

Gaspard Monge, la estética de la Ilustración y la enseñanza de la Geometría Descriptiva

José Calvo López. Cartagena

Ante el futuro de la enseñanza de la Geometría Descriptiva en las escuelas de Arquitectura y Arquitectura Técnica se adoptan diferentes posiciones que se pueden sintetizar en tres grupos. Algunos profesores parecen entender que el canon de la disciplina es inmutable, que determinados contenidos han formado parte de la Geometría Descriptiva desde la noche de los tiempos

y que cualquier novedad es peligrosa. Otros, por el contrario, se muestran partidarios de la innovación, y pretenden acercar la enseñanza de la disciplina a las necesidades de las profesiones de arquitecto o Arquitecto Técnico; el guión de combate de este grupo es el llamado *diédrico directo*, que algunos juzgan más moderno o novedoso que el llamado *diédrico clásico* o *de Monge*. Por último, una tercera tendencia proclama la supresión pura y simple de la disciplina; el ordenador, dicen, resuelve todas las cuestiones geométricas que precisa el arquitecto sin emplear el arcaico recurso a la proyección.

En el contexto de este debate, creemos que puede ser interesante ofrecer un rapidísimo repaso a la formación del canon de la Geometría Descriptiva a lo largo de la Historia; es decir, examinar cuándo, gracias a quién y en función de qué intereses o concepciones culturales entran a formar parte de la disciplina esos saberes que "son Geometría Descriptiva".



1

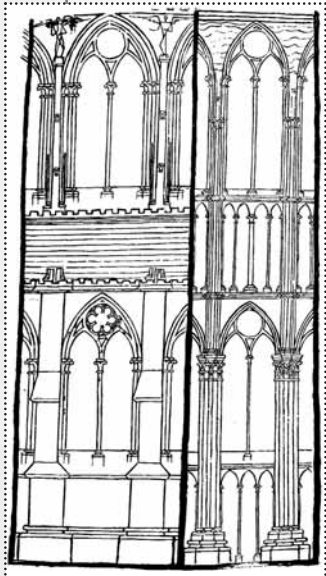
El método de las proyecciones

Resulta tópicamente afirmar que Gaspard Monge creó o fundó la Geometría Descriptiva. En realidad, la gran mayoría de los conceptos y métodos de la disciplina son muy anteriores a Monge, y lo que hizo el geómetra francés fue reunir estos conocimientos en un cuerpo de doctrina sistemático. Pero en contra de lo que se da por supuesto muchas veces, esta operación no fue neutra; por el contrario, responde a los conceptos filosóficos de la Ilustración y al programa estético del Neoclasicismo.

Hasta donde llega nuestro conocimiento, la doble proyección ortogonal, y quizá la misma idea de proyección ortogonal, son de origen bajomedieval. La práctica totalidad de las representaciones en planta o alzado que nos han llegado de la Antigüedad y la Alta Edad Media incluyen únicamente objetos dispuestos en un mismo plano horizontal o vertical y no son, por tanto, proyecciones en sentido estricto. En cambio, el *Cuaderno* de Villard de Honnecourt, de la primera mitad del siglo XIII, ya representa en alza-

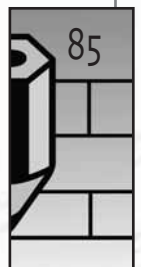


4



2

INVESTIGACIÓN

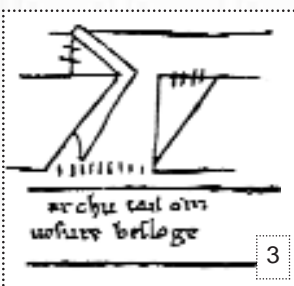


do objetos dispuestos en planos diferentes, y anuncia una idea aún más trascendental. El código incluye algunos esquemas de estereotomía en planta, debidos a un autor conocido por *Magister II*, diferente del que realizó la mayoría de los dibujos del manuscrito. Estos trazados presentan marcas que parecen haber sido tomadas de un alzado, y que permiten encontrar la solución de un problema de corte de piedras que resultaría irresoluble empleando la planta y el alzado por separado. Por tanto, encontramos por primera vez indicios de una idea que sería esencial en el desarrollo posterior de los sistemas de representación, y que la Antigüedad apenas parece haber conocido o explotado: la potencia de la planta y el alzado, cuando se emplean conjuntamente para resolver problemas de geometría del espacio, es muy superior a la de una y otro tomados por separado.

Un alzado de un campanario del *Trecento* toscano, quizá el proyecto original del *campanile* de Giotto, copiado para servir de modelo a la torre de la catedral de Siena, indica también con claridad esta capacidad resolutoria de la doble proyección. Es frecuente que en los alzados de esta época se intente representar en verdadera magnitud los objetos dispuestos en planos oblicuos; sirva como ejemplo el dibujo posterior de una flecha de la catedral de Colonia, de Johann Hultz, que intenta representar en verdadera forma las trazas circulares de los paños inclinados de la aguja, e incluso de los oblicuos. Por el contrario, en el

dibujo toscano, las caras oblicuas del cuerpo de planta ochavada que remata la torre se representan con la deformación que sufrirían en una proyección ortogonal a las caras frontales del prisma octogonal; un acortamiento que difícilmente podría haber sido calculado en la época sin emplear una planta.

