

Los trazados de cantería en la *Teórica y práctica de fortificación de Cristóbal de Rojas*

José Calvo López

La *Teórica y práctica de fortificación* de Cristóbal de Rojas, publicada en 1598,¹ es quizá el más importante de los tratados de fortificación españoles del Renacimiento; además es, hasta donde llega nuestro conocimiento, la segunda obra impresa en el mundo que trata el tema de los trazados de cantería. El capítulo VIII de la tercera parte de la obra, «De las puertas, y arcos, para la fortificación y otras obras públicas» dedica ocho páginas a la cuestión, con once dibujos y un breve texto introductorio; al contrario de los que sucede en otros textos renacentistas de cantería, no se discuten las *trazas* individualmente por escrito.

Sorprende que estos trazados no hayan sido hasta la fecha objeto de estudio, lo que tal vez se debe al corto número de trazas y a la ausencia de textos explicativos. Sin embargo, la *Teórica* se relaciona con otras fuentes de la cantería española salidas a la luz en los últimos años como los *Cerramientos y trazas de montea* de Ginés Martínez de Aranda² y los apuntes atribuidos a Alonso de Guardia.³ Comparando unos y otros confiamos en arrojar luz sobre las *trazas* de Rojas y poner en valor algunos puntos en los que aparecen por primera vez resultados importantes en esta técnica. Pero antes de hacerlo será interesante discutir la relación entre la *Teórica* y otros textos renacentistas de cantería.

LA TEÓRICA Y PRÁCTICA DE FORTIFICACIÓN Y LOS TEXTOS DE CANTERÍA DEL SIGLO XVI

El primer documento de cantería netamente renacentista que conocemos es el *Libro de Arquitectura* de

Hernán Ruiz el Joven.⁴ Redactado entre 1545 y 1562,⁵ es un cuaderno de uso personal que incluye una traducción parcial de Vitruvio, diversos dibujos de órdenes y perspectiva y 18 dibujos que razonablemente pueden considerarse *trazas* de cantería. Tiene para nosotros el interés de comprobar cómo la práctica totalidad de los *cortes*, incluso los más sencillos, se resuelven *por robos*, es decir, por proyecciones, y no mediante el método *por plantas* basado en abatimientos que más adelante se considerará preferible.

En 1567 se publica el *Premier Tome de l'Architecture* del lionés Philibert de L'Orme⁶ que dedica sus libros tercero y cuarto a la cantería. Por primera vez recoge la imprenta estos temas, hasta entonces ocultos tras el secreto de las logias; el avance sobre el manuscrito de Hernán Ruiz es enorme, no tanto por el número de las trazas sino por los métodos empleados y por el hecho de exponerlos de palabra con ayuda de una notación similar a la utilizada en los tratados de geometría. De L'Orme expondrá la superioridad práctica del método *par panneaux* equivalente a las *plantas* hispánicas frente al *équarrissement* o los *robos*: «Si quieres, puedes labrar estas puertas de cuadrado (...) sin ayuda de plantillas (...) Pero así hay gran pérdida de piedras, lo que hace que los buenos maestros utilicen plantillas, que colocan todo alrededor de las piedras».⁷ Se ha discutido ampliamente en qué medida De L'Orme influyó en los maestros españoles; no podemos examinar esta cuestión aquí pero sí observar que algunas construcciones expuestas por Rojas habían aparecido en el *Premier*

Tome, aunque también son varios los puntos en los que Rojas ofrece soluciones diferentes y más evolucionadas que las delormianas, como veremos más adelante⁸.

El *Libro de trazas de cortes de Piedras* de Alonso de Vandelvira fue compuesto entre 1578 y 1591.⁹ No se trata de un mero cuaderno personal como el de Hernán Ruiz, pues todo indica que se intentó su publicación,¹⁰ y esto se refleja en una disposición más estructurada incluso que la del *Premier tome*, con la misma notación geométrica y un título para cada *corte*, ordenados según un criterio didáctico de mayor a menor dificultad. Rojas comienza su exposición de los trazados de cantería exponiendo que «todos cuantos arcos se pueden imaginar en el mundo, se comprenden debajo de tres suertes de ellos; el primero es el arco de medio punto, y el segundo arco sarpainel, y el tercero escarzano, o arco de tres puntos»; la tríada tiene un antecedente en el *Libro de trazas de cortes de piedras* vandelviriano. También la única escalera de la *Teórica* parece derivar del *Caracol de Emperadores*¹¹ de Vandelvira, que combina una escalera simple, el *Caracol de husillo*, con la famosísima *Vía de San Gil*, la escalera cubierta por una bóveda de cañón de directriz helicoidal que toma su nombre de la abadía de Saint-Gilles-du-Gard, en Languedoc y que durante mucho tiempo fue considerada cima del saber canteril.¹² Pero a pesar de estos dos puntos de contacto, en general parece que la cantería de la *Teórica* deriva de una línea diferente como demuestran el *Arco embocinado* y sobre todo una de las soluciones al *Arco viaje contra viaje*, más práctica que la que ofrece Vandelvira,¹³ como se verá más adelante.

