedo. Historia y Restauración*. Oviedo: Ediciones Nobel.
- Castro, Cristóbal de.** 1915-16. *Catálogo monumental y artístico de la provincia de Logroño*. Manuscrito redactado según Real Orden de 1º de febrero de 1915. Logroño. No publicado. C.S.I.C., Biblioteca Tomás Navarro Tomás.
- Cavestany de Anduaga, Álvaro.** 1962. El conjunto urbano de Trujillo (Cáceres) . *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando*, 14, pp. 72-76.
- Ceán Bermúdez, Juan Agustín.** 1804. *Descripción artística del Hospital de la Sangre de Sevilla*. Valencia: Imprenta de Benito Monfort.
- Cervera Vera, Luis.** 1998. La arquitectura . En: *El siglo del Renacimiento*. Madrid: Akal, pp. 49-87.
- Chastel, André; Klein, Robert.** 1954. *El Humanismo*. Bruselas. Ed. Estella, Salvat, 1971.
- Cheréau, Jean.** c. 1567-1574. *Livre d'Architecture*. Gdansk, Municipal Library, MS 2280.
- Choisy, Auguste.** 1899. *Histoire de l'Architecture*. Paris: Gauthier-Villars. Ed. facsimilar.
- Chueca Goitia, Fernando.** 1953. *Andrés de Vandelvira, arquitecto*. Jaén: Diputación Provincial de Jaén. 1ª ed. Jaén: Diputación Provincial, 1971; ed. Jaén: Riquelme y Vargas, 1995.
- Chueca Goitia, Fernando.** 1953b. *Arquitectura del siglo XVI*. Madrid: Plus Ultra.
- Chueca Goitia, Fernando.** 1989. *Los Hospitales de Sevilla*. Sevilla: Real Academia Sevillana de Buenas Letras.
- Cicala, Federica.** 2015. *Gemelle diverse. Estudio, análisis y propuestas de intervención para las iglesias de S.S.ma Trinitá y San Nicolò Regale en Trápani, Sicilia*. Trabajo final del Máster Universitario en Patrimonio Arquitectónico Cartagena, Universidad Politécnica de Cartagena.

- Commission Internationale de Diplomatie; Commission Internationale de Sigillographie.** 1984. Travaux préliminaires de la Commission internationale de diplomatie et de la Commission internationale de sigillographie pour une normalisation des éditions internationales des éditions de documents et un Vocabulaire internationale de la diplomatie et de la sigillographie . En: Bautier, Robert-Henri, *Folia Caesaragustiana 1. Diplomatica et Sigillographica*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- Cortés López, Miriam Elena.** 2012. El manuscrito de Francisco Antonio Fernández Sarela en Santiago de Compostela. Apuntes sobre construcción de escaleras. . En: Fernandez Castiñeiras, Enrique; Monterroso Montero, Juan M., *Santiago, ciudad de encuentros y presencias*. Santiago de Compostela: Alvarellos, pp. 305-323.
- Covarrubias Orozco, Sebastian de.** 1611. *Tesoro de la lengua castellana o española*. Madrid: Luis Sánchez
- D'Anselmo, Marcello.** 2000. Las geometrías de las estructuras abovedadas . En: Graciani García, Amparo; Huerta Fernández, Santiago; Rabasa Díaz, Enrique; Tabales Rodríguez, Miguel Ángel, *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla. Instituto Juan de Herrera, pp. 23-28.
- Daroca Bruño, Francisco; Yllescas Ortiz, Marfa; De la Fuente Darder, Felipe.** 2003. *Guía de arquitectura de Córdoba*. Córdoba: Colegio Oficial de Arquitectos de Córdoba; Junta de Andalucía.
- De La Gournerie, Jules Maillard.** 1855. *Discours sur l'art du trait et la Géométrie descriptive*. Paris: Mallet-Bachelier.
- De la Hoz Martínez, Juan de Dios; Cañadas Jiménez, Plácido; De la Hoz Martínez, Luis.** 2006. Iglesia de Santiago Apóstol en Jumilla. Intervenciones de fase I. Atrio norte, cripta, sacristía y espacio gótico . En: *Actas de las XVII Jornadas de Patrimonio Histórico. Intervenciones en el patrimonio arquitectónico, arqueológico y etnográfico de la Región de Murcia*. Murcia: Servicio de Patrimonio Histórico, pp. 381-396.
- De la Morena Bartolomé, Áurea** 2004. Reflexiones en torno a la arquitectura religiosa castellana en el siglo XVI . En: Lacarra Ducay, María del Carmen, *Arquitectura religiosa del siglo XVI en España y Ultramar*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico, pp. 159-188.
- De la Peña Velasco, Concepción.** 1992. *El retablo barroco en la antigua diócesis de Cartagena (1670-1785)*. Murcia: Asamblea Regional; Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia; Librería Yerba; Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Murcia; Cajamurcia.
- De la Peña Velasco, Concepción.** 2001. *El Puente Viejo de Murcia*. Murcia: Universidad de Murcia.
- De Luz Lamarca, Rodrigo.** 1990. El balcón de la puerta de Valencia . *Cuenca*, 36, pp. 21-28.
- Del Hoyo Alonso-Martínez, Paloma.** 1976. Las ventanas de ángulo del Renacimiento español . *Goya. Revista de Arte*, 130, pp. 228-233.

- Delicado Martínez, Francisco Javier.** 1991. La plaza Mayor de Yecla: arquitectura y urbanismo . *Revista de Estudios Yeclanos. Yakka*, 3, pp. 145-167.
- Delicado Martínez, Francisco Javier.** 2009. Yecla, Ciudad y Arquitectura . En: Muñoz López, Francisco J., *Yecla. Memorias de su identidad*. Murcia: Ayuntamiento de Yecla; Consejería de Educación, Formación y Empleo de la Región de Murcia; Universidad de Murcia, pp. 117-136.
- Delicado Martínez, Francisco Javier.** 2009b. La Iglesia mayor de Santiago Apóstol de Jumilla: espacio arquitectónico, patrimonio artístico y liturgia (I) . *Archivo de Arte Valenciano*, XC, pp. 103-128.
- Derand, François, S. I.** 1643. *L'Architecture des voûtes ou l'art des traits et coupe des voûtes ...* Paris: Sébastien Cramoisy. Ed. 1743, 1755.
- Desargues, Girard.** 1640. *Brouillon project d'exemple d'une manière universelle du S.G.D.L. touchant la pratique du trait a preuues pour la coupe des pierres en l'architecture; et de l'esclaircissement d'une manière de réduire au petit pied en perspective comme en géometral et de tracer tous quadrans plats d'heures égales au soleil*. Paris: Melchoir Tavernier. Ed. Poudra, N. *Oeuvres de Desargues reunies et analysés par ...* Paris: Leiber, vol. 1, 1861, pp. 303-354.
- Di Stefano, Guido.** 1955. *Monumenti della Sicilia normanna*. Palermo: Società Siciliana per la Storia Patria.
- Díaz Moreno, Félix.** 2003. De arquitectura y perspectiva: Felipe Lázaro de Goiti, traductor de Bárbaro y Vignola-Danti . *Anales de Historia del Arte*, 13, pp. 191-210.
- Estella Marcos, Margarita.** 1985. Artistas madrileños en el palacio del Tesorero (Descalzas Reales), el palacio de Pastrana y otros monumentos de interés . *Archivo español de arte*, 58, 229, pp. 52-65.
- Etlin, Richard A.** 2012. Stereotomy: The Paradox of an Acrobatic Architecture . Introducción en: *Stereotomy. Stone Architecture and New Research*. Paris: Presse des Ponts, pp. 18-39.
- Fallacara, Giuseppe.** 2003. The formal unity of aerial vault's texture: The trompes. The role of traditional trait géométrique for trompes' design in the prespective of the employ of modern CAD/CAM project/execution processes . En: Huerta Fernández, Santiago, *Proceedings of the First International Congress on Construction History*. Madrid: I. Juan de Herrera; SEdHC; ETSAM; A. E. Benvenuto; COAM; F. Dragados, pp. 839-850.
- Fallacara, Giuseppe.** 2012. *Stereotomy. Stone Architecture and New Research*. Paris: Presse des Ponts.
- Fallou, Friedrich Albert.** 1859. *Die Mysterien der Freimaurer, sowie ihr einzig wahrer Grund und Ursprung: Von Friedrich Albert Fallou. Mit 3 Tafeln*. Leipzig: Wolfg. Gerhard.
- Fernández Gómez, Margarita.** 2000. *Estudio de los Tratados XIV y XV del "Compendio Matemático" del Padre Tosca*. Valencia: ICARO; Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia.

- Fernández Salas, José; Gómez Martínez, Javier; Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2000. La Concha de la Platería en la catedral de Santiago de Compostela . En: Graciani García, Amparo; Huerta Fernández, Santiago; Rabasa Díaz, Enrique; Tabales Rodríguez, Miguel Ángel, *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla. Instituto Juan de Herrera, pp. 1133-1144.
- Fernández Sarela, Francisco.** 1740. Algunos cortes de Arquitectura . Santiago de Compostela, Archivo Provincial Franciscano de Santiago, Manuscrito Mss. 114.
- Ferrando Cusi, Marisa.** 2012. Watermarks. Terms, vocabulary for watermark description . En: *Bernstein. The memory of paper*. Disponible en www.memoryofpaper.eu. Versión 9, de 10 de noviembre de 2012.
- Fitchen, John.** 1961. *The construction of Gothic Cathedrals. A study of medieval vault erection*. Oxford: Clarendon.
- Flores Arroyuelo, Francisco.** 1993. *el molino: piedra contra piedra (molinos hidráulicos de la Región de Murcia)*. Murcia: Universidad de Murcia.
- França, José Augusto; Morales, José Luis; Rincón García, Wifredo.** 1986. *Arte portugues*. Madrid: Espasa Calpe.
- Frankl, Paul.** 1945. The secret of the Mediaeval Masons . *The Art Bulletin*, 27, 1, pp. 46-60.
- Freire Tellado, Manuel J.** 1998. Los trazados de monte de factura renacentista del edificio de los escolapios de Monforte de Lemos (Lugo) . En: Bores Gamundi, Fernando; Fernández Salas, José; Huerta Fernández, Santiago; Rabasa Díaz, Enrique, *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. La Coruña. Instituto Juan de Herrera, pp. 173-180.
- Freire Tellado, Manuel J.** 2011. Flores en los techos de Galicia: la tracería de las bóvedas nervadas . En: Huerta Fernández, Santiago; Gil Crespo, Ignacio J.; García Suárez, Santiago; Taín Guzmán, Miguel, En: *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2, pp. 421-430.
- Frézier, Amédée-François.** 1737-1739. *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois pour la construction des voutes et autres parties des bâtiments civils et militaires ou traité de stéréotomie a l'usage de l'architecture*. Strasbourg-Paris: Jean Daniel Doulsseker-L. H. Guerin.
- Gady, Alexandre.** 2008. *Les hôtels particuliers de Paris du Moyen-âge à la Belle époque*. Paris: Parigramme.
- Galera Andreu, Pedro.** 2000. *Andrés de Vandelvira*. Madrid: Akal.
- Galera Andreu, Pedro A.; Ruiz Calvente, Miguel.** 2006. *Corpus documental para la historia del arte en Jaén. Arquitectura del siglo XVI*. Jaén: Universidad de Jaén.