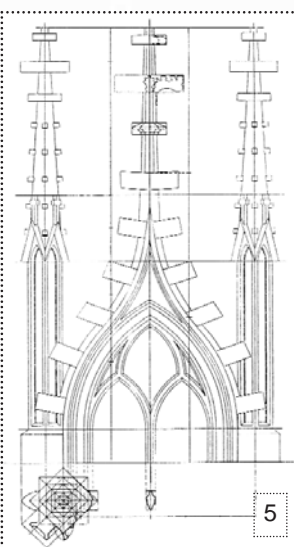
En las obras de Mathes Roriczer, de finales del siglo XV, y en particular en el *Buchlein der fialen gerechtikeit*, se emplea explícitamente la correlación diédrica para "extraer el alzado de la planta" mediante líneas de referencia; por tanto, tenemos ya presentes



muchos de los elementos de lo que consideramos hoy como *sistema diédrico*, como las proyecciones horizontal y vertical y las líneas de referencia. Faltan, sin embargo, la línea de tierra y las trazas de planos, de manera que el conjunto presenta una curiosa semejanza con lo que hoy llamamos *diédrico directo*. Aun-

que algunos consideran este modo de representación una novedad reciente, lo cierto es que antecede en tres siglos, al menos, al *diédrico clásico* o *de Monge*.

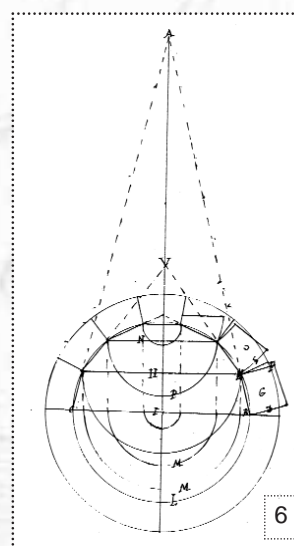
Durante el Renacimiento y el Barroco, los maestros canteros emplean de forma cada vez más

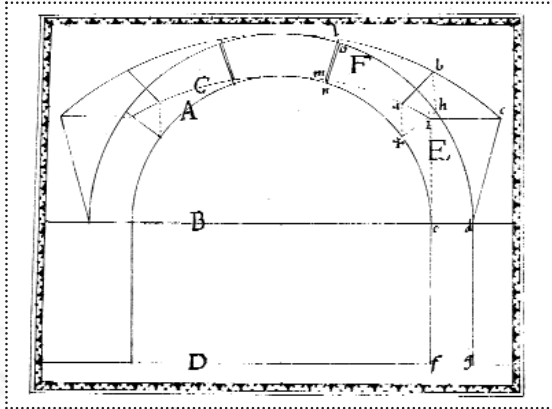


intensa y sofisticada la doble proyección, para resolver los problemas que el lenguaje arquitectónico clásico plantea a la construcción pétreo. En concreto, se usan las proyecciones ortogonales para la labra de la piedra *por escuadría* o *por robos*; se emplean los abatimientos y los desarrollos en la talla mediante plantillas; se practican giros para conocer los ángulos que forman entre sí las aristas de las dovelas; se realizan cambios de plano para construir las testas oblicuas o inclinadas de los arcos; y en ocasiones se combinan de forma muy ingeniosa todos estos

métodos. Monge, profesor de Teoría del Corte de las Piedras en la escuela de ingenieros militares de Mézières, será el heredero de esta tradición, pero también de las críticas que estos métodos de trazado reciben en los albores de la Ilustración.

El tratado más completo y sistemático del arte del corte de las piedras de todos los tiempos es *La theorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois ... ou éléments de stéréotomie*, del ingeniero militar Amedée-Louis Frézier, publicado en 1737, en tres gruesos tomos. Al tratar de las formas de representación empleadas por los tratados que le preceden, Frézier se muestra sorprendido por la anarquía de la disposición de las proyecciones en las láminas: se mezclan sin divisiones las plantas con los alzados, que algunas veces están puestos de lado, y en otras parecen caer cuando deberían elevarse. Sin embargo, el tratadista