Por el contrario, los *Cerramientos y trazas de monte* de Ginés Martínez de Aranda y los apuntes atribuidos al desconocido maestro Alonso de Guardia parecen tener un aire de familia que los acerca a la *Teórica*. Ginés Martínez de Aranda, baezano como Rojas, fue maestro mayor del obispado de Cádiz y entre 1600 y 1602 estuvo a cargo de las obras de la Catedral vieja o iglesia de Santa Cruz de Cádiz, construida según las trazas que había dado Rojas en 1596.¹⁴ Además de los arcos *abocinado* y *viaje contra viaje por plantas*,¹⁵ recuerda vivamente a Rojas el prólogo de los *Cerramientos*. Donde Rojas dice que «no se puede saber perfectamente el cerramiento de un arco si no es contrahaciéndolos por sus piezas de barro ò de yeso, y esto digo por la experiencia que

tengo de ello, que en tiempo de mi mocedad me ocupé en contrahazer, y levantar modelos de muchas diferencias de cerramientos de capillas» Aranda explica que «los liniamientos de las trazas de monte en nuestros tiempos no las alcanzan a tener si no es aquellos que en su mocedad se han dado a la disciplina del trazar y contra hacerlas (...) así en esto siempre tuve cuidado y principalmente de contra hacer las dichas trazas y ponerlas por modelos antes de ponerlas por escritura»; las semejanzas se repiten en otros pasajes. Incluso el término *Cerramientos* es privativo de Aranda y Rojas y no aparece en otros autores de la época.¹⁶

Hay que pensar que Rojas no estuvo en contacto con Aranda hasta 1598,¹⁷ y el privilegio de la *Teórica* es de 1596, lo que descartaría la influencia de Aranda sobre Rojas. Se puede pensar en una fuente común, en otro manuscrito desconocido para nosotros, pero estos cuadernos circulaban en la España del siglo XVI dentro de círculos restringidos, y no parece probable que Aranda y Rojas compartieran un mismo documento antes de 1598. Todo esto situaría la fecha del manuscrito de Aranda entre 1598 y 1608, cuando Aranda se separa del arzobispo don Maximiliano de Austria, al que estaba dedicado su manuscrito.¹⁸

ARCOS ESVIADOS

Rojas nos presenta en el mismo folio dos soluciones al problema conocido como «paso oblicuo».¹⁹ Se trata de un arco de medio punto abierto en un muro de paramentos planos y paralelos de tal manera que las jambas son paralelas entre sí pero oblicuas a las testas, con lo que la planta del arco tiene forma romboidal. Estamos ante un problema clásico en la cantería de todas las épocas, para el que De L'Orme ofrece dos soluciones, Vandelvira otras dos, y Martínez de Aranda nada menos que cinco.

La primera solución de Rojas es idéntica a la *Porte biaise par teste* delormiana, el «Viaje por testa» de Vandelvira y el «Arco viaje contra viaje por testa» de Martínez de Aranda.²⁰ Se comienza construyendo un arco de medio punto en un plano perpendicular a las jambas y repartiendo el dovelaje en partes iguales. Al proyectar este arco sobre las testas, que como decimos son oblicuas a las jambas, obtenemos dos semielipses, y por tanto las embocaduras serán sendos ar-

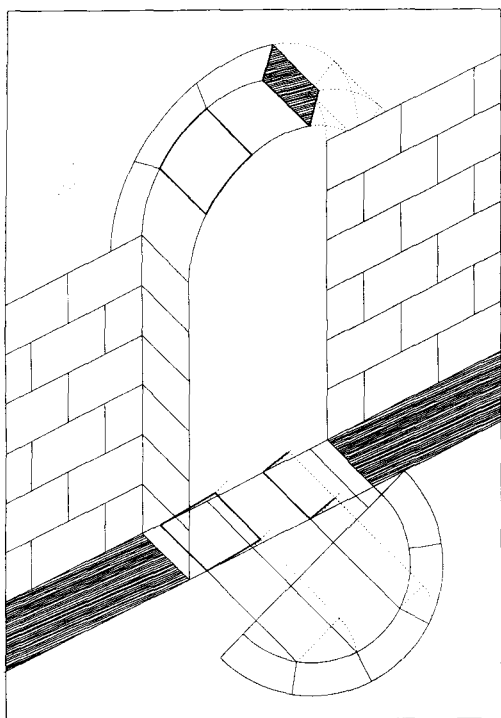


Figura 1
Arco viaje contra viaje

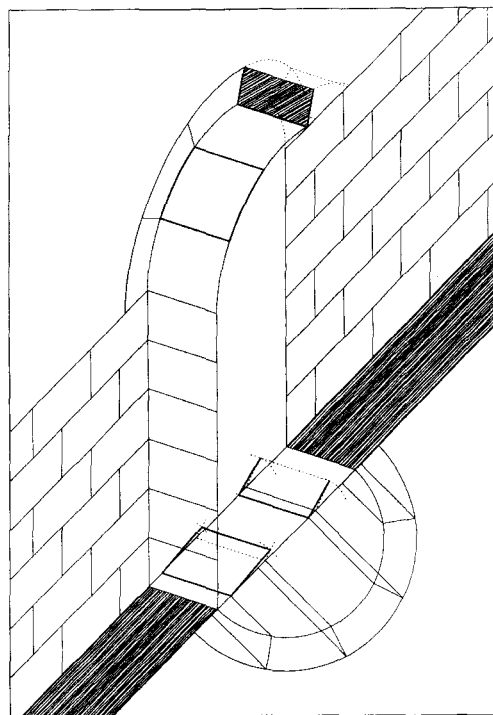


Figura 3
Arco viaje contra viaje

cos elípticos rebajados. Por el contrario, la sección recta del cilindro de intradós será un semicírculo, lo que facilita el trazado.

