ΠΟΛΥΤΕΧΝΟΣ

Juan Antonio Sánchez Gallego

Geometría descriptiva

Sistemas de proyección cilíndrica

EDICIONS UPC

POLITECNOS
2

Geometría descriptiva

Sistemas de proyección cilíndrica

ΠΟΛΥΤΕΧΝΟΣ

Juan Antonio Sánchez Gallego

Geometría descriptiva

Sistemas de proyección cilíndrica

EDICIONS UPC

La presente obra fue galardonada en el segundo concurso
"Ajut a l'elaboració de material docent" convocado por la UPC.

Primera edición: septiembre de 1997
Reimpresión: julio de 2009

Diseño de la cubierta: Manuel Andreu
Diseño y montaje interiores: Edicions UPC y Edition Book

Con la colaboración del Servei d'Informació, Imatge i Publicacions
de la UPC

© Juan Antonio Sánchez, 1997

© Edicions UPC, 1997
Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL
Jordi Girona Salgado 1-3, 08034 Barcelona
Tel.: 934 137 540 Fax: 934 137 541
Edicions Virtuals: www.edicionsupc.es
E-mail: edicions-upc@upc.edu

Producción: LIGHTNING SOURCE

Depósito legal: B-32591-97
ISBN: 978-84-9880-381-5

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org http://www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

Prólogo

La geometría descriptiva es una ciencia aplicada, cuyo fin específico es la racionalización geométrica de los temas espaciales en los lenguajes gráficos de la arquitectura y las ingenierías. Tras un proceso multisecular, Gaspar Monge la formula definitivamente en 1795 y queda desarrollada prácticamente en el siglo XIX. En la actualidad, la generalidad de publicaciones sobre la materia tienen cierto carácter docente; explican un tema ya conocido, con vocación de aportar eficacia y de clarificar una metodología que frecuentemente se considera tortuosa para el no iniciado. Ello obedece, por una parte, a sus propios objetivos y, por otra, a los distintos cambios de rumbo que ha seguido su docencia y desarrollo.

Los *objetivos* de la geometría descriptiva quedan ya claramente expuestos por Monge: "... el primero es representar con exactitud sobre los diseños de dos dimensiones los objetos que tienen tres... el segundo es deducir, de la descripción exacta de los cuerpos, todo cuanto se sigue necesariamente de sus formas y de sus posiciones relativas". Está comúnmente aceptado que la comprensión de las relaciones espaciales es, en general, difícil de por sí y que, cuando se plantea en un medio sensible, suele resultar de extrema abstracción. Además, su representación comporta una segunda abstracción puesto que transforma las formas tridimensionales en figuras planas. No obstante, es en esta segunda abstracción donde mejor se accede a la comprensión de la primera porque es su lenguaje adecuado. Por otra parte, su comunicación es visual y el correspondiente proceso de habituación perceptiva es comúnmente lento y no siempre accesible.

La geometría descriptiva, tanto en su formulación como en su *proceso de desarrollo*, está íntimamente relacionada con las enseñanzas técnicas superiores y con el estudio del espacio propio de las matemáticas. Gaspar Monge es un matemático y formula la disciplina en sus lecciones impartidas en la Academia de Mézières; su sistematización gráfica, de rotunda eficacia y con intrínseco rigor científico, se acompaña de un discurso matemático paralelo que posteriormente puede obviarse. El concepto de proyección-sección (en el que se fundamenta la ciencia de Monge) da lugar a la geometría proyectiva; ciencia matemática autónoma que releva, en el estudio coetáneo de la geometría descriptiva, al citado discurso paralelo de Monge y llega a adoptar la condición de fundamento teórico imprescindible. Por otra parte, el desarrollo básico del sistema diédrico entra en una laberíntica casuística de posiciones relativas, motivada por la rígida conexión entre el diedro de proyección y el espacio representado; rigidez propia del sistema de Monge que posteriormente, con el diédrico directo, resulta innecesaria. También debe considerarse como factor perturbador que la geometría descriptiva se ha impartido generalmente en cursos previos a las enseñanzas consideradas como específicas de las escuelas técnicas superiores. Ubicación que le ha dado, en muchas ocasiones y lugares, determinado carácter selectivo, con la consiguiente distorsión de contenidos; circunstancia que, junto a su equívoca consideración de

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

no específica, ha conducido a algunos planteamientos docentes (con la consiguiente acumulación de bibliografía) en los que resulta difícil identificar los objetivos. Estos notables cambios de rumbo y de acumulación de contenido colateral han producido cierta desinformación sobre la materia; pero también una reacción, muy compartida, de *recuperación disciplinar* en la que se enfatizan la distancia respecto a las matemáticas y la adecuación del contenido al campo disciplinar de las correspondientes titulaciones.

Los objetivos ya citados de la geometría descriptiva (representar y deducir de la representación) se corresponden con los atributos de comunicación y reflexión propios de todo lenguaje; valores que capacitan al dibujo como *metodología experimental* de los procesos de diseño en la arquitectura y las ingenierías. De acuerdo con dichos objetivos, puede distinguirse, en el contenido general, entre los métodos operativos de los sistemas y su aplicación al conocimiento gráfico de la geometría de la forma. También es conveniente diferenciar entre los sistemas adecuados para el análisis de los objetos (diédrico, acotado, axonométrico) y los propios de su visualización (perspectiva, sombras). Dichas consideraciones establecen tres grandes apartados: sistemas de proyección cilíndrica, su aplicación al estudio de las figuras geométricas espaciales, y perspectiva y sombras.