- Galiano Puy, Rafael.** 2007. Datos para una biografía del arquitecto Juan de Aranda Salazar (1590?-1654) . *Elucidario*, 3, pp. 355-379.
- García Baño, Ricardo.** 2013. *En torno a un cuaderno manuscrito de dibujos de trazados arquitectónicos conservado en la Biblioteca Nacional*. Trabajo final del Máster en Investigación y Gestión del Patrimonio Histórico Artístico y Cultural. Universidad de Murcia.
- García Baño, Ricardo.** 2015. La traza del arco en torre cavada y torre redonda en el manuscrito de cantería Mss. 12686 de la Biblioteca Nacional de España . *Anuario de Jóvenes Investigadores*, 8, pp. 105-107.
- García Baño, Ricardo.** 2015b. Un modelo de bóveda tardogótica con terceletes combados. Las conexiones entre los ámbitos riojano y conquense . En: Huerta Fernández, Santiago; Fuentes González, Paula, *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, II, pp. 681-690.
- García Baño, Ricardo; Calvo López, José.** 2012. Los recursos gráficos en el manuscrito de cantería atribuido a Pedro de Alviz (BNE Mss. 12686) . En: López González, Concepción, *Actas XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, pp. 157-165.
- García Baño, Ricardo; Calvo López, José.** 2015. "El arco por esquina y rincón en los tratados y manuscritos de cantería del renacimiento hispánico". *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 25, pp. 128-137.
- García Baño, Ricardo; Calvo López, José.** 2015b. About an early 16th-century stonecutting manuscript in the National Library of Spain and the origins of modern stereotomy . En: Bowen, Brian; Friedman, Donald; Thomas, Leslie; Ochendorf, John, *Proceedings of the Fifth International Congress on Construction History*. Chicago, Illinois: Construction History Society of América, 2, pp. 135-142.
- García Baño, Ricardo; Natividad Vivó, Pau.** 2015. Autorías en el manuscrito atribuido a Pedro de Alviz (Biblioteca Nacional de España, Mss. 12686) . En: Rodríguez Ortega, Nuria, Taín Guzmán, Miguel, *Teoría y literatura artística en España. Revisión historiográfica y estudios contemporáneos*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, pp. 513-536.
- García Baño, Ricardo; Natividad Vivó, Pau; Calvo López, José.** 2013. El arco de Santo Domingo en Murcia. Levantamiento y análisis estereotómico . *XXIII Jornadas de Patrimonio Cultural de la Región de Murcia*. Murcia: Consejería de Cultura y Turismo de la Región de Murcia; Universidad Politécnica de Cartagena, pp. 323-333.
- García Chico, Esteban.** 1951. *Palencia: papeletas de historia y arte*. Palencia: s.n.
- García Chico, Esteban.** 1956. *Catálogo Monumental de la Provincia de Valladolid. Medina de Ríoseco*. Valladolid: Diputación Provincial.

- García Gaínza, M^a Concepción.** 1971. Dos proyectos inéditos del siglo XVI, para la construcción de la iglesia de Zumárraga (Guipúzcoa) . *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, Tomo 37, pp. 265-279.
- García Mogollón, Florencio Javier.** 1979. La intervención del maestro Pedro de Ybarra en las reformas de la Iglesia de Santa María la Mayor, de Cáceres . *Revista de Estudios Extremeños*, XXXV, 1, pp. 57-115.
- García, Simón.** 1681. *Compendio de arquitectura y simetría de los templos conforme a la medida del cuerpo humano con algunas demostraciones de geometría*. Churubusco: Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía Manuel Castillo Negrete. Ed. 1979.
- García, Simón; Gil de Hontañón, Rodrigo; Camón Aznar, José María.** 1941. *Compendio de arquitectura y simetría de los templos ...* Salamanca: Universidad de Salamanca.
- García-Saúco Beléndez, Luis Guillermo.** 1975. La iglesia de San Blas de Villarrobledo . *AL-BASIT: Revista de Estudios Albacetenses*, 1, pp. 15-21.
- García-Saúco Beléndez, Luis Guillermo.** 2012. Iglesias albacetenses de nave única. Del Gótico al Renacimiento . En: *Guía del patrimonio cultural*. Albacete: Instituto Teológico Diocesano.
- García-Saúco Beléndez, Luis Guillermo; Sánchez Ferrer, José; Santamaría Conde, Alfonso.** 1999. *Arquitectura de la provincia de Albacete: Estudio histórico-artístico*. Toledo: Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha.
- Gelabert, Joseph.** 1653. *Verdaderes traces de l'art de picapedrer*. Palma de Mallorca, Biblioteca del Consell Insular de Mallorca. Facs. Palma de Mallorca: Instituto de Estudios Baleáricos, 1977. Ed. Rabasa Díaz, Enrique, *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert*. Palma de Mallorca-Madrid: Col.legi Oficial d'Arquitectes de les Illes Balears; Fundación Juanelo Turriano, 2011.
- Gentil Baldrich, José María.** 1996. La traza oval y la Sala Capitular de la catedral de Sevilla. Una aproximación geométrica . En: *Quatro edificios sevillanos*. Sevilla: Colegio de Arquitectos, pp. 73-147.
- Gentilhâtre, Jacques, attr.** C. 1620. *Livre de démonstration des traits de masongnerie*. Paris, Bibliothèque Nationale de France, MS fr 14727.
- Gil de Hontañón, Rodrigo.** c. 1550. Manuscrito . Madrid, Biblioteca Nacional, MS 8884. Ed. 1941. Camón Aznar, José, ed. Salamanca: Universidad de Salamanca § Facs. 1979. Chanfón Olmos, Carlos, ed. Churubusco: Escuela de Conservación, Restauración y Museografía § Facs. 1991. En: Simón García, *Compendio de arquitectura y simetría de los templos*. Valladolid: Colegio de Arquitectos.
- Gila Medina, Lázaro.** 1991. *Arte y artistas del Renacimiento en torno a la Real Abadía de Alcalá la Real*. Granada-Alcalá la Real: Universidad-Ayuntamiento.

- Gilabert González, Luz María.** 2008. El Centro Cultural Museo Hidráulico Los Molinos del Río Segura: un testimonio de la historia de Murcia . *Imafronte*, 19-20, pp. 127-144.
- Goicolea Julián, Francisco Javier.** 2013. *La oligarquía de Salvatierra en el tránsito de la Edad Media a la Edad Moderna. Una contribución al estudio de las élites dirigentes del mundo urbano alavés, 1400-1550*. Logroño: Universidad de La Rioja.
- Goiti, Felipe Lázaro de.** 1646. *Libro de trazas de cortes de piedras de Alonso de Vandelvira*, c. 1585. Copia manuscrita. Madrid, Biblioteca Nacional, Mss. 12719.
- Gómez Martínez, Javier.** 1994. *La bóveda de crucería en la arquitectura española de la Edad Moderna*. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
- Gómez Martínez, Javier.** 1998. *El gótico español de la edad moderna. Bóvedas de crucería*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Gómez Martínez, Javier.** 2001. El arte de la montea entre Juan y Simón de Colonia . En: Yarza Luaces, J.; Ibáñez Pérez, A.C., *Gil Siloe y la escultura de su época. Actas del Congreso Internacional*. Burgos: Diputación Provincial, pp. 355-366.
- Gómez Moreno, María Elena.** 1994. La Catedral de León . En: *Catedrales de España*. Madrid: Everest, 1, pp. 217-280.
- Gómez Rascón, Máximo.** 2009. *La catedral de León. Cristal y fe*. León: Edilesa.
- Gómez Vizcaíno, Aureliano; Munuera Navarro, David.** 2002. La fortificación del siglo XVIII . En: Martínez López, José Antonio; Iniesta San Martín, Angel, *Estudio y catalogación de las defensas de Cartagena y su Bahía*. Murcia: Consejería de Educación y Cultura de Murcia; Acción piloto Portugal-España-Marruecos sobre Ordenamiento del Territorio y Patrimonio Cultural, pp. 171-238.
- Gómez-Moreno González, Manuel.** 1892. *Guía de Granada*. Granada: Indalecio Ventura. Ed. facsímil, Universidad de Granada - Instituto Gómez-Moreno de la Fundación Rodríguez Acosta, Granada, 1982.
- Gómez-Moreno, Manuel.** 1949. *El libro español de Arquitectura*. Madrid: Instituto de España.
- Gómez-Moreno Martínez, Manuel.** 1901. *Catálogo monumental de España. Provincia de Ávila*. Manuscrito. Madrid: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes.
- Gómez-Moreno Martínez, Manuel.** 1925-1926. *Catálogo monumental de España. Provincia de León (1906-1908)*. Madrid: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes.
- Gómez-Moreno Martínez, Manuel.** 1967. *Catálogo Monumental de España. Provincia de Salamanca*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

- González Echegaray, María del Carmen; Aramburu Zabala Higuera, Miguel Angel; Alonso Ruiz, Begoña; Polo Sánchez, Julio Juan.** 1991. *Artistas cántabros de la edad moderna; su aportación al arte hispánico: (diccionario biográfico-artístico)*. Santander: Institución Mazarrasa; Universidad de Cantabria.
- González Simancas, Manuel.** 1905-1907. *Catálogo Monumental de España. Provincia de Murcia*. Madrid, Centro de Estudios Históricos. Manuscrito propiedad del Instituto de Patrimonio Histórico Español conservado en el Centro de Estudios Históricos de Madrid. Facs. 1997. Murcia: Colegio de Arquitectos, 1997.
- González Tornel, Pablo.** 2004. El arquitecto barroco Francisco Padilla. Una visión de la arquitectura desde la geometría y la tratadística . *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VII, Historia del Arte*, T. 17, pp. 121-148.
- Guardia, Alonso de.** c. 1600. Rasguños de arquitectura y cantería . Madrid, Biblioteca Nacional, Manuscrito ER/4196.
- Guarini, Guarino.** 1737. *Architettura Civile del padre D. Guarino Guarini chierico regolare opera postuma dedicata a sua sacra reale maestà*. Turín: Gianfrancesco Mariesse. Ed. póstuma a cargo de Bernardo Vittone y los teatinos de Turín, 1737. Ed. facsimilar, Turín 1966.
- Guerra Pestonit, Rosana.** 2012. *Bóvedas y contrarresto del colegio de Nuestra Señora de la Antigua de Monforte de Lemos. Geometría, construcción y mecánica*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Guerreiro, Jerónimo de Alcántara.** 1975. *A Catedral de Évora: arte e história*. Évora: Sé de Évora.
- Guillén Guillén, Carolina.** 2014. *Ermita del Santo Sepulcro de Orihuela. Análisis Histórico, Constructivo y de Patologías*. Proyecto Fin de Carrera. Cartagena, Universidad Politécnica de Cartagena.
- Gutiérrez-Cortines Corral, Cristina.** 1976. *La iglesia y el colegio de San Esteban de Murcia*. Murcia: Diputación Provincial.
- Gutiérrez-Cortines Corral, Cristina.** 1987. *Renacimiento y arquitectura religiosa en la antigua diócesis de Cartagena: (Reyno de Murcia, Gobernación de Orihuela y Sierra del Segura)*. Murcia: Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.
- Harfinger, Dieter; Harfinger, Johana.** 1974. *Wasserzeichen aus griechischen Handschriften* Berlín: Nikolaus Mielke.
- Heras García, Felipe.** 1975. *Arquitectura religiosa del siglo XVI en la primitiva diócesis de Valladolid*. Valladolid: Diputación Provincial.
- Hernández Albaladejo, Elías.** 1978. Puente Viejo de Murcia . *Anales de la Universidad de Murcia. Filosofía y Letras*, 34.