Se pretende encontrar las plantillas de las caras de intradós y lecho por medio de abatimientos alrededor de las juntas de intradós, que aquí son horizontales y paralelas a las jambas. La junta de intradós inferior de la dovela coincide por tanto con el eje del abatimiento y no se moverá. La superior sí girará, pero como es paralela a la inferior, se conservará paralela en el abatimiento; estará a una distancia de la inferior que podemos tomar del alzado, ya que está en verdadera magnitud por tratarse de dos rectas de punta; así tenemos abatida la junta de intradós superior. Sólo nos queda fijar la posición de sus extremos, que se desplazarán dentro de planos perpendiculares a la charnela; por lo tanto podemos llevar una perpendicular a la charnela desde la proyección horizontal de los extremos hasta intersectar la junta de intradós superior abatida; con esto tendremos el abatimiento de

los extremos y por tanto la plantilla de intradós o *planta*.

Por el mismo procedimiento podemos obtener las plantillas de las caras de lecho y sobrelecho, pero Rojas en su extrema economía de medios únicamente traza la junta de intradós inferior y las dos juntas de lecho. Obtiene por tanto no una *planta* o plantilla para recortar en madera y aplicar sobre la cara de la dovela, sino dos *saltarreglas*, líneas para llevar a las caras de la dovela por medio del transportador de ángulos de este nombre.

Esta solución es sencilla y resuelve correctamente el problema, pero tiene el inconveniente del trazado semielíptico de las testas. Para evitarlo se buscó a largo del siglo XVI una solución basada en invertir el planteamiento del problema y resolverlo partiendo de las testas y no de las jambas. Así, se dispone un arco de medio punto en una de las testas y se proyecta oblicuamente a su plano, según la dirección de las jambas, para obtener la otra testa, que no se represen-

ta por economía de trazado. Por tanto, las dos embocaduras serán semicirculares; pero si la sección del cilindro de intradós por un plano oblicuo a su eje es un semicírculo, la sección recta de dicho cilindro tiene que ser una semielipse peraltada.²¹

Este problema preocupa poco, pues a menos que el arco sea muy profundo, no será muy perceptible; pero nos encontramos con que las juntas de intradós no son perpendiculares al plano del alzado, con lo que no podemos usar la sencilla construcción de la *traza* anterior. Philibert de L'Orme aborda el problema de forma muy confusa, pues lo mezcla con otra solución en la que las juntas de intradós no son horizontales. Vandelvira lo resuelve mediante una solución muy ingeniosa basada en triangulaciones, pero que tiene el inconveniente de ser muy laboriosa y recursiva, con lo que se corre el riesgo de acumular los errores.²²

Hasta donde llega nuestro conocimiento, Rojas es el primero en plantear una solución correcta y sencilla del problema.²³ Como en el caso anterior, abatimos con charnela en la junta de intradós inferior de la dovela. Pero en este caso las juntas de intradós no son rectas de punta, por lo que no podemos tomar su distancia del alzado y situar la junta de intradós superior directamente como en la *traza* pasada. Hemos de comenzar por sus extremos, que se moverán en un plano ortogonal a la charnela; podemos trazar una perpendicular a ésta que pase por la proyección horizontal del extremo de la junta de intradós superior. Trazando un arco con centro en el extremo de la junta de intradós inferior y con radio igual a la distancia entre ambos extremos, que sí podemos tomar del alzado, tenemos construido el punto que buscamos. Del mismo modo podemos construir el otro extremo, con lo que estamos en condiciones de cerrar la *planta* o plantilla de intradós de la dovela.

De igual manera podríamos construir una *planta por lecho* o plantilla de la cara de lecho de cualquier dovela, pues las juntas de trasdós son paralelas a las de intradós, pero Rojas como en otros casos expone las construcciones imprescindibles para la labra de la dovela, y una vez ha obtenido los dos extremos de la junta de trasdós no traza ésta, sino sólo las dos juntas de testa, para obtener unas *salтарыглас* que le permiten conocer el ángulo que forman éstas con la junta de intradós, lo que refleja el desinterés de la cantería española del Renacimiento por los trasdosos.