Esta publicación se inscribe en el primero de dichos apartados y está escrita desde el campo disciplinar de la *arquitectura.* Se estructura en siete capítulos cuyo contenido queda indicado en el respectivo primer apartado, que tiene el carácter de complemento de este prólogo. Cada uno de los capítulos tiene su propia autonomía, motivo por el que comparten algún tema, si bien con distinta intencionalidad o grado de desarrollo. Los tres primeros capítulos recogen el contenido revisado de tres publicaciones propias (ETSAB, Departamento de Expresión Gráfica, 1985-1989-1990).

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

Índice

Prólogo 7

Bibliografía 15

Capítulo 1. Convención geométrica de la representación

1.0. Contenido 21

1.1. Geometría y representación
1.1.1. Hitos de un proceso histórico 21
1.1.2. Dibujo y geometría 25

1.2. Conceptos geométricos
1.2.1. Elementos geométricos fundamentales 26
1.2.2. Elementos impropios 28
1.2.3. Figuras y formas geométricas 29
1.2.4. Transformaciones geométricas 31

1.3. Fundamento de la representación
1.3.1. Proyección y sección 36
1.3.2. Propiedades de diferenciación entre las diferentes proyecciones 37
1.3.3. Ambigüedad de la figura proyectada 41
1.3.4. Los sistemas como convención 44
1.3.5. Deformación y distorsión 46

1.4. Sistemas de proyección
1.4.1. Organización de la representación 50
1.4.2. Concepto de sistema 54

1.5. Fundamentos de operatividad diédrica
1.5.1. Interrelación de los sistemas 56
1.5.2. Planta-alzado y diédro de representación 57

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

1.5.3. Cambios de plano de proyección 59
1.5.4. Giro de rectas 59
1.5.5. Abatimiento de planos 60

Capítulo 2. Dibujo de cónicas

2.0. Contenido 63

2.1. Propiedades generales
2.1.1. Cónicas como sección de las radiales 64
2.1.2. Simetría en las cónicas 66
2.1.3. Semejanza en las cónicas 66
2.1.4. Focos de las cónicas 67
2.1.5. Interpretación proyectiva 68
2.1.6. Las rectas como cónicas 70

2.2. Dibujo de la elipse
2.2.1. Diámetros conjugados de la elipse 70
2.2.2. Simetría afín en la elipse 71
2.2.3. Dibujo de la elipse a partir de sus ejes 73
2.2.4. Trazados en la elipse dada por sus ejes 76
2.2.5. Dibujo y trazados en la elipse dada por diámetros conjugados 76

2.3. Determinación de las cónicas
2.3.1. Condiciones de determinación 78
2.3.2. Cónica dada por dos puntos y sus tangentes 79

2.4. Dibujo de la hipérbola
2.4.1. Simetría afín en la hipérbola 80
2.4.2. Dibujo de la hipérbola 81
2.4.3. Trazados en la hipérbola 82

2.5. Dibujo de la parábola
2.5.1. Simetría afín en la parábola 83
2.5.2. Dibujo de la parábola 83
2.5.3. Trazados en la parábola 85

2.6. Cónicas como sección de regladas
2.6.1. Representación y resolución gráfica 85
2.6.2. Hipérbola como sección del cono de revolución 86
2.6.3. Hipérbola como sección del hiperboloide de revolución 88
2.6.4. Parábola como sección del cono de revolución 88
2.6.5. Parábola como sección del paraboloide 90

Capítulo 3. Axonometría, sus ternas

3.0. Contenido 93

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

3.1. Convención axonométrica
3.1.1. Ordenación cartesiana 94
3.1.2. Sistema axonométrico 95
3.1.3. Sobre el alfabeto del punto 96
3.1.4. Convención de terna de referencia 97
3.1.5. Convención métrica 99
3.1.6. Convención de orientación de la terna 101

3.2. Ternas axonométricas
3.2.1. Axonometrías ortogonales y oblicuas 103
3.2.2. Ternas usuales 105
3.2.3. Terna ordinaria con tres simetrías (isométrico) 107
3.2.4. Ternas ordinarias con una simetría 108
3.2.5. Ternas ordinarias asimétricas 110
3.2.6. Coherencia entre disposición de ejes y escalas 110
3.2.7. Ternas caballeras 112
3.2.8. Ternas militares 113
3.2.9. Distorsión y campo 113

3.3. Sobre el dibujo de axonometrías
3.3.1. Representación y concreción geométrica 116
3.3.2. Construcción gráfica 116
3.3.3. Interpretación geométrica 118
3.3.4. Resolución gráfica 119
3.3.5. Determinación de contornos 121

3.4. Apéndice sobre axonometría ortogonal
3.4.1. Operaciones básicas del sistema 123
3.4.2. Determinación de la unidad espacial 124
3.4.3. Situación de los ejes a partir de las unidades axonométricas 125
3.4.4. Situación de los ejes por recurso al triángulo órtico 126
3.4.5. Condición a cumplir por la terna de escalas 127