- Hernández Albaladejo, Elías.** 1990. *La fachada de la Catedral de Murcia*. Murcia: Asamblea Regional; Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos; Librería Yerba; Departamento de Historia del Arte de la Universidad; Cajamurcia.
- Hernando Garrido, José Luis.** 2002-2007. Soria: Concatedral de San Pedro . En: Rodríguez Montañés, José Manuel, *Enciclopedia del Románico en Castilla y León*. Aguilar de Campoo: Fundación Santa María de la Red; Centro de Estudios del Románico, 15, pp. 966-977.
- Herráez Cubino, Guillermo.** 2003. Voces arquitectónicas del Renacimiento español: tipología de molduras en las Medidas del Romano (1526) de Diego de Sagredo . *Interlingüística*, 14, pp. 569-576.
- Herráez Cubino, Guillermo.** 2008. Vocablos relacionados con las dovelas en los manuscritos de canteros españoles del siglo XVI . *Cuadernos del Instituto de Historia de la Lengua*, 1, pp. 87-92.
- Herráez Cubino, Guillermo.** 2008b. Catalanismos en el léxico de los canteros del Renacimiento español . En: Azorín Fernández, Dolores, *El diccionario como puente entre las lenguas y culturas del mundo: actas del II Congreso Internacional de Lexicografía Hispánica*. Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, pp. 700-705.
- Herrera Maldonado, Enrique; Zapata Alarcón, Juan.** 2005. Andrés de Vandelvira en La Mancha . En: Pretel Marín, Aurelio, *Andrés de Vandelvira. V centenario*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses Don Juan Manuel , pp. 47-70.
- Herrera Maldonado, Enrique; Zapata Alarcón, Juan.** 2009. La construcción del convento de Uclés (1529-1550) . *Revista de las Órdenes Militares*, 5, pp. 141-185.
- Herreros Moya, Gonzalo J.** 2016. Casas y palacios históricos de Córdoba: una señalización de patrimonio de la UNESCO por hacer . *International Journal of Scientific Management Tourism*, 2, 3, pp. 147-176.
- Higes Cuevas, Victor.** 1963. La Colegiata de Soria. Vicisitudes en su reconstrucción y artífices que en ella intervinieron . *Celtiberia*, 25, pp. 29-63.
- Hoag, John D.** 1958. *Rodrigo Gil de Hontañón: His work and writings. Late medieval and Renaissance architecture in Sixteenth century Spain* . Ph. D. dissertation. Yale University.
- Hoag, John D.** 1985. *Rodrigo Gil de Hontañón. Gótico y renacimiento en la arquitectura española del siglo XVI*. Madrid: Xarait Ediciones.
- Huerta Fernández, Santiago.** 1990. *Diseño estructural de arcos, bóvedas y cúpulas en España, ca. 1500- ca. 1800*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

- Huerta Fernández, Santiago.** 2012. Technical Challenges in the Construction of Gothic Vaults: The Gothic Theory of Structural Design . En: Hassler, Uta; Rauhut, Christoph; Huerta, Santiago, *Construction Techniques in the Age of Historicism. From Theories of Gothic Structures to Building Sites in the 19th Century*. Munich: Hirmer, pp. 162-195.
- Huerta Fernández, Santiago.** 2013. La construcción de las bóvedas góticas según Rodrigo Gil de Hontañón, arquitecto de la catedral de Segovia . En: *Segovia, su catedral y su arquitectura. Ensayos en homenaje a José Antonio Ruiz Hernando*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 107-133.
- Huerta Huerta, Pedro Luis.** 2002-2007. Ágreda: Iglesia de Nuestra Señora de los Milagros . En: Rodríguez Montañés, José Manuel, *Enciclopedia del Románico en Castilla y León*. Aguilar de Campoo: Fundación Santa María de la Red; Centro de Estudios del Románico, 13, p. 71.
- Ibáñez Fernández, Javier.** 2004. Tradición y modernidad en la arquitectura del siglo XVI . En: Ainaga Andrés, María Teresa, Criado Mainar, Jesús Fermín, *Comarca de Tarazona y el Moncayo*. Zaragoza: Diputación General de Aragón, pp. 171-186.
- Ibáñez Fernández, Javier.** 2010. Técnica y ornato: aproximación al estudio de la bóveda tabicada en Aragón y su decoración a lo largo de los siglos XVI y XVII . *Artigrama*, 25, pp. 363-405.
- Ibáñez Fernández, Javier.** 2012. De la crucería al cortado: importación, implantación y desarrollo de la bóveda tabicada en Aragón y su decoración a lo largo de los siglos XVI y XVII . En: Zaragozá, Arturo; Soler, Rafael; Marín, Rafael, *Construyendo Bóvedas Tabicadas. Actas del Simposio Internacional sobre Bóvedas Tabicadas*. Valencia: Universitat Politècnica de Valencia, pp. 83-100.
- Ibáñez Fernández, Javier; Zaragozá Catalán, Arturo.** 2015. Absidi costruite, absidi progettate e ideali e absidi sublimi nella Corona d'Aragona durante il XIV e il XV secolo . En: Nobile, Marco Rosario; Suter, Domeneca, *L'Abside. Costruzione e Geometrie*. Palermo: Caracol, pp. 223-258.
- Ibáñez Fernández, Javier; Zaragozá Catalán, Arturo.** 2016. Las microarquitecturas y la generación y transmisión de las formas arquitectónicas en el mundo ibérico entre los siglos XIV y XVI . En: Alonso Ruiz, Begoña; Rodríguez Estévez, Juan Clemente, *1514 Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Sevilla: Universidad de Sevilla, pp. 411-426.
- Ibáñez García, José María.** 1928. *Estudios bio-bibliográficos murcianos*. Murcia: s.n. (Tipografía San Francisco).
- Icher, François.** 1994. *La France des compagnons*. Paris: De la Martinière
- Iglesias Costa, Manuel.** 1987. La Catedral de Basbastro . En: Buesa Conde, Domingo J., *Las Catedrales de Aragón*. Zaragoza: Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja, pp. 183-218.

- Janner, F.** 1876. *Die Bäuhtten des deutschen Mittelalters*. Leipzig. Contiene publicados los estatutos de Ratisbona, traducidos por Pauls, Julio. Disponibles en <http://www.uned.es/dpto-hdi/museovirtualhistoriamasoneria/3documentosfundacionales/estatutos%20ratisbona%201498.htm>. [Visitada el 25/01/2017].
- Jiménez Hortelano, Sonia.** 2013. La iglesia parroquial de Santiago (San Clemente, Cuenca). Nuevos datos para su estudio . *Ars Longa*, 22, pp. 19-29.
- Joost-Gaugier, Christiane L.** 1980. *Jacopo Bellini. Selected drawins*. New York: Dover.
- Jousse, Mathurin.** 1642. *Le secret d'architecture découvrant fidèlement les traits géométriques, coupes et dérovements nécessaires dans les bastimens*. La Flèche: Georges Griveau.
- Juan García, Natalia.** 2007. Aproximación al estudio de un libro de trazas de los siglos XVII-XVIII: el manuscrito de la familia Tornés . En: *Libros con arte, arte con libros*. pp. 427-445.
- Juan García, Natalia.** 2011. Una aproximación al estudio del *taccuino* de los Tornés: Diseños y textos de la Regola de Vignola en el arte del Alto Aragón . *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte*, 23, pp. 85-110.
- Juan García, Natalia.** 2011b. Los tratados de arquitectura como modelos constructivos. La influencia de la *Regola* de *Vignola* y su copia en un libro de trazas aragonés . En: Huerta Fernández, Santiago; Gil Crespo, Ignacio J.; García Suárez, Santiago; Taín Guzmán, Miguel, *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago de Compostela, 26-29 octubre de 2011*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 1, pp. 687-698.
- Juan García, Natalia.** 2013. Piedra, papel y estereotomía. La huella del arte de monte en los cuadernos de taller ejemplificado en un libro de trazas de los siglos XVII-XVIII . En: Huerta Fernández, Santiago; López Ulloa, Fabián, *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 513-522.
- Juan García, Natalia.** 2015. La impronta de los tratados de estereotomía en los cuadernos de taller: los diseños localizados en el manuscrito de la familia de arquitectos Tornés de Jaca . En: Rodríguez Ortega, Nuria; Taín Guzmán, Miguel, *Teoría y literatura artística en España. Revisión historiográfica y estudios contemporáneos*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, pp. 537-572.
- La Duca, Rosario.** 1998. *Il Palazzo dei Normanni*. Palermo: Flaccovio.
- La Hire, Philippe de.** c. 1690. *Traité de la coupe des pierres* . Paris, Bibliothèque de l'Institut de France, MS 1596.
- La Rue, Jean-Baptiste de.** 1728. *Traité de la coupe des pierres où par méthode facile et abrégée l'on peut aisément se perfectionner en cette science*. Paris: Imprimerie Royale.
- Lalbat, Claude; Margueritte, Gilbert; Martin, Jean.** 1987. De la stéréotomie médiévale: la coupe des pierres chez Villard de Honnecourt . *Bulletin Monumental*, 145, 4, pp. 387-406.

- Lampérez y Romea, Vicente.** 1908-1909. *Historia de la arquitectura cristiana española en la edad media según el estudio de los elementos y los monumentos*. Madrid: J. Blassy. 2ª ed. Madrid, Espasa Calpe, 1930.
- Layna Serrano, Francisco.** 1945. *Historia de la Villa de Atienza*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2ª ed. Guadalajara, Aache, 2004.
- Lekuona'tar, Manuel.** 1978. *Idaz-lan Guztiak*. Tolosa: Librería Técnica de Difusión.
- León Tello, Francisco José; Sanz Sanz, María Virginia.** 1994. *Estética y teoría de la arquitectura en los tratados españoles del siglo XVIII*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Llaguno y Amírola, Eugenio.** 1829. *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración ...* Madrid: Imprenta Real.
- López de Silanes Valgañón, José Ignacio.** 1996. Patrimonio de La Rioja. Iglesia de San Andrés de Anguiano. *La Rioja, suplemento del domingo*, 13/10, pp. VIII-IX.
- López de Silanes Valgañón, José Ignacio.** 1997. Patrimonio de La Rioja. Iglesia de San Martín en Entrena. *La Rioja, suplemento del domingo*, 02/02, pp. VI-VII.
- López de Silanes Valgañón, José Ignacio.** 1997b. Las iglesias de la Asunción y del Cristo en Nalda. *La Rioja, suplemento del domingo*, 26/10, pp. X-XI.
- López de Silanes Valgañón, José Ignacio.** 1999. Patrimonio de La Rioja. Iglesia de San Martín en Camprovín. *La Rioja, suplemento del domingo*, 05/12, p. V.
- López de Silanes Valgañón, José Ignacio.** 2000. Patrimonio de La Rioja. Bella armonía. La iglesia de San Martín en Casalarreina. *La Rioja, suplemento del domingo*, 22/01, p. V.
- López de Silanes Valgañón, José Ignacio.** 2000b. Patrimonio de La Rioja. Iglesia del Salvador en Quel. *La Rioja, suplemento del domingo*, 02/04, pp. V.
- López de Silanes Valgañón, José Ignacio.** 2000c. Patrimonio de La Rioja. Bóvedas Grandiosas. Iglesia de la Natividad en Arenzana de Abajo. *La Rioja, suplemento del domingo*, 11/06, p. V.
- López de Silanes Valgañón, José Ignacio.** 2000d. Patrimonio de la Rioja. Iglesia de Santa Eulalia en Arnedo. *La Rioja, suplemento del domingo*, 22/10, pp. IV.
- López Guzmán, Rafael.** 1987. *Tradición y clasicismo en la Granada del siglo XVI. Arquitectura civil y Urbanismo*. Granada: Diputación.
- López Guzmán, Rafael.** 2005. *Los palacios del Renacimiento*. Granada: Diputación Provincial.
- López Mozo, Ana.** 2000. Las bóvedas de los sótanos de poniente del Monasterio de El Escorial . En: Graciani García, Amparo; Huerta Fernández, Santiago; Rabasa Díaz, Enrique; Tabales Rodríguez, Miguel Ángel, *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla: Instituto Juan de Herrera, pp. 615-622.