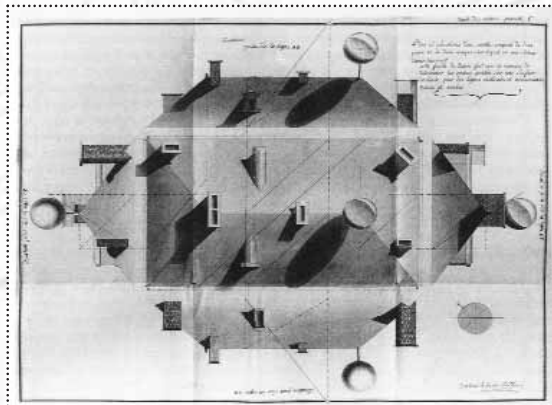




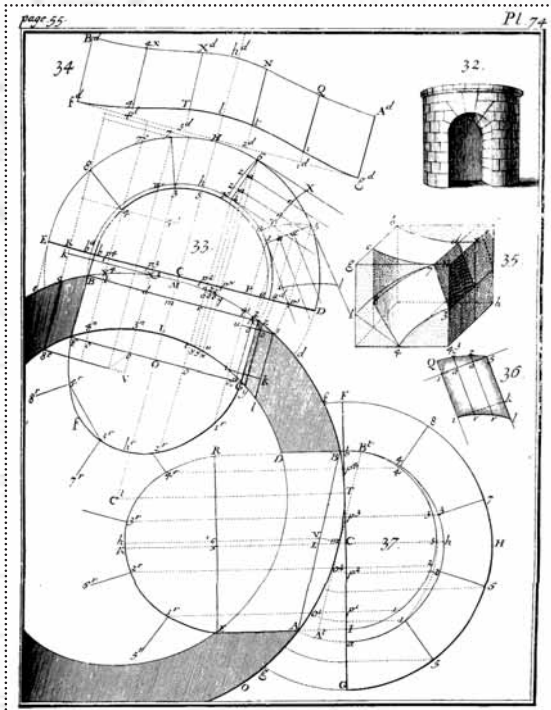
7

reconoce que ese es el precio que debe pagarse para mostrar con claridad la relación entre unas proyecciones y otras por medio de líneas de referencia, de manera que a veces es más útil mezclar y entremezclar todas estas plantas, alzados y secciones.

Otros elementos gráficos aumentan la confusión o la variedad, según se mire, de las láminas de estos tratados, incluido el del propio Frézier. En realidad, las plantas, secciones y alzados, íntimamente unidas por líneas de referencia, no tienen por objeto representar los arcos y bóvedas de las que se ocupa el tratado; esto es, no pretenden llevar su forma a la mente del que estudia estos gruesos volúmenes. Esa labor queda encomendada a perspectivas lineales, caballeras o, incluso, a las que hoy llamamos *de Hejduk* o transoblicuas. Las plantas, alzados y secciones tienen una misión diferente: son instrumentos que permiten construir las plantillas o determinar los ángulos necesarios para labrar la piedra. Esta dualidad era una constante en los tratados de cantería franceses, desde De L'Orme a De La Rue, pasando por Bosse. Se usa la perspectiva lineal o caballera para mostrar algo que ya se conoce, esto es, para **representar** los tipos constructivos expuestos por el autor; pero al mismo tiempo se propone el empleo de lo que hoy llamaríamos diédrico directo para **resolver** los problemas de geometría



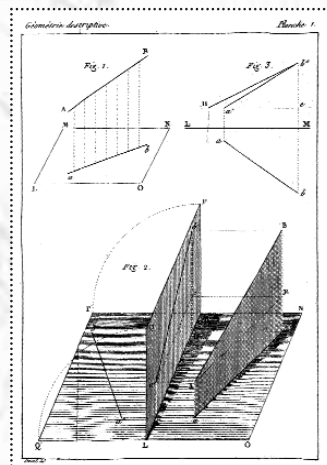
11



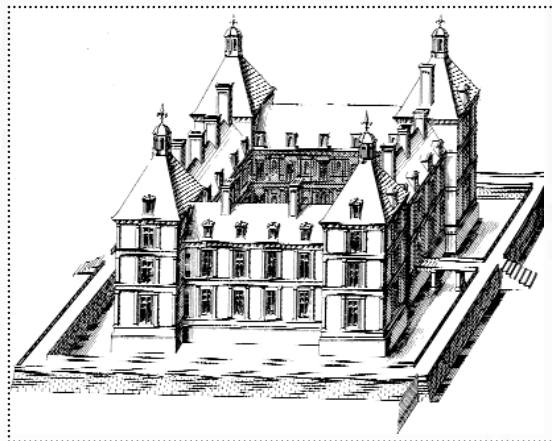
8

práctica a los que se enfrentaban los canteros, determinando formas y magnitudes que están implícitas, pero que no son evidentes, en la combinación de planta, alzado y perfil de la que se parte.

En los tratados de arquitectura la separación entre representación y resolución no era tan tajante. Nada hay más falso que la tópica afirmación según la cual el sistema de representación característico del dibujo de arquitectura del Renacimiento es la perspectiva lineal. Se recurría a la perspectiva cónica o caballera, es cierto, cuando el autor tenía especial interés por mostrar el espacio o el volumen, como en algunos dibujos de los libros de Serlio o Androuet du Cerceau, pero tratados enteros, como el de Palladio o el de Pierre le Muet, emplean exclusivamente la doble proyección ortogonal para mostrar en verdadera magnitud la disposición del edificio y la composición de sus fachadas. Por supuesto, estos alzados no muestran por sí mismos el volumen del edificio, puesto que los planos perpendiculares a los frontales, que son los que podrían aportar sensación de profundidad, se ven de canto. Como consecuencia, si se quiere emplear un