3.5. Apéndice sobre axonometría oblicua
3.5.1. Oblicuidad en las axonometrías frontales 127
3.5.2. Distorsión por mayoración en las axonometrías frontales 128
3.5.3. Distorsión por mayoración en las axonometrías oblicuas ordinarias 128
3.5.4. Oblicuidad en las axonometrías ordinarias 130
3.5.5. Triángulo de referencia en la axonometría oblicua ordinaria 134

3.6. Apéndice sobre cambio de axonométrico a diédrico
3.6.1. Cambios de sistema 135
3.6.2. Paso a diédrico por abertura de caras 136
3.6.3. Planta diédrica en correlación con la axonometría 137
3.6.4. Planta y alzados diédricos en correlación con la axonometría 139
3.6.5. Dibujo de la axonometría a partir de dos proyecciones diédricas 140

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

Capítulo 4. Sistematización en diédrico directo, su generalización

4.0. Contenido 141

4.1. Punto, recta y plano
4.1.1. Sobre los alfabetos 142
4.1.2. Representación del plano 143

4.2. Pendientes
4.2.1. Pendiente de recta y de plano 145
4.2.2. Representación acotada de recta y de plano 147
4.2.3. Conos de pendiente 149
4.2.4. Determinación de pendientes del plano 152

4.3. Intersecciones
4.3.1. Sobre resolución de formas 155
4.3.2. Intersección de recta y plano 155
4.3.3. Intersección de planos 156

4.4. Perpendicularidad
4.4.1. Perpendicularidad de recta y plano 158
4.4.2. Sobre la resolución en axonometría 160
4.4.3. Triedro trirrectángulo 161

4.5. Distancias
4.5.1. Medida de un segmento rectilíneo 162
4.5.2. Medición en temas coplanarios 163
4.5.3. Distancia entre dos planos paralelos 165
4.5.4. Distancia de punto a plano 165
4.5.5. Distancia entre dos rectas no incidentes 165

4.6. Ángulos
4.6.1. Ángulo de dos rectas incidentes 166
4.6.2. Ángulo de recta y plano 167
4.6.3. Ángulo de dos planos 168

Capítulo 5. Lectura diédrica en el estudio de formas básicas

5.0. Contenido 169

5.1. El cubo
5.1.1. Posiciones de análisis y de visualización 170
5.1.2. Interrelación del diédrico y la axonometría ortogonal 171
5.1.3. Construcciones gráficas 173
5.1.4. Interrelación y generación de formas 175

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

5.2. La circunferencia
5.2.1. Dibujo de la circunferencia en diédrico 180
5.2.2. Determinación de la circunferencia 182
5.2.3. Dibujo de la circunferencia en axonometría 183

5.3. La esfera
5.3.1. La esfera como superficie de revolución 184
5.3.2. Dibujo de geodésicas 188
5.3.3. Intersección con recta y sección plana 188
5.3.4. Meridianos y paralelos en axonometría 190
5.3.5. Generación de formas 191

5.4. Las radiales poliédricos: pirámide y prisma
5.4.1. Determinación y elementos 195
5.4.2. Intersección con recta. Lectura sintética de contraproyección 197
5.4.3. Secciones planas. Relaciones de homología 198
5.4.4. Desarrollos 200
5.4.5. Generación de formas 201

5.5. Las radiales de segundo grado: cono y cilindro
5.5.1. Determinación y clasificación 202
5.5.2. Planos tangentes y contornos aparentes 205
5.5.3. Secciones planas 207
5.5.4. Desarrollos 210
5.5.5. Generación de formas 214

Capítulo 6. Lectura diédrica en la intersección de figuras básicas

6.0. Contenido 223

6.1. Contraproyección en la intersección de radiales
6.1.1. Intersección de radiales poliédricas 224
6.1.2. Intersección de radial poliédrica con radial de segundo grado 227
6.1.3. Cuártica 228
6.1.4. Intersección de radiales de segundo grado 230

6.2. Particularidades en la intersección de cuádricas
6.2.1. Cuádricas con esfera inscrita común 232
6.2.2. Cuádricas de revolución de ejes incidentes 234
6.2.3. Cuádricas de revolución con ejes paralelos 235
6.2.4. Radiales con directriz común 237
6.2.5. Esfera y cono con vértice en la superficie esférica 238

Capítulo 7. Lectura diédrica en planta

7.0. Contenido 241

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

7.1. Cubiertas básicas de vertientes planas
7.1.1. Cubiertas en planta rectangular 241
7.1.2. Cubiertas de volumen mínimo 243
7.1.3. Cubiertas con vertientes de distinta pendiente 246
7.1.4. Cubiertas con variantes en la línea de alero 246

7.2. Representación del terreno
7.2.1. Formas del terreno 247
7.2.2. Trazados de análisis 250
7.2.3. Intervenciones en el terreno 252

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

Bibliografía

I. Abundan las publicaciones de geometría descriptiva, pero no es muy amplia la variedad de planteamientos. En general se mantiene el carácter inicial de ciencia aplicada, específica de las titulaciones técnicas. No obstante, la variedad de planes de estudios y de enseñanzas colaterales de geometría, conduce a dos modelos claramente diferenciados: uno se ciñe al *lenguaje de la representación* y sus aplicaciones, con mayor o menor grado de referencias a las geometrías (analítica, métrica, proyectiva); el otro asume la formación geométrica, incluida la geometría de la representación, con lo que la publicación toma carácter de *tratado de geometría*. Se seleccionan tres publicaciones, como iniciales referencias, inscritas en el primer modelo y abundantemente citadas en el ámbito universitario.