- López Mozo, Ana.** 2003. Extradosed vaults in the monastery of El Escorial . En: Huerta Fernández, Santiago, *Proceedings of the First International Congress on Construction History*. Madrid: I. Juan de Herrera, SEDHC; ETSAM; A. E. Benvenuto; COAM; F. Dragados, pp. 1321-1326.
- López Mozo, Ana.** 2005. Bóvedas cilíndricas en el Monasterio de El Escorial: dos ejemplos de lunetos . En: Huerta Fernández, Santiago, *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 667-677.
- López Mozo, Ana.** 2008. Tres monteas escurialenses . *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 13, pp. 190-197.
- López Mozo, Ana.** 2009. *Bóvedas de piedra del Monasterio de El Escorial*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- López Mozo, Ana.** 2009b. La cúpula de El Escorial: geometría, estereotomía y estabilidad . En: Huerta Fernández, Santiago; Marín, Rafael; Soler, Rafael; Zaragoza Catalán, Arturo, *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2, pp. 763-776.
- López Mozo, Ana.** 2010. La cúpula del Escorial: configuración constructiva . *Reales Sitios: Revista del Patrimonio Nacional*, 184, pp. 4-23.
- López Mozo, Ana; Alonso Rodríguez, Miguel Angel; Calvo López, José; Rabasa Díaz, Enrique.** 2013. Sobre la construcción de pechinas de cantería. El caso de Armenia . En: Huerta Fernández, Santiago; López Ulloa, Fabián, *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, II, pp. 555-564.
- López Mozo, Ana; Martín Talaverano, Rafael; Sanjurjo Álvarez, Alberto.** 2015. Rasgos europeos en las bóvedas tardogóticas españolas. Casos relevantes . En: Huerta Fernández, Santiago; Fuentes González, Paula, *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, II, pp. 937-947.
- López Mozo, Ana; Senent Domínguez, Rosa; Alonso Rodríguez, Miguel Angel; Calvo López, José; Natividad Vivó, Pau.** 2015. Asymmetrical vaults in late european Gothic: Basel and Bebenhausen as case studies . En: Bowen, Brian; Friedman, Donald; Thomas, Leslie; Ochendorf, John, *Proceedings of the Fifth International Congress on Construction History*. Construction History Society of América, 2, pp. 497-504.
- López Mozo, Ana; Senent Domínguez, Rosa.** 2016. Geometry and Technical Knowledge Transfer in Late Gothic: Asymmetrical Diamond Vaults in Spain . En: Duvernoy, Sylvie, *Nexus 2016 Architecture and Mathematics*. Torino: Kim Williams Books, pp. 63-70.
- L'Orme, Philibert de.** 1561. *Nouvelles inventions pour bien bastir a petits frais*. Paris: Federic Morel.
- L'Orme, Philibert de.** 1567. *Le premier tome de l'Architecture*. Paris: Federic Morel.

- Luengo Anón, Ana.** 2004. Un jardín renacentista en España: el jardín del Palacio de los Castejones de Ágreda . *Restauración & Rehabilitación*, 88, pp. 48-55.
- Maira Vidal, Rocío.** 2011. Bóvedas sexpartitas: traza, estereotomía y construcción. Monasterio de Santa María de Huerta . En: Huerta Fernández, Santiago; Gil Crespo, Ignacio; García Suárez, Santiago; Taín Guzmán, Miguel, *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2: pp. 821-832.
- Maira Vidal, Rocío.** 2015. De Ávila a las Huelgas: la evolución de la construcción gótica en las bóvedas sexpartitas españolas . En: Huerta Fernández, Santiago; Fuentes González, Paula, *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, II, pp. 977-987.
- Maira Vidal, Rocío.** 2015b. The Construction of Sexpartite Vaults in Europe . En: Bowen, Brian; Friedman, Donald; Thomas, Leslie; Ochendorf, John, *Proceedings of the Fifth International Congress on Construction History*. Chicago, Illinois: Construction History Society of América, 2, pp. 533-540.
- Maira Vidal, Rocío.** 2015c. *Bóvedas sexpartitas. Los orígenes del Gótico*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Manrique de Lara y Velasco, Manuel.** 1985. La petrificada heráldica de Ciudad Rodrigo . *Hidalguía*, 190-191, pp. 369-393.
- Marafon Pecoraro, Massimiliano.** 2012. *Palazzo Alliata di Pietratagliata, 1496-1947: cinque secoli d'architettura, pittura e decorazione in Sicilia*. Milan: Mazzota.
- Marías, Fernando.** 1978. El tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira . En: Barbé Coquelin de Lisle, Geneviève, *Archivo español de arte*.
- Marías, Fernando.** 1988. Reseña de Cerramientos y trazas de montea . *Archivo español de arte*, pp. 329-330.
- Marías, Fernando.** 1989. *El largo siglo XVI: los usos artísticos del Renacimiento español*. Madrid: Taurus.
- Marías, Fernando.** 1991. El papel del arquitecto en la España del siglo XVI . En: Guillaume, Jean, *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*. Paris: Picard, pp. 247-262.
- Marías, Fernando.** 1991b. Piedra y ladrillo en la arquitectura española del siglo XVI . En: Guillaume, Jean, *Les Chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus a Tours en 1983-1984*. Tours: Picard, pp. 71-84.
- Marías, Fernando.** 1993. Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico . En: Aramburu Zabala Higuera, Miguel Angel; Gómez Martínez, Javier, *Juan de Herrera y su influencia*. Santander: Universidad de Cantabria, pp. 351-360.

- Marías, Fernando.** 2000. La arquitectura de la ciudad de Valencia en la encrucijada del siglo XV: lo moderno, lo antiguo y lo romano . *Anuario del Departamento de Historia y Teoría del Arte*, 12, pp. 25-38.
- Marías, Fernando; Bustamante, Agustín.** 1986. Introducción . En: Diego de Sagredo, *Las Medidas del Romano*. Madrid: Dirección General de Bellas Artes y Archivos; Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales; Consejo General de Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, pp. 5-138.
- Marías, Fernando; Bustamante, Agustín.** 1988. Don Fernando de Loazes y el Colegio de Santo Domingo de Orihuela . *Patronos, promotores, mecenas y clientes. VII Congreso Español de Historia del Arte. Murcia, 1988*. Murcia: Universidad de Murcia, pp. 205-216.
- Mariátegui, Eduardo de.** 1868. Edición parcial del Compendio de Arquitectura y simetría de los templos de Simón García, capítulos 1 a 6 . *El Arte en España*, VII, pp. 113-127; 155-184; 193-217.
- Mariátegui, Eduardo de.** 1880. *El Capitán Cristóbal de Rojas, ingeniero militar del siglo XVI*. Madrid: Memorial de Ingenieros. Reedición por Ramón Gutiérrez, CEHOPU, Madrid, 1985.
- Martín González, Juan José.** 1976. *Monumentos civiles de la ciudad de Valladolid: catálogo monumental. Tomo XIII*. Valladolid: Diputación Provincial.
- Martín Martínez de Simón, Elena.** 2013. *Arquitectura Religiosa Tardogótica en la provincia de Burgos (1440-1511)*. Tesis doctoral. Universidad de Burgos.
- Martín Martínez de Simón, Elena.** 2014. Las primeras bóvedas de combados. Simón de Colonia y la Escuela Burgalesa . En: Brufal Sucarrat, Jesús, *Nuevas aportaciones de jóvenes medievalistas. Lleida 2014*. Murcia: Compobell, pp. 101-118.
- Martín Sánchez, Julio.** 2006. Gótico hispano-flamenco . *Patrimonio Artístico de Castilla-La Mancha*. Albacete: Universidad de Castilla La Mancha.
- Martín Talaverano, Rafael.** 2011. Técnicas de diseño germanas de bóvedas de crucería rebajadas . En: Huerta Fernández, Santiago; Gil Crespo, Ignacio J.; García Suárez, Santiago; Taín Guzmán, Miguel, *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2, pp. 861-871.
- Martín Talaverano, Rafael.** 2014. *Bóvedas de crucería rebajadas hispanas: geometría, estructura y construcción*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Martín Talaverano, Rafael.** 2015. Knowledge exchange for the design and construction of surbased ribbed vaults . En: Bowen, Brian; Friedman, Donald; Thomas, Leslie; Ochendorf, John, *Proceedings of the Fifth International Congress on Construction History*. Chicago, Illinois: Construction History Society of América, 2, pp. 549-556.

- Martín Talaverano, Rafael.** 2016. Difusión tecnológica entre Castilla y Portugal: análisis comparativo de bóvedas rebajadas de crucería . En: Alonso Ruiz, Begoña; Rodríguez Estévez, Juan Clemente, *1514 Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Sevilla: Universidad de Sevilla, pp. 537-548.
- Martín Talaverano, Rafael; Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2009. La construcción de la bóveda de crucería de Vandelvira. Una experiencia docente . En: Huerta Fernández, Santiago; Marín, Rafael; Soler, Rafael; Zaragoza Catalán, Arturo, *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2, pp. 833-843.
- Martín Talaverano, Rafael; Pérez de los Ríos, Carmen; Senent Domínguez, Rosa.** 2012. Methods of Vault Design and Their Relationships with Spanish Ribbed Vaults . En: Carvais, Robert; Guillerme, André; Nègre, Valérie; Sakarovich, Joël, *Nuts & Bolts of Construction History: Culture, Technology and Society: Proceedings of the Fourth International Congress on Construction History*. Paris: Picard, pp. 83-90.
- Martín Talaverano, Rafael; Pérez de los Ríos, Carmen; Senent Domínguez, Rosa.** 2012b. Late german gothic methods of vault design and their relationships with spanish ribbed vaults . *Nuts and Bolts of Construction History*. París: Picard, 3, pp. 83-90.
- Martínez de Aranda, Ginés.** c. 1600. *Cerramientos y trazas de montea*. Madrid, Biblioteca del Servicio Histórico del Ejército. Facs. Mañas, José; Bonet Correa, Antonio, eds. Madrid: Servicio Histórico del Ejército- CEHOPU, 1986.
- Martínez de Salinas Ocio, Felicitas.** 1989. La evolución de la casa del siglo XVI en Laguardia (Álava) . *Ondare: cuadernos de artes plásticas y monumentales*, 6, pp. 151-254.
- Martínez Frías, José María.** 1980. *El Gótico en Soria. Arquitectura y Escultura Monumental*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Martínez Frías, José María.** 1994. Arte Gótico . En: Ribera Blanco, Javier, *Historia del Arte de Castilla y León*. Valladolid: Ámbito, III, pp. 85-218.
- Martínez Prades, José Antonio.** 1994. *Los canteros medievales*. Madrid: Akal.
- Mazarrasa, Andrés Julián.** c. 1750. *Tratado de arquitectura*. Ed. 1988. En: Mazarrasa Mowinkel, Olav; Fernández Herrera, Fernando, *Mazarrasa, maestros canteros y arquitectos de Trasmiera*, Santander: Colegio de Arquitectos.
- Mélida, José Ramón.** 1914-1918. *Catálogo Monumental y Artístico de la provincia de Cáceres*. Manuscrito. Madrid: Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes.
- Ménard, Odile.** 2010. *Loches. Secrets des pierres*. Tours: Ménard, O.

- Milliet de Challes, Claude-François, S. I.** 1674. *Cursus seu mundus mathematicus*. Lugduni: Officina Anissoniana. I. Complectens Euclidis libros octo, arithmetica, Theodosii Sphaerica, trigonometria, geometria practica, mechanica, statica, geographia universalem, tractatum de magnete, architecturam civilem et artem tignariam ; II. Complectens tractatum de sectione lapidum, architecturam militarem, hydrostaticam, tractatum de fontibus et fluviis, tractatum de machinis hydraulicis, navigationem, optica, perspectivam, catoptrica et dioptrica ; III. Complectens musica, pyrotechnia, astrolabia, gnomonica, astronomia, kalendarium, astrologia, algebra, indivisibilium methodum, aliasque.
- Ministerio de Fomento.** 1852. Tablas de correspondencia recíproca entre las pesas y medidas . *Gaceta de Madrid*, 12-28, pp. 1-4.
- Momplet Míguez, Antonio E.; Garcinuño Callejo, Óscar; Rodríguez Vázquez, José Manuel.** 2001. La colegiata románica de San Pedro de Soria: del análisis histórico a la restitución arquitectónica . *Anales de Historia del Arte*, 11, pp. 49-92.
- Monge, Gaspard.** 1795. *Leçons de géométrie descriptive*. Paris: An III.
- Monge, Gaspard.** 1799. *Géométrie Descriptive*. Paris: Baudouin. Ed. facsimilar de la trad. esp. de 1803, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, 1996.
- Morales, Alfredo J.** 1984. *La Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla*. Sevilla: Diputación Provincial.
- Morales, Alfredo J.** 1996. *Hernán Ruiz "El Joven"*. Madrid: Akal.
- Morales Martínez, Alfredo.** 2015. Entre la teoría y la práctica. El Manuscrito de Arquitectura de Hernán Ruiz el Joven . En: Rodríguez Ortega, Nuria; Taín Guzmán, Miguel, *Teoría y literatura artística en España. Revisión historiográfica y estudios contemporáneos*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, pp. 235-265.
- Moreno García, David Esteban.** 2011. *Plan de Intervención en la capilla de la Comunión. Iglesia Mayor de Santiago. Jumilla (Murcia)*. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia.
- Moya Valgañón, José Gabriel.** 1980. *Arquitectura religiosa del siglo XVI en la Rioja Alta*. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos.
- Moya Valgañón, José Gabriel.** 1991. *Etapas de construcción de la catedral de Santo Domingo de la Calzada*. Logroño: Instituto de Estudios Riojanos.
- Moya Valgañón, José Gabriel; Ramírez Martínez, José Manuel; Ruiz-Navarro Pérez, Julián; Ruiz Ortiz de Elguea, Hortensia.** 1975. *Inventario artístico de Logroño y su provincia. Volumen I*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- Moya Valgañón, José Gabriel; Ramírez Martínez, José Manuel; Ruiz-Navarro Pérez, Julián; Ruiz Ortiz de Elguea, Hortensia.** 1976. *Inventario artístico de Logroño y su provincia. Volumen II*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.