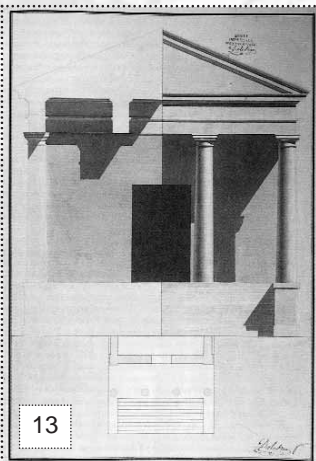
12



9

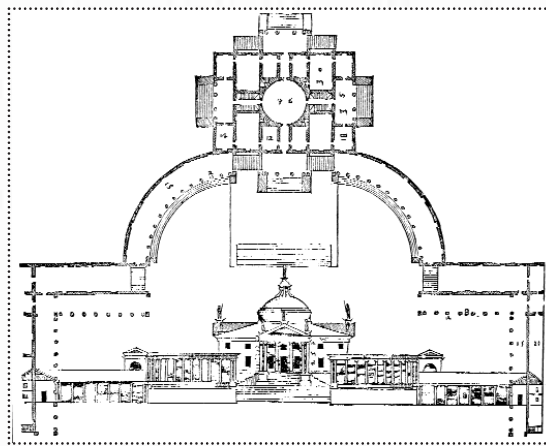
alzado para representar un edificio, es decir, para sugerir al observador su forma y volumen, es necesario emplear otros recursos gráficos, y en particular la sombra.

Hacia mediados del siglo XVIII el alzado sombreado, preferentemente a la aguada, se convierte en el medio de expresión característico de la naciente arquitectura de la Ilustración. Nicholas-François-Antoine de Chastillon, que desempeñaba la dirección de la Escuela de Mézières cuando Monge llegó allí como ayudante del taller de dibujo, escribió un texto sobre el trazado de las sombras en el dibujo; al estar destinado a la instrucción de los alumnos de la escuela, no llegó a la imprenta y ha permanecido anónimo hasta hace pocos años. Su principal intención es someter esta práctica gráfica a reglas precisas, racionales y rigurosas. Explica que aunque la doble proyección define completamente el objeto que representa, para dar gracia al dibujo y mostrar al primer golpe de vista el relieve es necesario marcar las sombras. Entre otras cosas, critica a los arquitectos por aplicar mecánicamente sombras en las que las proyecciones horizontal y vertical de los rayos del sol forman ángulos de cuarenta y cinco grados con las líneas de referencia que unen planta y alzado, incluso sobre las fachadas dispuestas al norte, una situación que no se da en



13

la naturaleza. A partir de estas premisas, el tratado muestra la solución de problemas habituales en el dibujo de arquitectura, como la sombra de una chimenea sobre un tejado, pero también otros menos usuales, como la sombra de una esfera sobre la misma cubierta o de una recta sobre un cono. En palabras de Sakarovitch, en

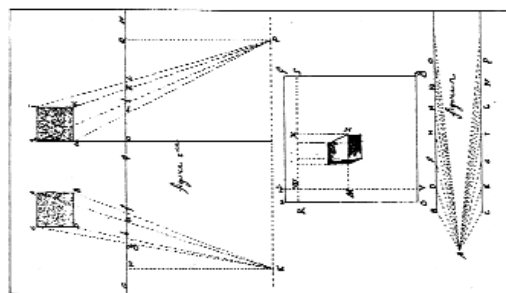


10

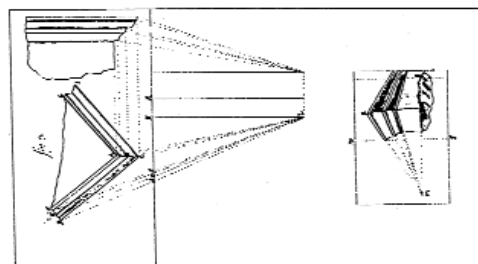
realidad nos encontramos ante problemas teóricos revestidos de un velo práctico muy ligero, y muy cerca de un tratado de Geometría Descriptiva.

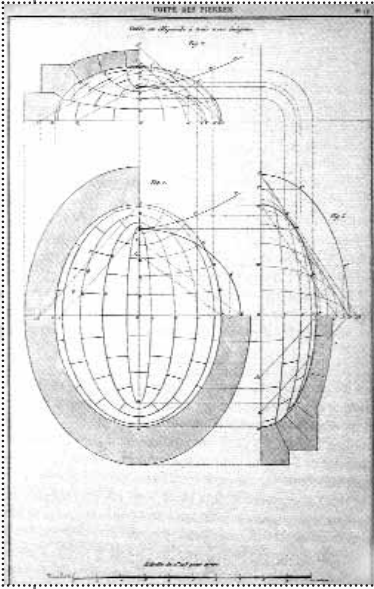
La lengua del hombre de genio

Gaspard Monge intervino, entre otros muchos quehaceres, en la creación del Sistema Métrico Decimal y el calendario de la Revolución Francesa, que reducía el año a doce meses de treinta días y nombres sonoros como Brumario o Termidor. Del mismo modo, podemos entender que su contribución a la historia de la representación gráfica fue, ante todo, una operación racionalizadora típicamente ilustrada; su intención era normalizar, simplificar, unificar. En primer lugar, su posición se inscribe en una tendencia característica del dibujo de arquitectura neoclásico a otorgar capacidad representativa a la proyección ortogonal, con ayuda de las sombras, como hemos visto. Pero ya hemos dicho también que los tratados de cantería otorgaban una misión bien diferente a la



14



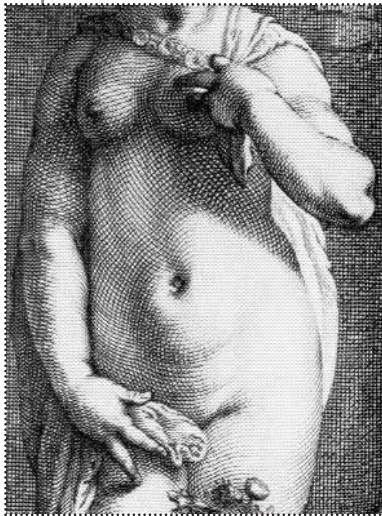


15

proyección ortogonal, la de resolver problemas de geometría práctica. En cambio, Monge intentará reducir la panoplia de instrumentos gráficos empleada en su tiempo cargando sobre los hombros del sistema diédrico al mismo tiempo las tareas de la resolución y la representación.