La aportación geométrica de Rojas en esta *traza*, el método para abatir con charnela en una recta horizontal oblicua al plano del alzado, puede parecernos trivial vista con ojos de hoy. Pero no era trivial ni mucho menos en el siglo XVI. La literatura de la cantería no trataba con soltura el problema: De L'Orme ni siquiera lo identificaba completamente, Vandelvira conocía una solución correcta pero poco práctica. Los geómetras simplemente no se interesaban por estas cuestiones; la geometría en tres dimensiones es la *Cosmimetria*, el arte de medir figuras más o menos complejas, pero desconoce el problema de la proyección o el abatimiento. La solución encuentra rápido eco en España; aparece en los manuscritos de Martínez de Aranda y Alonso de Guardia, y más adelante en el de Juan de Portor y Castro;²⁴ en Aranda es la base de otras *trazas* que combinan la dificultad del esviaje con los paramentos curvos, las bóvedas de cañón o de horno, los taludes o las molduras en el intradós.²⁵

Rojas también aborda el problema del arco de medio punto en el que una de las jambas es oblicua a las testas y a la otra jamba, de manera que una de las embocaduras es menor que la otra en su «Viaje contra cuadrado».²⁶ Se trata de una construcción muy frecuente en los textos quinientistas de cantería, equivalente al *Arco en cuadrado y viaje* de Alonso de Vandelvira y los arcos *Viaje contra cuadrado por lado* de Ginés Martínez de Aranda,²⁷ que da dos soluciones al problema, una *por robos* basada en obtener las proyecciones y el sólido capaz de cada dovela y otra *por plantas*, en la que se abaten las caras de intradós y lecho de las dovelas para construir plantillas que han de auxiliar al cantero en la labra.

La *traza* de Rojas se resuelve por el mismo método que el *Viaje contra cuadrado por lado y por robos* de Aranda, aunque con una economía de trazado extrema. Se construye un alzado por proyección sobre el plano de la testa menor en el que se representan únicamente los intradosos de los dos arcos de embocadura; se reparte el dovelaje en el menor y se trazan las juntas de testa pasando por su centro; las caras de lecho estarán contenidas en planos de canto. Tenemos por tanto definido de forma esquemática el sólido capaz de cada dovela, que vendrá dado por la proyección de la testa menor y de las dos caras de lecho, prolongadas más allá de la testa mayor, y por el trasdós; aunque Rojas no representa el trasdós, que en la cantería española del Renacimiento se resuelve

de forma aproximada, ni siquiera las prolongaciones de las juntas de testa hacia éste.

Lo que sí interesa labrar con precisión son las caras de intradós y de lecho, la primera porque de ella depende el aspecto del arco, la segunda porque el buen ajuste entre lecho y contralecho de dos dovelas sucesivas es esencial para su funcionamiento mecánico. Con este objetivo, Rojas construye una *salta-rregla* que representa la junta de intradós y nos permite conocer el ángulo que forma con las juntas de testa. Emplea para ello un abatimiento con eje en la recta de punta que pasa por el extremo inferior de la junta de intradós. Como este extremo está en la charnela, no se moverá en el abatimiento; el otro extremo sí se moverá, pero manteniéndose dentro del plano de testa, que es perpendicular al eje. Podemos tomar la distancia de los extremos de la junta de intradós al eje en el alzado y llevarla desde la proyección horizontal de la charnela, con lo que obtenemos los puntos 1, 2, 3, 4, abatidos, y con ellos tenemos los abatimientos de las juntas de intradós; y dado que los planos de testa son perpendiculares a la charnela, las juntas de testa se mantienen dentro de ellos, de manera que tenemos definido el ángulo que forman las juntas de intradós con las de testa.

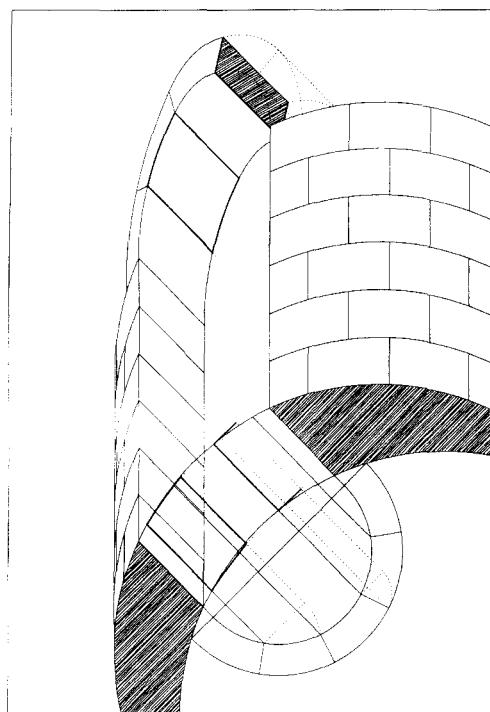


Figura 3
Arco en torre cavado

ARCOS EN MUROS DE PARAMENTOS CURVOS

Rojas ofrece tres arcos abiertos en muros de paramentos curvos. Dos de ellos, el *Arco en torre cavado* y el *Arco en torre redondo*²⁸ son exactamente la misma solución al mismo problema, el del arco de medio punto abierto en un muro cuyos paramentos son dos cilindros con el mismo eje, que se corta con el eje del arco, dando lugar a una figura simétrica. Un paramento será convexo y el otro cóncavo, y ahí está la única diferencia entre una y otra *traza*: en el *Arco en torre cavada* la planta se construye en el lado *cavado* o cóncavo del arco, y en el *torre redonda* en el lado convexo. Por tanto se trata del mismo arco visto desde una u otra cara. La distinción debería tener su utilidad práctica, porque es lógico trazar el alzado del arco en la cara de acceso o más importante, para minimizar los errores de transporte de medidas. Esto prueba que en el siglo XVI se realizan en ocasiones los trazados al pie del arco real, a pesar de la existencia comprobada de «casas de la traza».²⁹