- Moya Valgañón, José Gabriel; Ramírez Martínez, José Manuel; Ruiz-Navarro Pérez, Julián; Ruiz Ortiz de Elguea, Hortensia.** 1985. *Inventario artístico de Logroño y su provincia La Rioja. Volumen III.* Madrid: Ministerio de Cultura.
- Muñoz Jiménez, José Miguel.** 1996. Las Iglesias salón en la provincia de Guadalajara . *Wad-al-Hayara*, 23, pp. 271-306.
- Natividad Vivó, Pau.** 2012. Las pechinas de las bóvedas baídas en el manuscrito de Alonso de Vandelvira . En: López González, Concepción, *Actas XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, pp. 321-328.
- Natividad Vivó, Pau.** 2017. *Bóvedas baídas de cantería en el Renacimiento español.* Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Natividad Vivó, Pau; Calvo López, José.** 2012. La geometría de la bóveda por cruceros de El Salvador de Caravaca de la Cruz . En: *Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación.* Valencia: APEGA, pp. 329-336.
- Natividad Vivó, Pau; García Baño, Ricardo.** 2013. La baída sobre planta pentagonal en la colegiata de Huéscar (Granada) . En: Huerta Fernández, Santiago; López Ulloa, Fabián, *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción.* Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 767-776.
- Navascúes Palacio, Pedro.** 1974. *El Libro de Arquitectura de Hernan Ruiz, el joven.* Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Edicion facsimilar, Sevilla, Fundación Sevillana de Electricidad, 1998.
- Navascúes Palacio, Pedro.** 2000. *Monasterios en España: arquitectura y vida monástica.* Madrid: Lunwerg.
- Nieto Alcaide, Victor Manuel; Morales Martínez, Alfredo; Checa Cremades, Fernando.** 1989. *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599.* Madrid: Cátedra.
- Ortega Vidal, Javier.** 1999. *El Escorial; dibujo y lenguaje clásico.* Madrid: Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V.
- Ortiz García, Anastasio.** 1930. *Reseña histórica de la insigne iglesia colegial de Santa María del Mercado, de Berlanga de Duero (Soria), en el IV centenario de su dedicación.* Sigüenza: Viuda de Pascual Box.
- Palacios Gonzalo, José Carlos.** 1990. *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español.* Madrid: Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. 2ª ed. Madrid, Munilla-Llería, 2003.

- Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2000. Las bóvedas de crucería españolas, ss. XV y XVI . En: Graciani García, Amparo; Huerta Fernández, Santiago; Rabasa Díaz, Enrique; Tabales Rodríguez, Miguel Ángel, *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla: Instituto Juan de Herrera, pp. 743-750.
- Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2003. Spanish ribbed vaults in the 15th and 16th centuries . En: Huerta Fernández, Santiago, *Proceedings of the First International Congress on Construction History*. Madrid: I. Juan de Herrera; SEdHC; ETSAM; A. E. Benvenuto; COAM; F. Dragados, pp. 1547-1558.
- Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2005. Las bóvedas de crucería rebajadas: criterios de diseño y construcción . En: Huerta Fernández, Santiago, *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 821-830.
- Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2006. The Gothic Ribbed Vault in Rodrigo Gil de Hontañón . En: Dunkeld, M.; Campbell, J.; Louw, H.; Tutton, M.; Addis, B.; Thorne, R., *Proceedings of the Second International Congress on Construction History* Cambridge: Construction History Society, 3, pp. 2415-2431.
- Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2007. La geometría de la bóveda de crucería española en s. XVI . Conferencia leída en el III Seminario sobre bóvedas impartido dentro del Máster de Restauración de la Universidad Politécnica de Valencia: Disponible en www.gothicmed.com.
- Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2007b. Juan de Álava: las bóvedas de crucería reticulares . En: Arenillas Parra, Miguel; Segura Graíño, Cristina; Bueno Hernández, Francisco; Huerta Fernández, Santiago, *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera; SEdHC; CICCIP; CEHOPU, 2, pp. 725-732.
- Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2009. La construcción de la bóveda de crucería . *Cuadernos de investigación*, 1, pp. 27-49.
- Palacios Gonzalo, José Carlos; Martín Talaverano, Rafael.** 2012. Complejidad y estandarización en las bóvedas tardogóticas . *Anales de Historia del Arte*, nº extra1, pp. 375-387.
- Palacios Gonzalo, José Carlos; Moreno Dopazo, Pablo.** 2015. La construcción de la bóveda de crucería por Rodrigo Gil . En: Huerta Fernández, Santiago; Fuentes González, Paula, *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, III, pp. 1269-1278.
- Palacios Gonzalo, José Carlos; Tellia, Fabio.** 2015. Las bóvedas de crucería del manuscrito *Llibre de trasas de viax y muntea*, de Joseph Ribes . *Locus amoenus*, 13, pp. 29-41.
- Palacios Gonzalo, José Carlos; Tellia, Fabio.** 2015b. Inclined Keystones in Spanish Late Gothic . En: Bowen, Brian; Friedman, Donald; Thomas, Leslie; Ochendorf, John, *Proceedings of the Fifth International Congress on Construction History*. Chicago, Illinois: Construction History Society of América, 3, pp. 83-92.

- Palacios Gonzalo, José Carlos; Tellia, Fabio.** 2016. Aplicación del *principalbogen* al estudio de una bóveda del *Libre de trasas* de Joseph Rives . En: Alonso Ruiz, Begoña; Rodríguez Estévez, Juan Clemente, *1514 Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Sevilla: Universidad de Sevilla, pp. 571-584.
- Parrado del Olmo, Jesús María.** 1975. Una capilla de la desaparecida iglesia de San Lázaro de Valladolid . *Boletín del Seminario de Arte y Arqueología*, XL-XLI, pp. 648-653.
- Pauls, Julio.** *Los Estatutos de Ratisbona (1498)* [Online]. Disponible en: http://www2.uned.es/dpto-hdi/museovirtualhistoriamasoneria/3documentos_fundacionales/estatutos%20ratisbona%201498.htm [Visitada el 01-03-2017].
- Pecoraro, Ilaria.** 2005. I primi trattati di stereotomía e la loro influenza sull'architettura salentina di Etá Moderna . En: Huerta Fernández, Santiago, *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 841-849.
- Pérez Arribas, Juan Luis.** 1997. *Iglesia de Santa María de Cogolludo*. Guadalajara: Diputación Provincial de Guadalajara, Nueva Alcarria. 2ª ed. Cogolludo, Pérez Arribas, 2011.
- Pérez de los Cobos Gironés, Francisco.** 2001. *Palacios y casas nobles de la provincia de Alicante*. Valencia: Federico Domenech.
- Pérez de los Ríos, Carmen; García Alías, Elena.** 2009. Mathurin Jousse: prelude de la estereotomía moderna . En: Huerta Fernández, Santiago; Marín, Rafael; Soler, Rafael; Zaragoza Catalán, Arturo, *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2, pp. 1041-1050.
- Pérez de los Ríos, Carmen; Zaragoza Catalán, Arturo.** 2013. Bóvedas de crucería con enjarjes de nervios convergentes que emergen del muro en el área valenciana. Siglos XIV-XV . En: Huerta Fernández, Santiago; López Ulloa, Fabián, *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, II, pp. 833-842.
- Pérouse de Montclos, Jean-Marie.** 1979. La vis de Saint-Gilles et l'escalier suspendu dans l'architecture française du XVIe. siècle . En: *L'escalier dans l'architecture de la Renaissance. Actes du colloque tenu à Tours du 22 au 26 mai 1979*. Tours: Picard, pp. 83-92.
- Pérouse de Montclos, Jean-Marie.** 1982. *L'Architecture a la française: XVIe, XVIIe, XVIIIe siècles*. . Paris: Picard.
- Pérouse de Montclos, Jean-Marie.** 1982b. Alonso de Vandelvira . En: Wiebenson, Dora, *Architectural Theory and Practice from Alberti to Ledoux*. Chicago: University of Chicago Press.
- Pérouse de Montclos, Jean-Marie.** 1988. Présentation des traités . En: Philibert de L'Orme, *Traité d'architecture*. Paris: Leonce Laget.
- Pérouse de Montclos, Jean-Marie.** 1989. *Histoire de l'Architecture française. De la Renaissance à la Révolution*. Paris: Mengès-CNMHS.

- Pérouse de Montclos, Jean-Marie.** 1994. *Le guide du Patrimoine: Paris*. Paris: Ministère de la Culture - Hachette.
- Piccard, Gerhard.** 1961. *Die Wasserzeichenkartei Piccard im Hauptstaatsarchiv Stuttgart*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Pingarrón Esaín, Fernando.** 1986. La fachada barroca de la Catedral de Valencia, los contratos originales y otras noticias de la obra en torno a 1703 . *Archivo de Arte Valenciano*, 67, pp. 52-64.
- Pingarrón Esaín, Fernando.** 1998. *Arquitectura religiosa del siglo XVII en la ciudad de Valencia*. Valencia: Ayuntamiento de Valencia.
- Pinto Puerto, Francisco.** 1998. El libro de cantería . En: Hernán Ruiz II, *Libro de arquitectura*. Sevilla: Fundación Sevillana de Electricidad, pp. 199-214.
- Pinto Puerto, Francisco.** 1999. *Las esferas pétreas: Análisis de las soluciones del arte de la montea en la provincia de Cádiz durante el siglo XVI*. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- Pinto Puerto, Francisco; Jiménez Martín, Alfonso.** 1993. Monteas en la Catedral de Sevilla . *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA)*, 1, pp. 79-84.
- Pita Andrade, José Manuel.** 1952. *Monforte de Lemos*. Santiago de Compostela: Bibliófilos Gallegos.
- Polo Sánchez, Julio Juan.** 2004. El modelo *Hallenkirchen* en la arquitectura religiosa del norte peninsular: el papel de los trasmeranos . En: Lacarra Ducay, María del Carmen, *Arquitectura religiosa del siglo XVI en España y Ultramar*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico, pp. 189-236.
- Portor y Castro, Juan de.** 1708. *Cuaderno de arquitectura*. Madrid, Biblioteca Nacional, Manuscrito MS. 9114.
- Potíé, Philippe.** 1996. *Philibert de l'Orme. Figures de la pensée constructive*. Marseille: Éd. Parenthèses.
- Pretel Marín, Aurelio.** 2005. Vandelvira y su gente en Alcaraz: La obra y el entorno social y laboral . En: Pretel Marín, Aurelio, *Andrés de Vandelvira. V centenario*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses Don Juan Manuel , pp. 71-108.
- Quicherat, Jules Etienne Joseph.** 1849. Notice sur l'album de Villard de Honnecourt, architecte du XIII^e siècle . *Revue archéologique*, 6, 1, pp. 65-80, 164-188, 209-226 y pls. 116-118.
- Rabasa Díaz, Enrique.** 1994. Los arcos oblicuos en la traza de cantería . *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA)*, 2, pp. 145-153.
- Rabasa Díaz, Enrique.** 1996. Técnicas góticas y renacentistas en el trazado y la talla de las bóvedas de crucería españolas del siglo XVI . En: Casas Gómez, Antonio de las; Huerta Fernández, Santiago; Rabasa Díaz, Enrique, *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 423-434.