Según el vibrante *Programa* que abre sus lecciones, la Geometría Descriptiva es una lengua necesaria al hombre de genio, que tiene dos objetos principales:

uno es representar con exactitud, sobre dibujos que sólo tienen dos dimensiones, los objetos que tienen tres; el otro es deducir de la descripción exacta de los cuerpos todo lo que se sigue necesariamente de sus formas y de sus posiciones respectivas. Pero en cualquier lengua, cuando un vocablo adquiere un significado nuevo, amenaza con desalojar a otro de su campo semántico; y eso fue lo que ocurrió con la perspectiva caballera,



16

privada de su misión representativa y expulsada por Monge y sus seguidores de la elite de los sistemas de representación.

Monge intentó también simplificar las prácticas gráficas de su época en otro sentido. Redujo a dos las caóticas proyecciones de la época de Frézier, argumentando que bastan para definir unívocamente la situación de un punto en el espacio, a condición de fijar previamente la posición de los planos que reciben las proyecciones.

Esto permite medir las distancias del punto a estos planos a partir de la intersección de los planos, denominada línea de tierra, que viene a constituir el verdadero eje del sistema, en todos los sentidos. Incluso en esto, la novedad de la aportación de Monge es relativa. Es cierto que hasta entonces nadie se había preocupado por fijar la posición de los planos de la proyección ortogonal, que quedaban flotantes, como en nuestro diédrico directo. Pero sí era fija la posición del plano del

cuadro en la perspectiva lineal, y también lo era la posición del plano geometral, y por tanto la de su intersección, llamada precisamente línea de tierra. Por otra parte, si el plano geometral recibía este nombre, era porque se podía dibujar sobre él la planta de un objeto en verdadera forma, hacerlo girar alrededor de la línea de tierra y llevarlo al plano del cuadro para mostrar la planta sin deformación. Aunque parezca extraño a nuestros ojos, la idea de proyectar un objeto sobre dos planos, y hacer girar uno de ellos alrededor de su intersección, denominada línea de tierra, procede en realidad de la perspectiva lineal. Por otra parte, los ingenieros militares tenían la costumbre de mostrar al Rey o sus ministros grandes planos de fortificaciones acompañados de alzados abatidos, que en ocasiones colocaban en posición vertical; tenemos aquí otro posible origen del conocido giro del plano vertical de proyección.

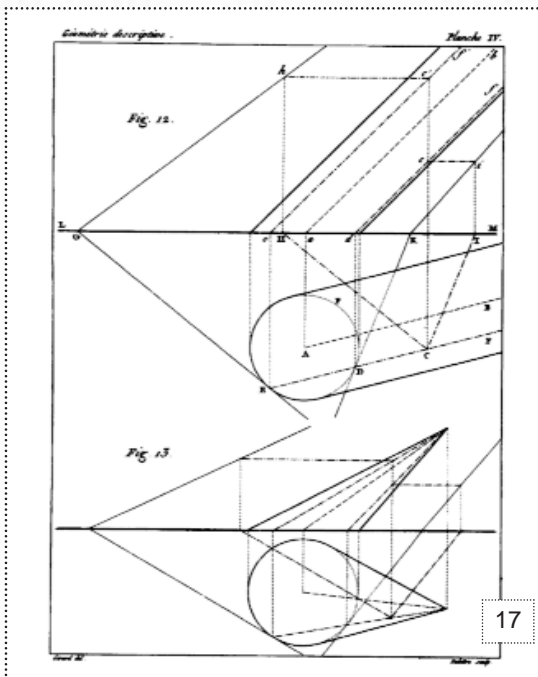
Como es bien sabido, la fijación de los planos de proyección y la representación de su intersección, la línea de tierra, permite representar planos por sus trazas. Con esto, Monge conseguía dos resultados muy gratos para la estética neoclásica. Por una parte, el sistema permitía representar todos los elementos básicos de la geometría clásica: no sólo los puntos y las rectas, que ya se representaban sin problemas en la doble proyección bajomedieval, sino también los planos. Es decir, la nueva lengua del hombre de genio permite no sólo resolver problemas de geometría práctica, sino también de geometría culta. De esta manera, la Geometría Descriptiva podía hacer evidentes los conceptos abstractos de la Geometría Analítica; y al hacerlo, permitía articular la ciencia y la técnica, haciendo derivar el quehacer de los artesanos de esa nueva clase de hombre de genio, los científicos aplicados a la resolución de problemas prácticos, que Monge formaba en la *École Polytechnique*.