- TAIBO FERNÁNDEZ, Ángel: *Geometría descriptiva y sus aplicaciones* (Tomo I: punto, recta y plano. Tomo II: curvas y superficies). Madrid, Tebar, 1983.
- HOHENBERG, Fritz: *Geometría constructiva aplicada a la técnica*. Barcelona, Labor, 1965.
- GHEORGHIU, Adrian; DRAGOMIR, Virgil: *La représentation des structures constructives* (traducción francesa). *Geometry of structural forms* (traducción inglesa). París, Eyrolles, s.f. Londres, Applied Science Publishers, 1978.

Taibo fue profesor de la E.E. de Ingenieros Industriales de Madrid; la primera edición del libro es de 1943. En la introducción sugiere un cambio de denominación para la disciplina "a la que llamaría con mas propiedad geometría representativa". Desarrolla la sistematización simultáneamente en acotado, diédrico, isométrico y cónico. No incluye consideraciones perceptivas y en el estudio del cónico, tratado con plano geometral, hace solo una escueta alusión a su aplicación al dibujo de perspectivas. Estudia las intersecciones entre cuádricas, exponiendo la casuística con una sugerente concatenación de teoremas que razona sintéticamente con recurso a la intuición y con referencia a la rigurosa demostración en geometría analítica; en la introducción argumenta que "huye de una dialéctica elevada y demasiado científica para conseguir unos resultados que permitan con poco esfuerzo *concebir y retener*".

Hohenberg fue profesor de la E.T.S. de Graz. La obra original está escrita en lengua alemana. En el prólogo atribuye la denominación Geometría constructiva a E. Kruppa (E.T.S. de Viena, 1953) y la argumenta con una clara conceptualización de la disciplina en la que figuran consideraciones perceptivas: "esta geometría no se limita a describir, sino que además de representar objetos dados, indica la manera de construir otros nuevos a partir de ellos... La geometría constructiva debe enseñar a comprender, representar y *dibujar formas y procesos geométricos*. Si lo consigue, proporciona una contribución orgánica a la formación del ingeniero". Con respecto al método indica que ".. deben seguirse

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

nuevos caminos para alcanzar aquel objetivo y aumentar el grado de eficacia del estudio, ya que hoy día a los 18 años el ojo y la mano están menos educados que la boca y el oído, y el tiempo de formación en la escuela superior es breve(...). Para satisfacer estas necesidades(...) se han recopilado alrededor de un millar de formas geométricas de significado técnico(...). La intención de este libro es proporcionar un máximo de conocimientos técnicos útiles y un entrenamiento con bagaje geométrico relativamente escaso". En el prólogo de la edición española, E. Linés -traductor del libro, junto con G. Pascual, y profesor de análisis matemático de varias promociones de arquitectos de la Universidad de Barcelona- dice con respecto a la materia: "En la preparación del técnico, la geometría tiene un sentido formativo como toda rama de la matemática en cualquier tipo de estudios. Pero aparte de este valor indiscutible, los conocimientos geométricos han de servir al técnico como medio de expresión, pues en síntesis se trata de un lenguaje gráfico". Con referencia al libro valora el "llegar a esta simbiosis de métodos geométricos de representación y de objetos presentes en la ingeniería y en la arquitectura, de manera que se estudian éstos con aquellas representaciones, y las propiedades geométricas se valoren en cuanto pueden servir para alcanzar un conocimiento completo de aquellos elementos de la técnica". Con respecto al millar de aplicaciones recogidas en el libro significa como "ha sabido situarlas no como ejercicios a realizar después de una lección bien aprendida, sino como *materia sustancial* de la misma exposición". El estudio de los sistemas es muy sintético y se centra en las específicas metodologías diferenciadas. No plantea el diédrico clásico de Monge -con su línea de tierra y trazas de planos- para operar en diédrico directo. Trata los distintos trazados de perspectiva y de sus restituciones, así como los de sombras. Las propiedades geométricas, tal como queda recogido en las citas al prólogo, se exponen en su momento de aplicación. Únicamente tiene unos sucintos apartados dedicados a los elementos impropios, la afinidad y la homología.

16

Gheorghiu y Dragomir son, respectivamente, arquitecto e ingeniero; la obra original se publicó en rumano (1968). La intención programática, dada en el prólogo, es la de sistematizar las bases geométricas de las estructuras constructivas actuales y, también, introducir el dibujo en perspectiva axonométrica como medio idóneo de estudio y representación. Argumentan que la imagen espacial transmite por sí sola una síntesis de función, estática, estética y construcción de las formas; unidad orgánica cuya elaboración precisa de determinada intuición geométrica, fundamentada en el conocimiento de las formas espaciales y en la seguridad en su representación. Queda cumplidamente expuesto, con claridad gráfica y conceptual, el repertorio de figuras geométricas -superficies y poliédricas- y de sus formas derivadas. Previo a la descripción gráfica y en los pasajes de análisis, incluye conceptos y definiciones geométricos de las superficies así como referencias a su estudio en geometrías *analítica y diferencial.* El apoyo en las formas y transformaciones proyectivas es menor. El proceso de análisis gráfico adoptado es sugestivo y eficaz, alcanzando en diversos pasajes un elevado nivel de conocimiento de las propiedades de las superficies adecuadas a su adaptación plástica.