- Rabasa Díaz, Enrique.** 1996b. Arcos esviados y puentes oblicuos. El pretexto de la estereotomía en el siglo XIX . *OP*, 38, pp. 18-29.
- Rabasa Díaz, Enrique.** 2000. *Forma y construcción en piedra. De la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX*. Madrid: Akal.
- Rabasa Díaz, Enrique.** 2005. Construcción de una bóveda de crucería en el Centro de los Oficios de León . En: Huerta Fernández, Santiago, *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 909-917.
- Rabasa Díaz, Enrique.** 2007. De l'art de picapedrer (1653) de Joseph Gelabert, un manuscrito sobre estereotomía que recoge tradiciones góticas y renacentistas . En: Arenillas Parra, Miguel; Segura Graíño, Cristina; Bueno Hernández, Francisco; Huerta Fernández, Santiago, *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: I. Juan de Herrera; SEDHC; CICCIP; CEHOPU, pp. 745-754.
- Rabasa Díaz, Enrique.** 2007b. *Guía práctica de la Estereotomía de la piedra*. León: Centro de los Oficios.
- Rabasa Díaz, Enrique.** 2007c. Principios y construcción de las bóvedas de crucería . *Loggia. Arquitectura & Restauración*, 20, pp. 86-97; 174-178.
- Rabasa Díaz, Enrique.** 2011. *El manuscrito de cantería de Joseph Gelabert*. Palma de Mallorca-Madrid: Col.legi Oficial d'Arquitectes de les Illes Balears; Fundación Juanelo Turriano.
- Rabasa Díaz, Enrique; Alonso Rodríguez, Miguel Angel; Pliego de Andrés, Elena.** 2015. Trazado de bóvedas en las fuentes primarias del tardogótico: configuración tridimensional . En: Huerta Fernández, Santiago; Fuentes González, Paula, *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, III, pp. 1399-1408.
- Rabasa Díaz, Enrique; Calvo López, José.** 2009. Gothic and Renaissance Design Strategies in Stonecutting . En: Nowacki, Horst; Lefevre, Wolfgang, *Creating shapes in civil and naval architecture. A cross-disciplinary comparison*. Leiden-Boston: Brill, pp. 167-191.
- Rabasa Díaz, Enrique; López Mozo, Ana.** 2011. El Escorial. Estereotomía de la piedra . En: González Alarcón, María Teresa; Pérez Gómez, Rafael, *El Escorial; historia, arte, ciencia y matemáticas*. Madrid: Ministerio de Educación, pp. 149-180.
- Rabasa Díaz, Enrique; López Mozo, Ana.** 2016. Configuraciones formales del gótico tardío en relación con las técnicas de labra . En: Alonso Ruiz, Begoña; Rodríguez Estévez, Juan Clemente, *1514 Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Sevilla: Universidad de Sevilla, pp. 499-509.
- Ramírez de Arellano y Díaz de Morales, Rafael.** 1904. *Inventario monumental y artístico de la provincia de Córdoba*. Manuscrito. Ed. Córdoba: Diputación Provincial, 1983.

- Real Academia Española.** 1726-1770. *Diccionario de Autoridades*. Real Academia Española. Disponible en <http://ntlle.rae.es/ntlle/SrvltGUILoginNtlle>. [Consultado el 17/02/2017].
- Real Academia Española.** 1780-1884. *Diccionario Usual*. Real Academia Española. Disponible en <http://ntlle.rae.es/ntlle/SrvltGUILoginNtlle>. [Consultado el 17/02/2017].
- Real Academia Española.** 2014. *Diccionario de la lengua española (23ª edición)*. Madrid: Real Academia Española. Disponible en <http://dle.rae.es/?id=DglqVCc>. [Consultado el 16/02/2017].
- Rejón de Silva, Diego Antonio.** 1788. *Diccionario de las Nobles Artes para Instrucción de los aficionados, y uso de los profesores....* Segovia: Antonio Espinosa.
- Ribera Blanco, Javier.** 1996. Renacimiento y clasicismo. Arquitectura . En: Ribera Blanco, Javier, *Historia del Arte de Castilla y León*. Valladolid: Ámbito, V, pp. 35-150.
- Ribes, Joseph.** 1708. *Llibre de trasas de vias y muntea*. Manuscrito, Barcelona, Biblioteca Nacional de Catalunya.
- Riesco Terrero, Ángel; Ruiz García, Elisa; Domínguez Aparicio, Jesús; Sánchez Prieto, Ana Belén.** 1995. *Aproximación a la cultura escrita. Material de Apoyo*. Madrid: Playor.
- Rincón Álvarez, Manuel.** 2010. *Reflexiones en torno a una bóveda: Biblioteca de San Lorenzo del Escorial*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Riquelme Pacheco, Alfonso; Rosa Barbero, Antonio; Cánovas Almagro, Francisco.** 1991. *Molinos del río Segura: Los Molinos Nuevos*. Murcia: Ayuntamiento de Murcia.
- Rocher, Abbé.** 1865. *Histoire de l'abbaye royale de Saint-Benoît-sur-Loire*. Orléans: H. Herluison.
- Rodríguez de Ceballos, Alfonso.** 1996. *Arquitectura barroca en Castilla y León, siglos XVII y XVIII*. Salamanca: Colegio de España.
- Rodríguez Fernandez, Carlos.** 1987. Estudio artístico de la iglesia y monasterio de San Vicente del Pino de Monforte de Lemos . *Boletín do Museo Provincial de Lugo*, 3, pp. 69-85.
- Rodríguez Ruiz, Delfín.** 2001. Las trazas del Palacio de Carlos V en la Alhambra de Granada . En: López-Vidriero Abelló, María Luisa, *Las trazas de Juan de Herrera y sus seguidores*. Santander: Patrimonio Nacional- Fundación Marcelino Botín, pp. 417-448.
- Rojas, Cristóbal de.** 1598. *Teórica y práctica de fortificación, conforme a las medidas de estos tiempos ...* Madrid: Luis Sánchez.
- Rokiski Lázaro, María Luz.** 1980. La cabecera de la iglesia de Priego (Cuenca). Dibujos y tasación . *Cuenca*, 174, pp. 27-34.
- Rokiski Lázaro, María Luz.** 1985. *Arquitectura del siglo XVI en Cuenca*. Cuenca: Diputación de Cuenca.
- Rokiski Lázaro, María Luz.** 1988. *Colección de documentos para la historia del arte en España. Documentos para el estudio de la arquitectura del siglo XVI*. Madrid: Real Academia de BB. AA. de San Fernando.

- Rokiski Lázaro, María Luz.** 1989. *Arquitectura del siglo XVI en Cuenca. Arquitectos, canteros y carpinteros*. Cuenca: Diputación de Cuenca.
- Rokiski Lázaro, María Luz.** 2005. Andrés de Vandelvira en Cuenca . En: Pretel Marín, Aurelio, *Andrés de Vandelvira. V centenario*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses Don Juan Manuel , pp. 109-116.
- Romero Tallafigo, Manuel; Rodríguez Liáñez, Laureano; Sánchez González, Antonio.** 1995. *Arte de leer escrituras antiguas. Paleografía de lectura*. Huelva: Universidad de Huelva.
- Roriczer, Matthäus.** 1486. *Büchlein von der fialen Gerechtigkeit*. Ed. Lon R. Shelby, en Gothic Design Techniques, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1977.
- Rosenthal, Earl E.** 1988. *El palacio de Carlos V en Granada*. Madrid: Alianza.
- Ruiz Calvente, Miguel.** 2005. Los maestros canteros Francisco de Luna, Andrés de Vandelvira y Juan de Mojica: Intervenciones en las iglesias parroquiales de Segura de la Sierra, Orcera y Hornos de Segura . En: Pretel Marín, Aurelio, *Andrés de Vandelvira. V centenario*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses Don Juan Manuel , pp. 117-132.
- Ruiz de la Rosa, José Antonio; Pinto Puerto, Francisco.** 1994. Monteas en la Cartuja de Santa María de la Defensión en Jerez de la Frontera . *EGA: revista de expresión gráfica arquitectónica*, 1, pp. 79-84.
- Ruiz de la Rosa, José Antonio; Rodríguez Estévez, Juan Clemente.** 2000. Monteas en las azoteas de la Catedral de Sevilla. Análisis de testimonios gráficos de su construcción . En: Graciani García, Amparo; Huerta Fernández, Santiago; Rabasa Díaz, Enrique; Tabales Rodríguez, Miguel Ángel, *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla. Instituto Juan de Herrera, pp. 965-977.
- Ruiz de la Rosa, José Antonio; Rodríguez Estévez, Juan Clemente.** 2003. Trazas de un arquitecto medieval. Monteas para la catedral de Sevilla . *RA Revista de Arquitectura*, 5, pp. 105-114.
- Ruiz de la Rosa, José Antonio; Rodríguez Estévez, Juan Clemente.** 2011. Capilla redonda en *buelta* redonda: nuevas aportaciones sobre una montea renacentista en la Catedral de Sevilla . En: Huerta Fernández, Santiago; Gil Crespo, Ignacio; García Suárez, Santiago; Taín Guzmán, Miguel, *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 1275-1282.
- Ruiz el Joven, Hernan.** c. 1550. *Libro de Arquitectura*. Madrid, Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Facs. Navascués Palacio, Pedro, ed. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 1974. § Facs. Jiménez Martín, Alfonso, et. al., eds. Sevilla: Fundación Sevillana de Electricidad, 1988 § Facs. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2005.

- Ruiz Fuentes, Vicente.** 2005. Algunos aportes documentales a los hijos de Andrés de Vandelvira . En: Pretel Marín, Aurelio, *Andrés de Vandelvira. V centenario*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses Don Juan Manuel , pp. 133-142.
- s.n.** c. 1544. Manuscrito de cantería . Madrid, Biblioteca Nacional de España, Manuscrito Mss. 12686.
- s.n.** c. 1600. Manuscrito de arquitectura y cantería . Madrid, Biblioteca Nacional de España, Manuscrito Mss. 12744.
- Sabouret, Vincent.** 1928. Les voûtes d'arêtes nervurées. Rôle simplement décoratif des nervures . *Le Genie Civil*, L.
- Sáenz Rodríguez, Minerva; Ramírez Pascual, Tomás.** 2004. *Iglesias de Arnedo. La Rioja. Iglesia de Santa Eulalia*. Arnedo: Fundación arnedana del patrimonio artístico.
- Sáenz Rodríguez, Minerva; Ramírez Pascual, Tomás.** 2004b. *Iglesias de Arnedo. La Rioja. Parroquias de San Cosme y San Damián*. Arnedo: Fundación arnedana del patrimonio artístico.
- Sagredo, Diego de.** 1526. *Medidas del Romano necesarias a los oficiales que quieren seguir las formaciones de las Basas, Colunas, Capiteles y otras piezas de los edificios antiguos*. Ed. 1549, Remon de Petras, Toledo: Ayala Acabose, J. § facs. de la ed. de Toledo de 1549, 1986. Marías, Fernando, Bustamante, Agustín., ed. Madrid: Dirección General de Bellas Artes y Archivos, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales; Consejo General de Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.
- Sainz Ripa, Pelayo; Díez Morrás, Francisco Javier.** 2009. El siglo XX en la catedral calceatense (1900-1981): intervenciones y restauraciones . En: Azofra Agustín, Eduardo, *La catedral calceatense desde el Renacimiento hasta el presente*. Santo Domingo de la Calzada: Gobierno de La Rioja; Ayuntamiento de Santo Domingo de la Calzada; Caja Rioja; Instituto de Estudios Riojanos, pp. 361-398.
- Sakarovitch, Joël.** 1994. Le fascicule de stéréotomie; entre savoir et métiers, la fonction de l'architecte . En: Dhombres, Jean; Sakarovitch, Joël, *Desargues en son temps*. Paris: Blanchard, pp. 347-362.
- Sakarovitch, Joël.** 1998. *Epures d'architecture*. Basel-Boston-Berlin: Birkhäuser.
- Salcedo Galera, Macarena; Calvo López, José.** 2016. La bóveda anular del Palacio de Carlos V en Granada. Levantamiento y análisis geométrico y constructivo . *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 21, 28, pp. 52-59.
- Salmerón Avellaneda, Carmen.** 2012. Las trompas en el manuscrito llamado de Juan de Aguirre . En: López González, Concepción, *Actas XI Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, pp. 468-476.