El empleo de trazas de planos también resultaba atractivo a la estética neoclásica en otro sentido: permitía el trazado y manejo de planos tangentes a las superficies, y por tanto, la determinación de los contornos aparentes de las superficies y las separatrices de sombra propia, dos cuestiones que los pintores y los arquitectos habían resuelto hasta entonces de forma aproximada. Resulta reveladora en este sentido una polémica que los seguidores de Monge mantuvieron durante buena parte del siglo XIX: señalaban que los pintores representan siempre la esfera como una circunferencia, pero esta práctica sólo es correcta cuando

el centro de la esfera está en el rayo principal de la perspectiva. En consecuencia, amonestaron severamente a los pintores de la época exigiendo que representaran las esferas como elipses. Como es bien conocido, sus esfuerzos fueron baldíos, pues los intereses de los pintores de la segunda mitad del siglo XIX eran muy diferentes y, para empezar, no representaban esferas con frecuencia.

En cualquier caso, el empleo de planos tangentes para obtener contornos aparentes y líneas separatrices en la perspectiva lineal requiere el empleo de todo un aparato geométrico ligado a la proyección central que sólo sería sistematizado algunas décadas después por Cousinery, y que aún así, resulta enormemente embarazoso. Por tanto, Monge resucitó un venerable método renacentista de trazado de perspectivas, olvidado por los pintores, aunque no por los arquitectos o los escenógrafos; proponía el empleo de la construcción por proyección cónica directa a partir de planta y alzado, con la esperanza de que trazas de planos, teoría de las sombras y perspectiva directa permitieran a arquitectos y pintores iluminar sus perspectivas con exactitud matemática.

Esta voluntad de someter las artes a los dictados de la ciencia resplandece en la teoría de las líneas de curvatura y en las peregrinas aplicaciones de este concepto que propuso Monge. La idea está ligada, una vez más, a la estereotomía. Monge se plantea disponer las juntas de las dovelas de una bóveda pétreo de tal manera que las superficies de junta sean regladas desarrollables formadas por normales a la superficie de intradós; estas condiciones sólo se



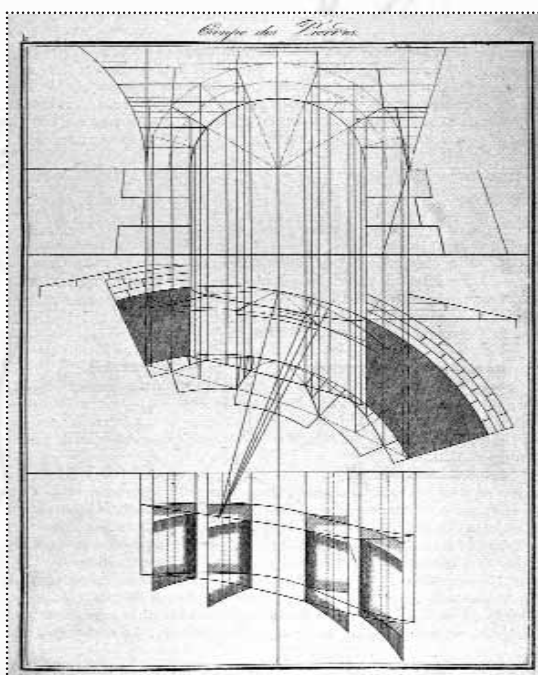
17

cumplen cuando el encuentro entre la superficie de junta y la superficie de intradós viene dado por unas líneas que Monge denomina líneas de curvatura. En la esfera, cualquier círculo máximo o menor es línea de curvatura, y por tanto los despieces tradicionales de las bóvedas de naranja o vaídas cumplen estas condiciones. En cambio, en el elipsoide escaleno, es decir, aquel que presenta longitudes diferentes en los tres ejes, existen únicamente

dos familias de curvas que cumplan estas condiciones. Esto le lleva a proponer el elipsoide escaleno como cubierta de una Asamblea Legislativa, que se proyectaba por aquellos años, argumentando que la red de nervios formada por las dos familias de líneas de curvatura aportaría una decoración tan rica como los rosetones de las iglesias góticas, pero mucho menos arbitraria. En cierto modo, lo que Monge propone es convertir la Asamblea en una catedral de la razón, simbolizada por su más alta expresión, la matemática; hasta el orador había de situarse bajo uno de los puntos umbilicales de la bóveda.

La Asamblea Legislativa de Monge jamás fue construida, aunque dejó un curioso eco en España:

los parlamentarios doceañistas y los del trienio liberal se reunían, quizá por cálculo, quizá por azar, en iglesias ovales, como la de San Felipe Neri en Cádiz, la de doña María de Aragón en Madrid y la de San Hermenegildo en Sevilla. Tampoco tuvo éxito otra aplicación de las líneas de curvatura a las artes propuesta por Monge: pretendía que los grabadores trazaran las líneas con las que obtienen el claroscuro según las líneas de curvatura de la