La dialéctica que se establece entre las tres publicaciones permite vislumbar los caminos de la *recuperación disciplinar* citada en nuestro prólogo. Taibo expone minuciosamente el proceso de sistematización, con los clásicos capítulos de alfabeto, posiciones relativas, pertenencias, determinaciones, intersecciones, movimientos y mediciones. El acierto del estudio de los sistemas en paralelo queda fallido porque, con su tratamiento uniforme según las pautas del diédrico de Monge, no clarifica los distintos grados de operatividad y de expresión; el sistema cónico queda especialmente afectado y, con su adopción de geometral, cabalgando entre una lejana aplicación a perspectiva y la especulativa proyección central. Hohenberg pasa por alto la estructura clásica y distancia con claridad el tratamiento de cada uno de los sistemas, con lo que pone de manifiesto sus metodologías específicas y la adecuación de cada uno. El diédrico directo manifiesta su carácter básico en la organización y estudio general de la representación, con su poder de conceptualización, resolución y análisis. Hohenberg y Gheorghiu-Dragomir exponen claramente el axonométrico como sistema de representación, con sus modos de operar

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

diferenciados para sus dos variantes -ortogonal y oblicuo-. En el libro de los segundos autores hay abundantes ejemplos de construcción gráfica, si bien su tesis sobre la exclusiva adecuación de la axonometría para conducir el diseño resulta muy radical: tiene algunos trazados, con su correspondiente texto, en que la complejidad del sistema gráfico -ya no construcción sino resolución- domina sobre la claridad conceptual del tema y determinadas figuras no alcanzan la nitidez de lectura que da su transcripción a diédrico. El estudio de las figuras geométricas, el acceso gráfico a su conocimiento, queda bien recogido en el conjunto de las tres obras. Taibo trabaja con las estrictas figuras, sin motivación explícita de diseño, pero selecciona intencionadamente sus propiedades y, como consecuencia, permite intuir sus posibilidades. Las otras dos publicaciones seleccionan ejemplos de diseño y ofrecen, con su correspondientes análisis y resolución, un *repertorio de modelos* controlados gráficamente.

II. Las citadas referencias bibliográficas se complementan, para los temas relacionados con las *proyecciones cilíndricas* y el dibujo técnico, con:

SENABRE, Jorge: *Dibujo técnico.* Zaragoza, Edelvives, 1982.

Desarrolla el contenido general del programa de COU. Permite consultas básicas sobre: geometría plana del dibujo; trazado de cónicas y curvas técnicas; nociones de geometría proyectiva; fundamentos de diédrico clásico y directo; fundamentos de axonometría ortogonal y caballera; conceptos de diseño y de análisis geométrico de formas.

Colectivo para el Análisis de la Expresión Gráfica: *Dibujo técnico - COU 78.* Madrid, Bruño, 1978.

Desarrolla el contenido teórico general del programa de COU. Su exposición interrelaciona las partes entre sí y con los ámbitos culturales del diseño, poniendo de manifiesto el carácter interdisciplinar con su consiguiente complejidad. Permite consultas de ampliaciones conceptuales.

CORVELLA BARRIOS, David: *Dibujo técnico 1: Trazados de dibujo geométrico.* Madrid, Rotaprint, 1970.

Estudio selectivo de geometría métrica del plano (volumen de una colección del mismo autor sobre dibujo técnico para la enseñanza universitaria) con inclusión del dibujo de óvalos, cónicas y curvas cicloideas.

GONZÁLEZ GARCÍA, Victorino; LÓPEZ POZA, Román; NIETO OÑATE, Mariano: *Sistemas de representación. Sistema diédrico* (Tomo I). Valladolid, Texgraf, 1982.

Los autores son catedráticos de la E.U. de Ingeniería Técnica (Madrid, Sevilla y Valladolid). La primera edición del libro es de 1977 y es la primera publicación española que expone y desarrolla la sistematización diédrica en el método directo; pertenece pues a la nueva generación de publicaciones que consolidan y explicitan la recuperación disciplinar (citada en el prólogo y en los comentarios a los primeros tres títulos de esta bibliografía). Las aplicaciones al estudio de curvas y superfícies tienen clara motivación del campo disciplinar de la ingeniería (especificidad en los modelos con los que se explican los procesos gráficos, como otra característica de la recuperación disciplinar). Incluye un amplio estudio de codos, bifurcaciones y adaptadores.

SCHIMIDT, Rudolf: *Geometría descriptiva, con figuras estereoscópicas.* Barcelona, Reverté, 1983.

El autor es profesor de la E.T.S. de Darmstadt. Da una suscinta y clara exposición de los sistemas de proyección ortogonal (con diédrico clásico y directo), y su aplicación a la representación y aná-

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

lisis de superficies y formas compuestas. Se complementa con una colección de anaglifos o figuras estereoscópicas; recurso didáctico, presente en otros libros de geometría descriptiva que es un buen auxiliar en los procesos de iniciación a la lectura gráfica y, en consecuencia, recomendable para estudiantes con dificultades en estas cuestiones.

IZQUIERDO ASENSI, Fernando: *Geometría descriptiva.* Madrid, Dossat, 19ª edición, 1990.