- Salmerón Avellaneda, Carmen.** 2015. Desarrollos teóricos y gráficos en el manuscrito de cantería atribuido a Juan de Aguirre (Biblioteca Nacional de España, Mss. 12744) . En: Rodríguez Ortega, Nuria; Taín Guzmán, Miguel, *Teoría y literatura artística en España. Revisión historiográfica y estudios contemporáneos*. Madrid: Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, pp. 597-619.
- San Nicolás, Fray Laurencio de.** 1639. *Arte y uso de Arquitectura*. s.l.: Imprenta de Juan Sánchez. Facs. Valencia: Albatros, 1989.
- San Nicolás, Fray Laurencio de.** 1663. *Segunda parte del Arte y uso de Arquitectura*. Madrid: s. n. Algunas fuentes dan la edición sin fecha ni lugar. En la fe de erratas figura la fecha de 1665.
- Sanabria, Sergio Luis.** 1984. *The evolution and late transformations of the Gothic mensuration system*. Ph. D. dissertation. University of Princeton.
- Sanabria, Sergio Luis.** 1989. From Gothic to Renaissance Stereotomy . *Technology and Culture*, 30, 2, pp. 266-299.
- Sánchez Ferrer, José.** 2009. Nuevas aportaciones al estudio de la iglesia parroquial de Cenizate . *Zenizate*, 9, pp. 7-36.
- Sánchez Real, José.** 1980. *El papel y sus filigranas en los incunables tarraconense*. Tarragona: El autor.
- Sanchidrián Gallego, Jesús María.** 2014. Palacios de coleccionista en Ávila . Ávila: Museo de Ávila.
- Sancho de Sopranis, Félix.** 1946. Las medidas castellanas en las reglas de trazado . *Revista Nacional de Arquitectura*, 49-50, pp. 16-18.
- Sanjurjo, Alberto.** 2013. Experimentación geométrica y constructiva en piedra: algunos casos espaciales de escaleras de caracol . *Informes de la Construcción*, 65, Extra 2, pp. 35-48.
- Sanjurjo Álvarez, Alberto.** 2016. *La escalera de caracol en los tratados de cantería españoles de la Edad Moderna y su presencia en el patrimonio construido hispánico: estudio geométrico y constructivo*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Santamaría Conde, Alfonso.** 2005. Arquitectura vandelviresca en la provincia de Albacete . En: Pretel Marín, Aurelio, *Andrés de Vandelvira. V centenario*. Albacete: Instituto de Estudios Albacetenses Don Juan Manuel , pp. 189-208.
- Sanz Fernández, Francisco.** 2003. Arquitectura y mecenazgo de la familia Pizarro en Trujillo . *XXXI Coloquios Históricos de Extremadura, 23 al 29 de septiembre de 2002: homenaje a la memoria de don Carmelo Solís Rodríguez*. Trujillo: Centro de Iniciativas Turísticas, pp. 483-520.
- Sanz Fernández, Francisco.** 2007. La piedra como motivo para la arquitectura. Trazas, cortes de cantería, colores y texturas en la arquitectura trujillana del renacimiento . En: *Libros con arte. Arte con libros*. Universidad de Extremadura, pp. 645-657.

- Sanz Fernández, Francisco.** 2007b. Nuevos apuntes documentales sobre el palacio del Marqués de la Conquista en Trujillo (Cáceres): Una obra inédita de los Maestros Sancho de Cabrera Solís y Jerónimo González . *Norba. Revista de arte, geografía e historia*, XXVII, pp. 55-74.
- Sanz Fernández, Francisco.** 2008. El balcón en esquina y rincón en la España del Renacimiento, ¿ingenio de artífice o reformulación del modelo veneciano? . *Memorias de la Real Academia de Extremadura de las Artes y las Letras*, VI, pp. 197-222.
- Sanz Fernández, Francisco.** 2008-2009. De la ambigüedad y el Maridaje. Nuevas precisiones sobre la introducción del Renacimiento en la arquitectura altoextremeña . *Norba. Revista de arte, geografía e historia*, XXVIII-XXIX, pp. 9-19.
- Sanz Fernández, Francisco.** 2009-2010. La influencia de los tratados de monte y cortes de piedra en la arquitectura extremeña del Renacimiento . *Boletín de arte*, 30-31, pp. 119-145.
- Sarthou Carreres, Carlos.** 1952. *Castillos de España: su pasado y su presente*. Madrid: Espasa-Calpe.
- Sarthou Carreres, Carlos; Navascués Palacio, Pedro.** 1998. *Catedrales de España*. Madrid: Espasa Calpe.
- Senent Domínguez, Rosa.** 2016. *La deformación del tipo. Construcción de bóvedas no-canónicas en España (siglos XVI-XVII)*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Senent Domínguez, Rosa; López Mozo, Ana; Martín Talaverano, Rafael; Pérez de los Ríos, Carmen; Rabasa Díaz, Enrique.** 2015. Late gothic ribbed vaults. Basics for cataloging . En: Bowen, Brian; Friedman, Donald; Thomas, Leslie; Ochendorf, John, *Proceedings of the Fifth International Congress on Construction History*. Chicago, Illinois: Construction History Society of América, 3, pp. 265-272.
- Senent Domínguez, Rosa; Pérez de los Ríos, Carmen.** 2013. La construcción de la bóveda de arista rectangular en el tratado de Gelabert: teoría y práctica . *Informes de la Construcción*, 65, 2, pp. 111-125.
- Senent Domínguez, Rosa; Salcedo Galera, Macarena; Calvo López, José.** 2016. Las bóvedas de la girola de la catedral de Granada: ¿tradición tardogótica o innovación renacentista? . En: Alonso Ruiz, Begoña; Rodríguez Estévez, Juan Clemente, *1514 Arquitectos tardogóticos en la encrucijada*. Sevilla: Universidad de Sevilla, pp. 383-396.
- Sequeira, Matos.** 1930. *Sé de Lisboa: Estudo Histórico-Arqueológico e Artístico*. Porto: Litografía nacional.
- Serlio, Sebastiano.** 1552. *Tercero y quarto libro de Architectura ... Agora nuevamente traducido ... por Francisco de Villalpando Architecto*. Toledo: Ivan de Ayala.

- Serlio, Sebastiano.** 1600. *Tutte l'opere d'architettura*. Venecia. (Libro IV, órdenes, Venecia 1537; Libro III, Antigüedades de Roma, Venecia 1540; Libros I y II, geometría y perspectiva, París 1545; Libro V, templos, París 1547; Libro extraordinario, puertas, Lyon, 1551; Libro VII, Francfort, 1575; I sette libri dell' architettura, Venecia 1584; Libros I-IV, Venecia, 1566, con el Libro extraordinario).
- Sierra Delgado, Ricardo.** 2000. La cúpula de la Sacristía Mayor de la catedral de Sevilla: contexto y evolución en Andalucía . En: Graciani García, Amparo; Huerta Fernández, Santiago; Rabasa Díaz, Enrique; Tabales Rodríguez, Miguel Ángel, *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Sevilla. Instituto Juan de Herrera, pp. 1039-1048.
- Sierra Delgado, Ricardo.** 2012. *Diego de Siloé y la nueva fábrica de la Sacristía Mayor de la Catedral de Sevilla*. Sevilla: Universidad.
- Simmons, J. S. G.; Van Ginneken-van de Kastelee, Bé.** 1994. *Likhachev's watermarks: an English-language version*. Amsterdam: Paper Publications Society.
- Sobrino, Miguel.** 2009. *Catedrales: las desconocidas biografías de los grandes templos de España*. Madrid: La Esfera de los Libros.
- Soler Cantó, Juan.** 1993. *El Hospital Militar de Marina de Cartagena*. Cartagena: Ayuntamiento, CAM. 2ª ed. Cartagena, Universidad Politécnica, 1999.
- Sosower, Mark L.** 2004. *Signa officinarum chartariarum in codicibus graecis saeculo sexto decimo fabricatis in bibliothecis hispaniae*. Amsterdam: Adolf M. Hakkert.
- Suárez Quevedo, Diego.** 2002. Felipe Lázaro de Goiti y sus manuscritos de cantería de la Biblioteca Nacional (Madrid). Una aproximación a autor y obra en su contexto . *Anales de Historia del Arte*, 12, pp. 129-148.
- Sucena, Eduardo.** 2004. *Sé Patriarcal de Lisboa. Historia e patrimonio*. Lisboa: Sete Caminhos.
- Tafari, Manfredo.** 1988. El palacio de Carlos V en Granada: Arquitectura a lo romano e iconografía imperial . *Cuadernos de la Alhambra*, 24, pp. 77-108.
- Taín Guzmán, Miguel.** 2003. Las monteas en Galicia: Propuesta de una tipología . *Goya: Revista de arte*, 297, pp. 339-355.
- Taín Guzmán, Miguel.** 2003b. The drawings on stone in Galicia: Types, uses and meanings . En: Huerta Fernández, Santiago, *Proceedings of the First International Congress on Construction History*. Madrid: I. Juan de Herrera; SEdHC; ETSAM; A. E. Benvenuto; COAM; F. Dragados, pp. 1887-1898.
- Taín Guzmán, Miguel.** 2009. La utilización de monteas en la construcción en piedra: El caso gallego . En: *El arte de la piedra*. Madrid: CEU Ediciones, pp. 171-202.

- Taín Guzmán, Miguel, Natividad Vivó, Pau.** 2011. La montea para las bóvedas de horno de Santa Columba de Carnota . En: Huerta Fernández, Santiago; Crespo, Ignacio J.; García Suárez, Santiago; Taín Guzmán, Miguel, *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Santiago 26-29 octubre 2011*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 1389-1399.
- Taín Guzmán, Miguel; Alonso Rodríguez, Miguel Angel; Calvo López, José; Natividad Vivó, Pau.** 2012. Stonecutters' literature and construction practice in Early Modern Gothic. The tracings for a rib vault at the Cathedral of Tui in Galicia . *Construction History*, 27, pp. 1-21.
- Tamborero, Luc.** 2009. Les traits du trait: Les lires avec des outils . En: *El arte de la piedra: Teoría y práctica de la Cantería*. Madrid: CEU, pp. 71-100.
- Taracena Aguirre, Blas; Tudela de la Orden, José.** 1928. *Guía artística de Soria y su provincia*. Soria: E. Las Heras.
- Tarifa Castilla, María Josefa.** 2000. Juan de Villarreal: tradición e innovación en la arquitectura navarra del siglo XVI . *Príncipe de Viana*, 221, pp. 617-654.
- Tarifa Castilla, María Josefa.** 2005. *La arquitectura religiosa del siglo XVI en la Merindad de Tudela*. Pamplona: Gobierno de Navarra.
- Tellia, Fabio.** 2011. El tratado de estereotomía de Joseph Ribes, 1708 . En: Huerta Fernández, Santiago; Gil Crespo, Ignacio J.; García Suárez, Santiago; Taín Guzmán, Miguel, *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, pp. 1413-1420.
- Tellia, Fabio; Palacios Gonzalo, José Carlos.** 2015. Las bóvedas de crucería del manuscrito Libre de trasas de viax y muntea, de Joseph Ribes . *Locus amoenus*, 13, pp. 29-41.
- Terreros y Pando, Esteban.** 1787. *Diccionario castellano con las voces de ciencias y artes y sus correspondientes en las tres lenguas francesa, latina é italiana*. Madrid: Imprenta de la Viuda de Ibarra, Hijos y Compañía.
- Tornés, Antón.** s. XVII-XVIII. *Taccuino Tornés. Libro de trazas de la arquitectura jacetana*. Huesca, Archivo Histórico Provincial de Huesca. Sección Archivos de Familias, sign. 71. Libro de trazas perteneciente a la familia de arquitectos Tornés de Jaca (Huesca).
- Torrente Pérez, Diego.** 1975. *Documentos para la historia de San Clemente (Cuenca)*. Madrid: Ayuntamiento de Cuenca.
- Torres Balbás, Leopoldo.** 1920. De cómo evoluciona una teoría de la historia de la construcción . *Arquitectura*, 28, pp. 205-215.
- Torres Balbás, Leopoldo.** 1939. Las teorías sobre la arquitectura gótica y las bóvedas de ojivas . *Las ciencias*, 4, pp. 223-233.