Se comienza levantando un arco de medio punto

que se reparte en partes iguales y se proyecta sobre las testas. A continuación se construyen las *plantas* y *salta-rreglas* por un método que es básicamente el del *Arco viaje contra viaje*. Se trata de emplear abatimientos alrededor de las juntas de intradós, que aquí son también horizontales y paralelas a las jambas. La junta de intradós inferior de la dovela será la charnela del abatimiento y no se desplazará, pero sí lo hará la superior, manteniéndose paralela a la inferior y a una distancia de ella que podemos obtener en el alzado para construirla fácilmente. A continuación fijaremos sus extremos, que se mueven en el abatimiento dentro de planos perpendiculares a la charnela, por lo que podemos llevar una recta ortogonal a las jambas desde su proyección horizontal hasta intersectar con la junta de intradós superior abatida. Tendremos así los puntos abatidos de los extremos de la junta de intradós superior; podemos unirlos sin más con los de la junta de intradós inferior para obtener la *planta*. En muchos casos, esta solución será suficientemente

precisa; en otros necesitaremos darle a estas aristas laterales su curvatura, puesto que son secciones de un cilindro por un plano oblicuo al eje.

Rojas dibuja estos lados de las *plantas* con curvatura, pero no nos da la menor indicación del procedimiento que emplea para ello. Podemos comparar el resultado con el de Alonso de Vandelvira en el *Arco en torre cavada* 30 Allí nos dice que «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 cavo y a la parte del torre redondo van cavadas; a lo cual has de saber que el mucho capialzo que las primeras capialzan les hace hacer este efecto...»

Esta sorprendente afirmación de Vandelvira, que confirma el dibujo, se comprende si se observa que construye la curvatura abatiendo el punto medio del tramo de arco correspondiente a la dovela. Es decir, está intentando llevar al plano horizontal no sólo los cuatro vértices de la cara de intradós de la dovela, que están en el mismo plano, sino también los dos puntos medios de los tramos de arco incluidos en la dovela, pero estos dos últimos no están en el mismo plano. De ahí la incoherencia del sistema que le lleva a transformar lo cóncavo en convexo y viceversa. De L'Orme también abate el punto medio del tramo de arco comprendido en la dovela, aunque traza sus figuras con habilidad y la inconsistencia no es evidente³¹.

Por el contrario, Martínez de Aranda utiliza una construcción diferente, que le lleva a abatir no el punto medio del tramo de arco que corresponde a la dovela, sino su proyección sobre el plano definido por los cuatro vértices de la cara de intradós³². Para ello construye la cuerda del tramo de arco que corresponde a la dovela en proyección horizontal, traza una paralela a las jambas por su punto medio, tomar sobre ella la distancia entre cuerda y arco, traza la cuerda de la planta, levanta una paralela a la jamba por su punto medio, y lleva sobre ésta la distancia entre cuerda y arco desde el punto medio de la cuerda de la planta, para obtener un punto del lado curvo de la planta. Éste es en realidad un arco de elipse, pero será por lo general de radio muy grande en relación con su longitud y se puede asimilar en la práctica a un arco de círculo.

La construcción aprovecha con inteligencia el paralelismo entre juntas de intradós y jambas, pues la proyección de un segmento paralelo a las jambas so-

bre el plano definido por las dos juntas de intradós, que también son paralelas a las jambas, conserva la verdadera magnitud del segmento. Además, el método tiene un claro sentido práctico, pues permite labrar la dovela con una plantilla que representa la proyección de las testas sobre el plano definido por los cuatro vértices de la cara de intradós, materializando primero este plano para *afondar* después la dovela hasta alcanzar la cara de intradós definitiva, comprobando con ayuda de una regla su condición de superficie reglada.

Es probable que sea esta construcción de Martínez de Aranda la que utiliza Rojas, pues la constatación de los resultados análogos de una y otra, con un correcto tratamiento de la concavidad y convexidad, se ve reforzada por las conexiones entre los dos manuscritos a las que nos referíamos más arriba. La única duda la plantea la curvatura exagerada de la *planta* de los salmeres en Rojas, que correctamente construida sería inapreciable; pero esto puede deberse a un deseo del impresor de mostrar a cualquier precio la concavidad y convexidad de los lados de las plantas.

Si estamos en lo cierto y la solución de Rojas es la de Aranda, a pesar de las imprecisiones de la impresión, nos encontramos con otro punto en el que Rojas afina una solución de De L'Orme y Vandelvira; un punto crítico, porque nos encontramos ante el problema de la planeidad de las plantillas, que es el que marca el límite del método de labra *por plantas*, que en el siglo XVI se consideraba más sofisticado que la labra *por robos*; se comprende fácilmente que una condición esencial para el empleo de plantillas es que todos los puntos que intenta representar la *planta* estén en un mismo plano, pero esto no estaba tan claro para los tratadistas de la cantería del siglo XVI.