Las tres publicaciones de este autor (profesor de la E.T.S. de Arquitectura de Madrid) recogida en la presente bibliografía son muy recomendadas en la enseñanza universitaria. Esta publicación desarrolla los sistemas (diédrico clásico, acotado, axonométrico, central y gnomónico) con sus correspondientes sistematizaciones uniformes. Incluye el estudio diédrico de las superficies radiales (prisma, pirámide, cono y cilindro) con sus secciones y desarrollos, así como la iniciación a la resolución de intersecciones y al trazado de sombras. En el sistema acotado incluye la representación topográfica y las intervenciones en el terreno (plataformas y viales). En el sistema gnomónico incluye el trazado de relojes de sol.

IZQUIERDO ASENSI, Fernando: *Geometría descriptiva superior y aplicada.* Madrid, Dossat, 4ª edición, 1996.

Contiene tres partes claramente diferenciadas y con autonomía propia que se extiende a las consultas y al estudio. La primera parte es una amplia exposición de nociones de geometría proyectiva. La segunda parte es un estudio gráfico de curvas, que incluye las cónicas (trazados de métrica y proyectiva), las curvas de rodadura, otras curvas planas de uso en la técnica y curvas espaciales (hélices). La tercera parte es un estudio gráfico general de las superficies con sus secciones, intersecciones, tangencias y sombras.

IZQUIERDO ASENSI, Fernando: *Ejercicios de geometría descriptiva* (I: diédrico. II: acotado y axonométrico). Madrid, Dossat, 12ª edición, 1992.

Contiene una abundante colección de ejercicios resueltos y comentados, correspondientes al contenido de los dos textos del mismo autor anteriormente citados.

GENTIL BALDRICH, José M.: *Método y aplicación de representación acotada.* Sevilla, Departamento de Expresión Gráfica de la Universidad de Sevilla, 1989.

El autor es catedrático de la E.T.S. de Arquitectura de Sevilla. La motivación de la publicación queda claramente explicitada en el prólogo: "(...) la representación acotada ha quedado reducida en las escuelas de arquitectura, generalmente, a la exposición de sus conceptos más simples (...). Este desconocimiento de las aplicaciones del sistema de planos acotados, impide en numerosas ocasiones la consideración de problemáticas que, pese a ser generalmente dejadas de lado, no dejan de presentarse en la Arquitectura (...). No se puede decir que una consideración más detenida del sistema acotado y sus derivaciones dentro de la geometría descriptiva sea una idea nueva (...). He querido dar a estos escritos un carácter de aplicación directa a la arquitectura, por lo que la referencia al caso concreto de la práctica será habitual. De igual manera se ha procurado situar las teorías expuestas tanto en el contexto histórico donde se producen, como en los *autores* de quien proceden...". El estudio del sistema contiene una clara sistematización y su aplicación a la representación de superficies, resolución de cubiertas, lectura del terreno, trazado de explanaciones y viales, superficies de talud. Asimismo contiene una introducción a la fotogrametría y a la cartografía.

SÁNCHEZ GALLEGO, Juan A. y otros autores: *Curso de geometría descriptiva. Ejercicios del curso....para la evaluación de los alumnos y programas lectivos.* Barcelona, ETSAB, UPC, 1979-1988.

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

VILLANUEVA BARTRINA, Lluís y otros autores: *Curso de geometría descriptiva. Ejercicios del curso....para la evaluación de los alumnos y programas lectivos.* Barcelona, ETSAB, UPC, 1988-1995.

Esta publicación anual la realiza la sección de geometría descriptiva de la ETSAB y recoge el desarrollo del correspondiente curso académico. La colección se inició el curso 1979-80 (nº 1) y se viene publicando hasta el curso 1994-95 (nº 16). Los ejercicios de evaluación con sus correspondientes soluciones, son una información adecuada para identificar la intencionalidad (con su proceso de consolidación) y el nivel gráfico que se propone en los correspondientes programas.

RUIZ AZPIRI José María: *Geometría descriptiva.* Madrid, Guadiana, 2ª edición 1973.

Escrito para la enseñanza en la E.T.S. de Arquitectura de Madrid, de la que el autor fue catedrático durante un largo período. Opta, en su contenido, por un equilibrio entre fundamentos de geometría proyectiva, criterios de representación y propiedades de las superficies y sus aplicaciones arquitectónicas. Incluye el sistema gnomónico y la proyección central como sistemas de análisis sin consideraciones perceptivas. Tiene gran claridad conceptual y cierto carácter informativo, sin manifestar estrategia para la formación gráfica.

ARANA IBARRA, Luís I.: *Geometría descriptiva* (Tomo I: sistemas y geometría vectorial. Tomos II - III: curvas y superficies). Bilbao, Estudios Grafor, 1972-1973.

Escrito para la enseñanza en la E.T.S. de Ingenieros Industriales de Bilbao, en la que el autor fue catedrático. Ofrece una clara exposición *escrita* de propiedades de las superficies, incluido su estudio proyectivo, junto a sus aplicaciones técnicas. Las especiales características de sus figuras, confusas e inexpresivas, acentúa el citado medio de expresión y, sin embargo, las referencias del texto a las mismas permite su recreación con interesantes resultados de descripción gráfica.