- Torres Balbás, Leopoldo.** 1945. Función de nervios y ojivas en la arquitectura gótica . *Investigación y progreso*, 6-7, pp. 214-231.
- Tosca, P. Thomas Vicente.** 1707-1715. *Compendio mathemático, en que se contienen todas las materias más principales de las Ciencias, que tratan de la cantidad....* Valencia: Antonio Bordazar - Vicente Cabrera. Tomos I al III, Antonio Bordazar, 1707-1710. Tomos IV al IX, 1712-1715, Vicente Cabrera.
- Turriano, Juanelo.** c. 1570. Los veintidós libros de los ingenios y las máquinas . Biblioteca Nacional de España, Manuscrito Mss. 3372 / 3376.
- Turriano, Juanelo; García-Diego, Jose Antonio; Biblioteca Nacional de España.** 1996. *Los veintidós libros de los ingenios y las máquinas: transcripción del manuscrito del s XVI con prólogo de Pedro Laín Entralgo y reflexiones de José Antonio García-Diego.* Fundación Juanelo Turriano.
- Ungewitter, Georg Gottlob.** 1901. *Lehrbuch der gotischen konstruktionen.* Leipzig: Herm. Tauchnitz.
- Valdés Fernández, Manuel; Cosmén Alonso, Concepción; Herráez, María Victoria; Campos, María Dolores; González-Varas, Ignacio.** 1994. *Una historia arquitectónica de la Catedral de León.* León: Iberdrola- Universidad de León.
- Valdivieso González, Enrique.** 1991. *La Catedral de Sevilla.* Sevilla: Ayuntamiento.
- Valle Melón, José Manuel; Rodríguez Miranda, Álvaro; Gutiérrez Alonso, Sergio; Lopetegui Galarraga, Ane; Pérez Vidiella, Pablo.** 2006. *Documentación Geométrica de la Portada de los Hierros de la Catedral de Valencia.* Laboratorio de Documentación Geométrica del Patrimonio (Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU) - LDGP.
- Vandelvira, Alonso de.** 1646. *Libro de cortes de cantería de Alonso de Vandeelvira, arquitecto, sacado a la luz y aumentado por Philipe Lázaro de Goiti* Madrid, Biblioteca Nacional de España, Manuscrito MS. 12719.
- Vandelvira, Alonso de.** c. 1585. *Libro de trazas de cortes de piedras.* Madrid, Biblioteca de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Facs. 1977. Barbé Coquelin de Lisle, Geneviève, ed. *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira.* Albacete: Caja Provincial de Ahorros.
- Vera Botí, Alfredo.** 1990. Arquitectura de los siglos XVII y XVIII en Murcia . En: *Murcia Barroca.* Murcia: Ayuntamiento, pp. 30-49.
- Vera Botí, Alfredo; Sánchez Rojas Fenoll, Mª Carmen; De la Peña Velasco, Concepción; Pascual Martínez, Lope; Esbert Alemany, Rosa María.** 1994. *La catedral de Murcia y su Plan Director.* Murcia: Colegio de Arquitectos.
- Vignola, Iacomo Barozzi de.** 1562. *Regola delli Cinque ordini d'Architettura.* Roma: s.n.
- Vignola, Iacomo Barozzi de.** 1593. *Regla de los cinco órdenes de Architectura ... traduzido de Toscano en Romance por Patritio Caxesí ...* . Madrid: El autor.

- Villard de Honnecourt.** c. 1225. *Carnet*. Paris, Bibliothèque Nationale de France, MS fr 19093. Facs. Lassus, Jean-Baptiste-Antoine; Darcel, A., eds. *Album de Villard de Honnecourt, architecte du XIII^e siècle* Paris: Imprimerie Impériale, 1858. § Facs. 1859. Willis, Robert; Lassus, J.-B.A.; Quicherat, M.-J., eds. *Facsimile of the sketch book of Wilars de Honecort ...* London: J. Benry and J. J. Parker § Facs. 1906. Omont, Henry Auguste, ed., *Album de Villard de Honnecourt: Architecte du XIII^e siècle.* Paris: Herthaud Frères, 1906 § Facs. 1935. Hahnloser, H. R., ed. *Villard de Honnecourt. Kritische Gesamtausgabe des Bauhüttenbuches, ms. fr 19093 der Pariser Nationalbibliothek.* Wien: Schroll § Facs. 1959. Bowie, Theodore Robert, ed. *The Sketchbook of Villard de Honnecourt.* Bloomington: Indiana University Press § Facs. 1960. Bouvet, Francis, ed. *L'Album de Villard de Honnecourt.* In *La France glorieuse au moyen Age.* Paris: Club des Éditeurs § Facs. 1972. Hahnloser, H. R., ed. *Villard de Honnecourt. Kritische Gesamtausgabe des Bauhüttenbuches ...* Graz: Akademische Druck- und Verlagsanstalt § Facs. [1858] 1976. Paris: Léonce Laget § Facs. 1979. In François Bucher. *Architector.* New York: Abaris, 1979 § Facs. 1986. In Erlande-Brandenburg, Alain, et al. *Carnet de Villard de Honnecourt.* Paris: Stock, 1986 § Facs. 1991. In Erlande-Brandenburg, Alain, et al, eds. *Cuaderno de Villard de Honnecourt.* Madrid: Akal, 1991 § Facs. 1994. In Chanfón Olmos, Carlos, ed. *Wilars de Honecort, su Manuscrito.* Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México § Facs. 1997. In Carreira Eduardo, *Estudos de Iconografia Medieval - O Caderno de Villard de Honnecourt, Arquitecto do Século XIII ...* Brasília: Editora Universidade de Brasília § Facs. 2001. *Le carnet de Villard de Honnecourt, L'art et les techniques d'un constructeur gothique*[CD] Paris: Bibliothèque Nationale de France § Facs. 2009. In Barnes, Carl F., *The Portfolio of Villard de Honnecourt, A New Critical Edition and Color Facsimile.* Farnham: Ashgate, 2009.
- Viollet le Duc, Eugène.** 1854-1868. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI^e au XVI^e siècle.* Paris: B. Bance - Morel.
- Vitrubio Polion, Marco.** *De Architectura libri decem.* (Manuscrito s. I. Tr. española de Joseph Ortiz y Sanz, *Arquitectura de M. Vitruvio Polion*, Madrid, Imprenta Real, 1787; ed. facsímil Colegios Oficiales de Aparejadores y Arquitectos Técnicos, Oviedo, 1974; tr. esp. de Agustín Blánquez, *Los diez libros de Arquitectura*, Barcelona, Iberia, 1995; tr. esp. de Jose Luis Oliver Domingo, *Los diez libros de Arquitectura*, Madrid, Alianza, 1995). .
- Vitrubio Polion, Marco.** 1582. *De architectura, dividido en diez libros, traduzidos de latín en castellano por Miguel de Urrea architecto ...* Alcalá de Henares: Iuan Gracián.
- VV. AA.** 1988. *Tesoros de la Real Chancillería de Valladolid. Planos y dibujos de arquitectura.* Valladolid: Archivo de la Real Chancillería de Valladolid. Catálogo de la exposición Real Chancillería, Valladolid, del 10 al 31 de octubre 1988.
- Weise, Georg.** 1935. *Die Hallenkirchen der Spätgotik und der Renaissance im mitlerend und nördlichen Spanien.* Turbingen.

- Wendal, David; Aranda Alonso, María; Ventas Sierra, María José.** 2015. El corte de la piedra en bóvedas tardogóticas complejas a la luz de los primeros tratados modernos de estereotomía . En: Huerta Fernández, Santiago; Fuentes González, Paula, *Actas del Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, III, pp. 1781-1791.
- Willis, Robert.** 1910. *On the construction of the vaults of the Middle Ages*. London: Royal Institute of British Architects. Reprinted of 1842, Transactions of the Institute of British Architects, 1, London: R.I.B.A.
- Winfried Leonhardt, Carlos.** 1933. Una curiosidad de los balcones extremeños. El balcón de esquina . *Revista del Centro de Estudios Extremeños*, 3, VII, pp. 277-280.
- Woodward, David.** 1996. *Catalogue of watermarks in italian printed maps ca. 1540-1600*. Florencia: Leo S. Olschki.
- Zaragozá Catalán, Arturo.** 2000. *Arquitectura gótica valenciana*. Valencia: Generalitat.
- Zaragozá Catalán, Arturo.** 2003. Arquitecturas del gótico mediterráneo . En: Mira, Eduard; Zaragozá Catalán, Arturo, *Una arquitectura gótica mediterránea*. Valencia: Conselleria de Cultura y Educació, 1, pp. 105-192.
- Zaragozá Catalán, Arturo.** 2007. Seriation and prefabrication . En: Zaragozá Catalán, Arturo, *Mediterranean gothic architecture*. Atenas: Greek Ministry of Culture, pp. 46-51.
- Zaragozá Catalán, Arturo** 2008. El arte del corte de piedras en la arquitectura valenciana del cuatrocientos: Un estado de la cuestión . *Archivo de Arte Valenciano*, 89, pp. 333-356.
- Zaragozá Catalán, Arturo.** 2009. A propósito de las bóvedas de crucería y otras bóvedas medievales . *Anales de Historia de Arte*, Volumen extraordinario, pp. 99-126.
- Zaragozá Catalán, Arturo.** 2010. Cuando la arista gobierna el aparejo: bóvedas aristadas . En: Serra Desfilis, Amadeo, *Arquitectura en construcción en Europa en época medieval y moderna*. Valencia: Universidad de Valencia, pp. 187-224.
- Zaragozá Catalán, Arturo.** 2010b. El control de la forma en la arquitectura medieval valenciana: dibujo y oficios artísticos durante los siglos XIII y XIV . *Historia de la ciudad. VI. Proyecto y complejidad*. Valencia: Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana; Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia, pp. 81-210.
- Zaragozá Catalán, Arturo; Ibáñez Fernández, Javier.** 2014. Hacia una historia de la arquitectura en la Corona de Aragón entre los siglos XIV y XV a partir de los testers de los templos. Ábsides contruidos, ábsides proyectados e ideales y ábsides sublimes . *Anagrama*, 29, pp. 261-303.

- Zaragozá Catalán, Arturo; Iborra Bernard, Federico.** 2005. Otros góticos: bóvedas de crucería con nervios de ladrillo aplantillado y de yeso, nervios curvos, claves de bayoneta, plementerías tabicadas, cubiertas planas y cubiertas inclinadas . En: *Historia de la ciudad IV: Memoria urbana*. Valencia: Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana, pp. 69-88.
- Zaragozá Catalán, Arturo; Pérez de los Ríos, Carmen.** 2014. Bóvedas de crucería con enjarjes de nervios convergentes que emergen del muro en el área valenciana. Siglos XIV-XV . En: Navarro Fajardo, Juan Carlos, *Bóvedas valencianas: arquitecturas ideales, reales y virtuales en época medieval y moderna (2)*. Valencia: Universidad Politécnica, pp. 34-57.
- Zerdoun Bat-Yehouda, Monique.** 1989. *Les papiers filigranés médiévaux: essai de méthodologie descriptive* Turnhout: Brepols.