Por el contrario, en el *Arco entre dos caracoles*³³ nos encontramos con una *traza* de nuevo cuño, que no tiene paralelo en De L'Orme ni Vandelvira, ni tampoco continuidad en Aranda o en Portor y Castro. Si el arco *en torre cavado* que veíamos antes combinaba un paramento cóncavo con otro convexo, éste se abre en un muro con los dos paramentos cóncavos. El problema no es un mero juego teórico: lo encontramos en la Catedral de Ávila. Sin embargo, su construcción es idéntica a la del *Arco en torre cavado*, por lo que no nos detendremos en su exposición.

ARCOS ABOCINADOS

La *Teórica* incluye dos arcos abocinados, esto es, de jambas concurrentes. El *Arco embocinado*, que también sirve «para tronera, o para subida de una escalera»³⁴ no aparece en De L'Orme ni en Vandelvira, pero sí en Aranda, Alonso de Guardia, y Portor y Castro.³⁵ La ausencia en De L'Orme y Vandelvira de un arco de extraordinaria difusión geográfica³⁶ resulta muy llamativa; sólo puede deberse a la sencillez de su trazado, que no lo haría merecedor de una explicación. Por el contrario, Rojas, Aranda y Portor lo incluirían no tanto por sí mismo, sino para facilitar la comprensión de otros arcos que unen al abocinamiento otras dificultades, como el *Embocinado viaje*³⁷.

Veamos el procedimiento de construcción. Una vez trazada la planta, con jambas simétricas, se levantan los dos arcos de testa, como arcos de medio punto con luces diferentes pero con la misma rosca, y se reparte en ambos el dovelaje a partes iguales.

A continuación se obtienen la *planta* y las *saltrarreglas* del salmer, que valdrán para cualquier dovela ya que el arco presenta simetría radial respecto a su eje. Ahora bien, las roscas de los dos arcos son iguales, y por tanto la junta de trasdós inferior paralela a la jamba; Rojas aprovecha esto para trasladar la construcción desde la jamba a la junta inferior de trasdós, para «no entoscar la traza» como diría Vandelvira. Nosotros expondremos la *traza* como si no se hubiera desplazado, para no complicar la exposición.

La construcción de la *planta* recuerda en algunos aspectos a la *Capilla redonda en vuelta redonda* de Vandelvira.³⁸ Abatimos con eje en la junta de intradós inferior del salmer; dada la simetría radial, todas las juntas de intradós convergen en un mismo punto, el vértice del cono que forma la superficie de intradós y son de igual longitud. Por tanto, los dos extremos de la junta de intradós superior estarán en arcos trazados con centro en el vértice del cono, esto es, en la intersección de las jambas, y que pasan por los extremos de la junta de intradós inferior. Podemos tomar la distancia entre los extremos de las juntas de intradós superiores e inferiores de ambos alzados y trazar arcos con estos radios y centro en los extremos de la junta de intradós inferior; donde estos arcos intersecten a los anteriormente trazados estarán los extremos de la junta de intradós superior y con ellos

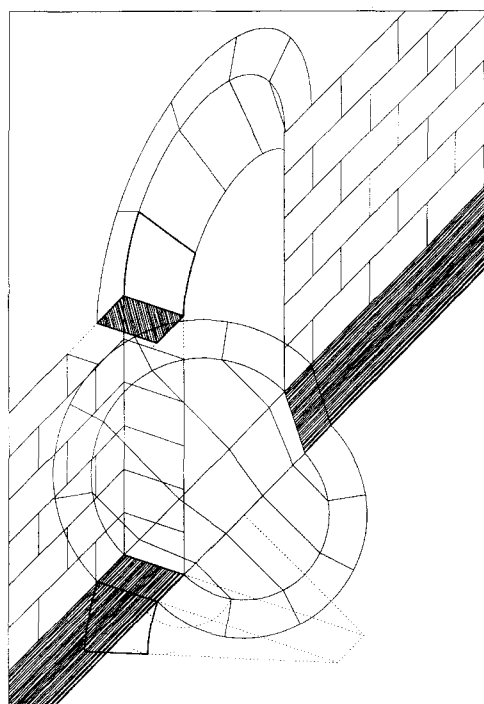


Figura 4
Arco embocinado

podremos trazar la *planta*. En cuanto a la *saltrarregla*, ya la tenemos trazada, pues el sobrelecho del salmer no es otro que su huella sobre la imposta, y por simetría radial todos los demás lechos y sobrelechos serán iguales; por tanto no es necesario siquiera abatir, y basta con tomar el ángulo entre la jamba y el plano de testa para obtener el ángulo entre juntas de intradós y de testa en todas las dovelas.

Es interesante comparar la solución de Rojas con las de Martínez de Aranda y Alonso de Guardia;³⁹ son iguales en lo básico, pero se diferencian en dos puntos. Por una parte, Aranda y Guardia no trazan los dos arcos con la misma rosca, sino de tal manera que las juntas de trasdós convergen en el mismo vértice que las de intradós. Por otra, no abaten la cara de intradós del salmer con eje en la jamba, sino la de la clave con charnela en la cuerda de su porción de arco, esto es, en una recta horizontal contenida en el plano de testa, lo que simplifica aún más la construcción; la aparición de una solución más evolucionada

apoya la datación del manuscrito de Aranda y los apuntes de Guardia con posterioridad a la *Teórica*.