LORIA, Gino: *Storia della Geometria Descrittiva, dalle origini sino ai giorno nostri.* Milá, Ulrico, 1921.

PUIG ADAM, Pedro: *Curso de geometría métrica. Tomo I. Fundamentos.* Madrid, Biblioteca Matemática, 7ª edición, 1961.

Posiblemente se trata del libro de geometría métrica más consultado y recomendado en nuestros cursos técnicos superiores. Contienen un estudio completo de la geometría plana, incluida la metodología de las construcciones geométricas y las construcciones fundamentales con regla y compás; inversión y polaridad en el círculo y respecto a la esfera, incluye la proyección estereográfica.

SÁNCHEZ GALLEGO, Juan Antonio; VILLANUEVA BARTRINA, Lluís: *Temes clau de Dibuix Tècnic.* Barcelona, UPC, 1991.

Publicación dirigida a los estudiantes de COU para que verifiquen y, en su caso, refuerzen su formación en las materias ya cursadas con el fin de lograr un seguimiento óptimo en los estudios que se imparten en la UPC. Su intención es común a la generalidad de titulaciones de la UPC, cuyas asignaturas de dibujo técnico tienen un contenido básico de geometría descriptiva, al igual que en COU (las titulaciones de arquitectura son una excepción porque los planes de estudios diferencian entre una formación específica de geometría descriptiva y el dibujo arquitectónico que toma la denominación de dibujo técnico). El libro contiene unas bases conceptuales y una colección de ejercicios, con su solución comentada. Se incluye en esta bibliografía como ejemplo de exposición afín a un nivel introductorio.

ALSINA CATALÀ, Claudi; GARCÍA ROIG, Jaume LL.; JACAS MORAL, Joan: *Temes clau de Geometria.* Barcelona, UPC, 1992.

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

III. En cuanto a los temas relacionados con la *perspectiva cónica* y con las *sombras*, específicos de la representación perceptiva, se pueden consultar las publicaciones siguientes:

- VILLANUEVA BARTRINA, Lluís: *Perspectiva lineal, su relación con la fotografía.* Barcelona, Edicions UPC, 1996.
- WRIGHT, Lawrence: *Tratado de perspectiva.* Barcelona, Stylos, 1985.
- JANTZEN, Eric: *Traité practique du perspective, de photographie et de dessin appliqués a l'architecture et a paysage.* París, Editions de la Villette, 1983.
- VERO, Radu: *El modo de entender la perspectiva.* Barcelona, Gustavo Gili, 1981.
- FLOCON, Albert; TATON, René: *La perspective.* (4ª edición puesta al día) París, Presses Universitaire de France, 1984 (1ª edición publicada en 1963).
- THOMAE, Reiner: *Perspectiva y axonometría.* Barcelona, Gustavo Gili, 1981.
- RAYA MORAL, Baltasar: *Perspectiva* Barcelona. Gustavo Gili, 1980.
- THOMAE, Reiner: *El encuadre de la perspectiva.* Barcelona, Gustavo Gili, 1980.
- SCHAARWÄCHTER, Georg: *Perspectiva para arquitectos.* Barcelona, Gustavo Gili, 1976.
- BÄRTSCHI, Wully A.: *Estudio de las sombras en la perspectiva.* Barcelona, Gustavo Gili, 1980.

IV. El tema de la *geometría de la forma* puede complementarse con las publicaciones siguientes:

- ENGEL, Heinrich: *Sistemas de estructuras.* Madrid, Blume, 1970.
- JOEDICKE, Jürgen: *Estructuras en voladizos y cubiertas.* México, Hermes, 1967.
- MAKOWSKI, Z.S.: *Estructuras espaciales de acero.* Barcelona, Gustavo Gili, 1973.
- BUXADE, MARGARIT: *Las mallas espaciales en Arquitectura.* Barcelona, Gustavo Gili, 1972.

V. La estrecha relación existente entre representación y *psicología de la percepción* puede identificarse en las siguientes publicaciones:

- ROCK, Irwin: *La percepción.* Barcelona, Labor, 1985.
- GREGORY, R.L.: *Ojo y cerebro. Psicología de la visión.* Madrid, Guadarrama, 1965.
- PIRENNE, Maurice H.: *Óptica, perspectiva, visión en la pintura, arquitectura y fotografía.* Buenos Aires, Victor Lerú, 1974.
- GOMBRICH, Ernest H.: *Arte e ilusión.* Barcelona, Gustavo Gili, 1979 (Obra original publicada en 1960).
- ARHEIM, Rudolf: *Arte y percepción visual.* Madrid, Alianza, 1981.

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

Capítulo 1
Convención geométrica de la representación

1.0 Contenido

Este capítulo, complementado con el prólogo y los comentarios de la bibliografía, es una *introducción* al estudio de la geometría descriptiva. Trata determinados temas de geometría y de lectura gráfica que surgen y se entrecruzan en dicho estudio y que, bien por considerarse obvios bien por su sutilidad, se pasan por alto con frecuencia. Son cuestiones claramente accesibles cuando se plantean conjuntamente con el estudio de los sistemas, pero que conviene tener presentes desde el inicio porque en ellas está la razón de ser, las virtudes y las limitaciones de la disciplina. Su exposición tiene la intención de mitigar la sensación de paradoja que produce la iniciación en la generalidad de materias instrumentales y, especialmente, en aquellas que son previas o simultáneas a la plena identificación del fin a que van destinadas. Así sucede en la arquitectura, las ingenierías y el diseño en general con respecto a su expresión gráfica y, en particular, en la representación con respecto a la geometría representada y a su geometría implícita.