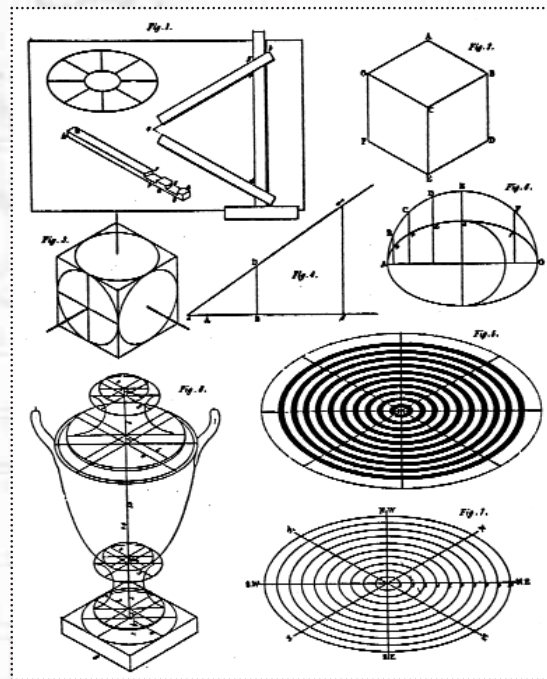
18

superficie del objeto representado, ya se tratara de un bodegón o una Venus. Obvio es decir que pocos años después los rigores neoclásicos dieron paso a otras concepciones estéticas que exaltaban la libertad creativa del artista, la expresión de su personalidad y la negación de toda regla impuesta desde el exterior; y aunque se olvide muchas veces, de esta herencia romántica han vivido en buena medida las artes hasta nuestros días.

La instrucción de los jóvenes

Monge dictó cursos de Geometría Descriptiva en dos novísimas escuelas revolucionarias; el eco de una y otra llega hasta nuestros días. En la École Normale habían de formarse los profesores que llevarían a las escuelas secundarias de todos los rincones de Francia los beneficios de la ciencia, como no podía ser menos en un estado que adoraba a la diosa Razón, mientras que la École Polytechnique acogía a los aspirantes a ingenieros de todas las especialidades. Sin embargo, sus numerosas y variadas ocupaciones de aquellos años, que iban desde el desempeño del Ministerio de Marina a la participación en la comisión artística y científica que acompañó a Napoleón en su campaña en Egipto, le impidieron redactar un libro sobre la materia. Su obra se conoce, ante todo, por los apuntes de sus alumnos en los cursos de la École Normale; disponemos también de las notas taquigráficas de estos mismos cursos, impresas por la propia escuela. Mucho más vago es nuestro conocimiento de los cursos de la École Polytechnique, que se basa ante todo en un resumen de su contenido y en los ejercicios prácticos propuestos a los alumnos, celosamente conservados en la institución de la que Monge fue el primer director.

Estas circunstancias hicieron que el texto fundacional de la Geometría Descriptiva tuviera una orientación marcadamente teórica; sin duda su autor hubiera preferido darle un carácter diferente. Faltan las lecciones sobre la aplicación de la disciplina a la perspectiva, las sombras y la estereotomía; podemos intuir su contenido a través de un fascículo anterior de Monge sobre la perspectiva y los ejercicios de lavado y de corte de piedras de los alumnos de la École Polytechnique. Algunos años después aparecieron los primeros textos de la disciplina con pretensiones de integridad, debidos a alumnos directos o indirectos del fundador, como Hachette, Leroy o Lefebure de Fourcy, y

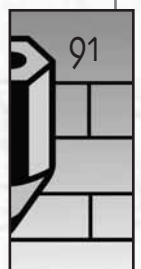


19

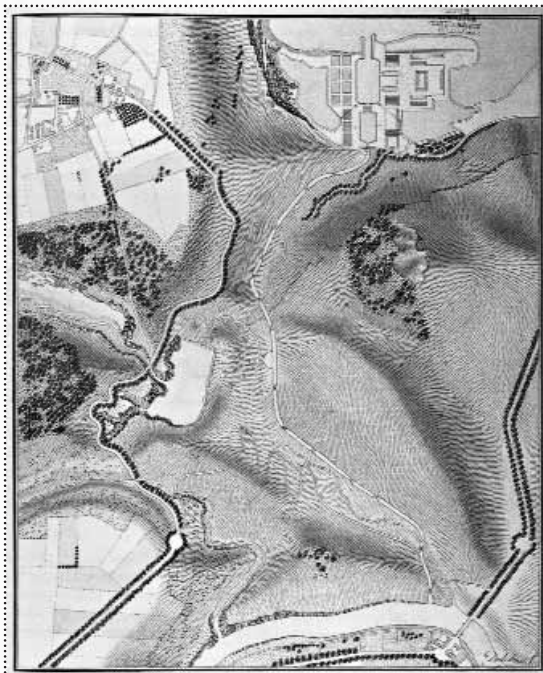
Brisson reeditó el texto inaugural añadiendo tres lecciones sobre aplicaciones de la disciplina como la teoría de las sombras, la perspectiva aérea y la perspectiva lineal, que Monge no había podido impartir en la École Normale.

A lo largo del siglo XIX, se va formando el canon de la disciplina casi por sedimentación. Gracias a Olivier, se añaden al núcleo básico del diédrico los métodos tradicionales del corte de las piedras, como los giros, los abatimientos y los cambios de plano; aunque Monge los había empleado en sus cursos de la École Normale, no los explicó sistemáticamente. Se incorpora el sistema de planos acotados, muy ligado a la escuela de Mézières y a la trayectoria de Monge. Otro tanto ocurre con la axonometría; en primer lugar entra en la disciplina la proyección ortogonal de Farish y Weisbach, y sólo cuando se demuestra que todas las formas de axonometría oblicua son proyecciones, gracias al teorema de Pohlke, se vuelve a admitir a regañadientes entre los sistemas de representación la perspectiva caballera, de la que nunca se había dudado que fuera una proyección. Aún más paradójico es el destino de la perspectiva lineal; cuando Cousinery sistematiza la proyección central, pasa a formar parte de la nueva disciplina, y la vieja perspectiva lineal se transmuta en cónica, provocando el olvido del método de proyección directa desde planta y alzado que había preconizado Monge, que no había encontrado su lugar en el texto inaugural.