El *Arco embocinado en viaje* es una variante del anterior en la que las jambas son divergentes pero no simétricas. Se trata, junto con la escalera a la que nos referimos más arriba, de la única traza verdaderamente compleja de las presentadas en la *Teórica*. Al contrario de lo que sucede en el resto de las trazas vistas hasta ahora, los cuatro vértices de la cara de intradós de las dovelas no son coplanares; dicho de otro modo, las juntas de intradós se cruzan y no se cortan.

Resulta un tanto sorprendente, para nuestros hábitos mentales, comprobar que esto no arredra a Rojas que se lanza a obtener la *planta por cara* de estas dovelas. Estudiar este problema saldría de los límites de esta comunicación por razones de espacio, pero también porque la *traza* de Rojas es bien confusa y la explicación de los procedimientos que se emplean sólo pueden comprenderse partiendo de los manuscritos de Aranda y de Portor y Castro. En cualquier caso, sí merece la pena decir que no se trata de un error aislado: mientras Vandelvira rehuye esta problemática, Martínez de Aranda traza las *plantas por cara* como Rojas en el correlato de este arco, el *Arco abocinado viaje por cara* y en otros muchos casos. No se puede pensar que Aranda desconozca el concepto de planeidad, pues en casos análogos advierte con claridad que estas superficies han de quedar *engauchadas*, esto es, que se trata de superficies regladas no desarrollables. Todavía más claro es el manuscrito de Juan de Portor y Castro, que expone la labra de un *Capialzado engauchado por plantas*. Con toda probabilidad, esta aparente contradicción responde a un procedimiento de labra en el que primero se coloca la plantilla sobre la cara del bloque para materializar un plano y después se labra para situar el cuarto vértice por debajo en el momento de dar forma curva a la superficie de intradós. Así pues, también nos encontraríamos aquí con una innovación de Rojas, la de las plantillas de caras alabeadas, que después recogerán Aranda y Portor.

NOTAS

1. *Teórica y práctica de fortificación, conforme a las medidas y defensas de estos tiempos, repartida en tres partes. por el Capitan Christoual de Rojas, Ingeniero del*

Rey nuestro señor. Dirigida al principe nuestro señor Don Felipe III... En Madrid, por Luis Sanchez. Año 1598. Edición facsímil en *Tres tratados de fortificación y arte militar*, Madrid, CEHOPU, 1985.

2. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de montea*. Ed. facsímil Madrid, Servicio Histórico Militar - CEHOPU, 1986.
3. V. Fernando Marías, «Trazas, trazas, trazas. Tipos y funciones del diseño arquitectónico», en *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 351-360.
4. Hernán Ruiz el Joven, *Libro de Arquitectura*. Ed. facsímil Madrid, Escuela de Arquitectura, 1974.
5. Pedro Navascués Palacio, «Estudio», en *El libro de arquitectura de Hernán Ruiz el Joven*, Madrid, Escuela de Arquitectura, 1974, pg. 4.
6. Philibert De L'Orme, *Le premier tome de l'Architecture*, París, Federic Morel, 1567. Ed. facsímil París, Léonce Laget, 1988.
7. Philibert de L'Orme, *Architecture*, f 73 v.
8. Acerca de la presencia de la obra de De L'Orme en las bibliotecas de los arquitectos españoles v. Agustín Ruiz de Arcaute, Juan de Herrera, Madrid, Espasa Calpe, 1936, pg. 159; F[rancisco] J[avier] Sánchez Cantón, La librería de Juan de Herrera, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1941, pg. 29; Luis Cervera Vera, Inventario de los bienes de Juan de Herrera, Valencia, Albatros, 1977, pg. 170; Fernando Marías, «Juan Bautista de Monegro, su biblioteca y la "Divina proportione" de Luca Paccioli», Academia, 1981, pg. 102; Alfonso Rodríguez Gutiérrez de Ceballos, «La librería del arquitecto Juan del Ribero Rada», en Academia, 1986, pg. 121-154. Acerca de su influencia real, v. Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle, «Introducción», en Alonso de Vandelvira, *Tratado de arquitectura*, Albacete, Diputación, 1977, pg. 33-34 y la posición discrepante de Antonio Bonet Correa, «Ginés Martínez de Aranda, arquitecto y tratadista de cortes de montea», en Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de montea*, Madrid, Servicio Histórico Militar - CEHOPU, 1986, pg. 19.
9. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*. Ed. facsímil, *Tratado de arquitectura*, Albacete, Diputación, 1977.
10. Fray Laurencio de San Nicolás, *Segunda parte del Arte y uso de Arquitectura*, s. e., s. l., 1665. V. Geneviève Barbé-Coquelin de Lisle, «Introducción», en Alonso de Vandelvira, *Tratado de arquitectura*, pg. 21-22.
11. Cf. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 54 r. - 54 v., y Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 101.
12. Cristóbal de Rojas, *Teórica y práctica de fortificación*, f. 101. V. también Philibert de L'Orme, *Architecture*, f. 123 v. - 126; Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f 49 v - 50 r., 52 v. - 53 r., 54 r. - 54

- v.; Jean-Marie Pérouse de Montclos, *L'architecture a la française*, pg. 143-146, y «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*, Paris, Picard, 1985, pp. 83-92; José Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería*, pg. 112-113, 120-125; Enrique Rabasa Díaz, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», *Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1994, pg. 146.
13. Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 99, 99 v. Cf. este último con Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 27 v.
 14. Pablo Antón Solé, «La catedral vieja de Santa Cruz de Cádiz. Estudio histórico y artístico de su arquitectura», *Archivo Español de Arte*, 1975, pp. 83-96.
 15. Cf. Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 99, 99 v., con Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, pl. 33 y 16 respectivamente.
 16. Cf. Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 89, 101, con Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, prólogo *AL LECTOR*, s. n.
 17. V. Pedro Galera Andreu, «Una familia de arquitectos jiennenses: los Aranda. Estudio genealógico», *Boletín del Instituto de Estudios Jiennenses*, 1978, pp. 9-19, y *Arquitectura y arquitectos en Jaén a fines del XVI*, Jaén, Instituto de Estudios Jiennenses, 1982, pg. 90-100; Lázaro Gila Medina, «Ginés Martínez de Aranda. Su vida, su obra y su amplio entorno familiar», *Cuadernos de Arte de la Universidad de Granada*, 1988, pp. 65-81, y *Arte y artistas del Renacimiento en torno a la Real Abadía de Alcalá la Real*, Granada, Universidad, 1991, pg. 270-277.
 18. Ana Goy Diz, *La arquitectura en Galicia en el paso del Renacimiento al Barroco, 1600-1650 Santiago y su área de influencia*, Tesis doctoral presentada en la Universidad de Santiago de Compostela, 1995, pg. 1.302.
 19. Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 99 v.
 20. Philibert de L'Orme, *Architecture*, f. 71 - 72; Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 19 v.; Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, pl. 9 - 11.
 21. V. José Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería*, pg. 54, 70; Enrique Rabasa Díaz, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», pg. 147, y «Arcos esviados y puentes oblicuos», *OP*, 1996, pg. 35-38.
 22. Philibert de L'Orme, *Architecture*, f. 67 v. - 69; Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 27 v. V. José Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería*, pg. 70; Enrique Rabasa Díaz, «Los arcos oblicuos en la traza de cantería», pg. 147-148.
 23. [Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 99 v. Tanto los de Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos* y trazas de monte, pl. 16, como los apuntes llamados de Alonso de Guardia ofrecen soluciones básicamente iguales del mismo problema. Hasta donde llega nuestro conocimiento actual, hay que suponer los textos de Aranda y Guardia posteriores en algunos años a la *Teórica*, como se razona más arriba, aunque la cuestión no puede considerarse cerrada.
 24. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, pl. 16; Juan de Portor y Castro, *Cuaderno de arquitectura*, Ms. 9.114 de la Biblioteca Nacional de Madrid.
 25. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, pl. 23-24, 27-28, 31-33, 47-48, 51-53, 56-57, 60-61, 65-66, 70-71.
 26. Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 98 v.
 27. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 26 v. - 27 r.; Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, pl. 11-14
 28. Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 100 v.
 29. La prueba más concluyente de que se realizaban trazados no sólo a tamaño natural, sino además in situ la encontramos en Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 23 v. Sobre las «casas de la traza» españolas en el Renacimiento, v. Juan José Martín González, «Formas de representación en la arquitectura clasicista española del siglo XVI», en Herrera y el clasicismo, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1986, pg. 23; Alfonso Jiménez Martín, y F. Pinto, «Monteas en la Catedral de Sevilla», *Expresión Gráfica Arquitectónica*, 1992; Alfredo J. Morales, «El proyecto arquitectónico en la Sevilla del Renacimiento. Elementos y condicionantes», en Juan de Herrera y su influencia, Santander, Universidad de Cantabria, 1992, pp. 343-344; del mismo autor, Hernán Ruiz «El Joven», Madrid, Akal, 1996, pg. 45-46.
 30. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 22 r.
 31. Philibert de L'Orme, *Architecture*, f. 77, 78.
 32. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, pl. 20 - 21.
 33. Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 99.
 34. Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 99.
 35. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, pl. 33; Juan de Portor y Castro, *Cuaderno de arquitectura*, f. 11.
 36. V. p. ej. Arsenio Moreno, *Úbeda Renacentista*, Madrid, Electa, 1993, pg. 219, 240-68; José Carlos Palacios, *Trazas y cortes de cantería*, pg. 27; Rafael López Guzmán, «El lenguaje arquitectónico en el Renacimiento andaluz», en *Arquitectura del Renacimiento en Andalucía. Andrés de Vandelvira y su época*, Sevilla, Consejería de Cultura, 1992, pp. 133-134; Juan Carlos Hernández Nuñez y Ramón María Serrera Contreras, «Andalucía y la huella del Renacimiento en Indias», *ibid.*; Ramón Gutiérrez, *Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica*, Madrid, Cátedra, 1983, pg. 127.
 37. Cristóbal de Rojas, *Teórica*, f. 100.
 38. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, f. 60 v.
 39. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos*, pl. 33.