Hacia 1900, casi todo lo que hay que decir sobre la materia está dicho, y el canon de la disciplina se



20



fosiliza; así, lo que algunos profesores entienden hoy por Geometría Descriptiva responde a los intereses de los geómetras y técnicos de principios del siglo XX. Probablemente Monge, Cousinery, Farish, Noizet, Olivier o De la Gournerie lanzarían ardientes invectivas contra estas posiciones inmovilistas; al fin y al cabo todos ellos introdujeron materia en la disciplina o la expulsaron de ella según las necesidades de la cultura y la técnica de su tiempo.

Esto es exactamente lo que deberíamos hacer, en mi opinión, los profesores de Geometría Descriptiva a comienzos del siglo XXI: preguntarnos qué instrumentos de geometría gráfica – pues no otra cosa quiere decir la expresión dieciochesca *Geometría Descriptiva*; en aquel momento el primer significado del verbo *describir* era *trazar* - son útiles para los arquitectos y los técnicos del siglo XXI. Y debemos hacerlo, siempre según mi parecer personal, sin quedarnos paralizados por un respeto sacramental hacia el muy ilustrado *diédrico de Monge*, o el venerable *diédrico directo* medieval; pero tampoco debemos caer en el extremo opuesto y suponer que debemos prescindir de ellos por viejos. Al fin y al cabo, la invención de la rueda es antiquísima, pero sigue siendo útil para nosotros, porque muchos se han ido preguntado a lo largo de los siglos qué es lo que podemos aprovechar del conjunto de la rueda y el eje, y cómo se puede mejorar el sistema para adaptarlo a nuestras necesidades.

Lista de ilustraciones

1. *Forma Urbis Romae*, plano de la Roma imperial inciso en mármol, siglo III.
2. Alzado y sección de la catedral de Reims. Villard de Honnecourt, *Cuaderno*, c. 1225, f. 61.
3. Arco oblicuo. Esquema debido a un maestro conocido como Magister II incluido en el *Cuaderno* de Villard de Honnecourt, c. 1225, f. 39.
4. Dibujo sienés de un campanario, c. 1339, probablemente copia del proyecto original de Giotto para el *campanile* de la catedral de Florencia, realizada para servir de modelo al campanario de la catedral de Siena.
5. Trazado de un gablete. Mathes Roriczer, *Büchlein von der fialen Gerechtigkeit*, 1486.
6. *Razón y discreción de la bóveda esférica*, es decir, explicación de los fundamentos del método empleado para obtener las plantillas de intradós de una bóveda esférica por desarrollo de conos sucesivos. Alonso de Vandelvira, *Libro de trazas de cortes de piedras*, c. 1580, f. 61 v.
7. *Arco capialzado hacia la menor subida por robos*, es decir, variante del capialzado de Marsella resuelta empleando las proyecciones ortogonales de cada dovela sobre un plano frontal y otro horizontal. Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de montea*, c. 1600, pl. 81.
8. Arcos en paramentos curvos. Amédée-François Frézier, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois ... ou traité de stéréotomie ...*, 1737-1739, t. III, lám. 74.
9. Perspectiva caballera del Château de Ancy-le-Franc. Jacques Androuet du Cerceau, *Les Plus Excellens bâtimens de France*, 1576-1579.
10. Planta y alzado de la villa Trissini. Andrea Palladio, *I quattro libri d'architettura*, 1570, I, II, f. 60.
11. Problemas de trazado de sombras. Trabajos de alumnos de la Escuela de Ingenieros de Mézières.
12. Doble proyección ortogonal. Gaspard Monge, *Géométrie Descriptive*, Año VII (1799), lám. 1.
13. Planta y alzado de un templo. Portafolio de dibujos de Dalesme, 1812.
14. Perspectiva por proyección directa a partir de planta y alzado. Gaspard Monge, manuscrito sobre perspectiva, 1779, láminas 1 y 2.
15. Solución de Gaspard Monge para el despiece de una bóveda en elipsoide escaleno según líneas de curvatura. Charles-Félix-Auguste Leroy, *Traité de stéréotomie, comprenant les applications de la géométrie descriptive à la théorie des ombres, la perspective linéaire, la gnomonique, la coupe des pierres et la charpente ...*, 1844.
16. Grabado con líneas de curvatura. Hendrik Goltzius, *Pigmaliôn y Galatea*.
17. Planos tangentes al cilindro y al cono. Gaspard Monge, *Géométrie Descriptive*, lám. IV.
18. Ejercicio de estereotomía de la École Polytechnique, Año III (1795).
19. Diversos esquemas acerca de la perspectiva isométrica. William Farish, "On Isometrical Perspective", 1822.
20. Plano topográfico con líneas de pendiente. Portafolio de dibujos de Dalesme, 1812.