Con dichos presupuestos, se desarrollan determinados temas básicos, se inician algunos temas de profundización y se exponen las características de los sistemas. El contenido *aporta,* junto a un modo de aflorar e imbricar los temas: la explícita relativización del apoyo en la geometría proyectiva; la compatibilización del plano impropio con la geometría sensible; la distinción entre deformación y distorsión de las figuras tridimensionales en la representación.

El criterio adoptado para la exposición es mixto, entre pedagógico y de propuesta, con intención de mantener el interés del conocedor del tema y permitir el estudio al no iniciado, reclamándole la atención y reflexión propias de la materia. Posiblemente este último lector encuentre algunos párrafos confusos o hasta perturbadores, otros reiterativos o con exposición de temas calificados como marginales. La razón está en la no linealidad del tratamiento general del libro, en el interés por facilitar las consultas bibliográficas y en la tácita invitación a la lectura gráfica.

1.1 Geometría y representación

1.1.1 Hitos de un proceso histórico

El origen de la geometría, en nuestra cultura, obedece claramente a motivaciones catastrales de medición y equivalencia de terrenos. La consiguiente geometría plana condujo, por extrapolación, a la geo-

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

metrización de nuestro espacio habitable, es decir, a la abstracción racional de la extensión en el espacio que percibimos (espacio sensible); génesis que culmina en la geometría euclídea. El origen de la representación está más en los albores de la civilización y obedece a necesidades emotivas y de evocación; se trata del nacimiento de las artes visuales, dibujo y pintura, con su valor para estimular tanto al artífice como al observador. Parece evidente que los primeros balbuceos de la geometría se han producido en el seno de la representación, como resultado de su poderosa capacidad generadora no sólo de emociones sino también de pensamientos organizativos y especuladores, para de la mano de éstos tomar identidad propia. Con análogas características, de generación en el tronco común y especialización, aparece la representación arquitectónica, en cuyo proceso de desarrollo se formalizará la Geometría del dibujo común a la arquitectura y a las ingenierías. Representación en la que es claro su inicial fin práctico de determinación y construcción del refugio que, junto al de la evocación de éste, lleva a incorporarlo como protagonista y definidor de espacios en las artes visuales.

El proceso de formulación de ambas concepciones actuales, geometría y representación, ha sido largo y laborioso como todo el devenir cultural en el que ha estado inmerso. La historia registra momentos enriquecedores de acercamiento entre ambas inquietudes y abundantes períodos de mutuo desinterés o incomprensión. No es intención de este apartado abordar un estudio histórico, ni tan siquiera hacer unas citas en tal sentido. Pero sí interesa apuntar las dificultades y los apoyos que han sido necesarios para la adquisición del actual bagaje geométrico de la representación , que es el de la geometría descriptiva. Y ello debido a que la experiencia docente confirma, en cierta medida, la afirmación según la que el aprendizaje del individuo tiene determinadas analogías con el de su cultura. Al mismo tiempo la historia evidencia el gran valor reflexivo que tiene la representación; su capacidad generadora de concepciones, de propuestas y de interpretaciones del espacio sensible. La investigación histórica se fundamenta en el análisis del patrimonio documental y establece hipótesis razonadas para los períodos o temas no documentados, en las que obviamente aparece la polémica. Con respecto a la representación arquitectónica existen planteamientos ideológicos, con su correspondiente radicalidad, que parten del concepto moderno de arquitectura y, en determinada medida, se distancian de aquellas raíces que no tienen especial relevancia para el mismo. Son líneas claras, coherentes y asumibles, pero que, en determinados momentos, conviene transgredir para clarificar conceptos colaterales. Posiblemente el análisis de la habituación perceptiva, en la lectura del componente geométrico de las formas y de su representación, corresponde a un ámbito interdisciplinar de estas características.

Las representaciones ortogonales en planta y alzado son las inicialmente más asequibles, las que primero aparecen. De la Edad de Piedra se conservan representaciones de figuras humanas y de animales en alzado. De la Edad de Bronce, carros en planta con elementos, ruedas y animales de tiro, en alzado (cada parte como mejor se interpreta). De Mesopotamia y Egipto nos llegan plantas de edificios a escala. De Grecia y Roma plantas y alzados de edificios. En la Edad Media los gremios de cantería conservaban en celoso secreto las reglas y artificios para el trazado de sus dibujos. No obstante, hay documentación suficiente para afirmar que ya era usual el control gráfico de elementos de la obra, mediante la interrelación planta-alzado que es la esencia del sistema diédrico. Afirmación que queda desvirtuada cuando se referencia exclusivamente otro recurso de la época, sobre el que también existe documentación: el empleo de planta y maqueta complementados con la descripción escrita.

Los estudios de geometría métrica nos llegan recogidos en los *Elementos* de Euclides (III a. J.C.) y alcanzan su edad de oro (II a. J.C.) con Apolonio y Arquímedes. La geometría ya se ha emancipado de su carácter práctico; es una ciencia de especulación espacial que, al mismo tiempo, cobra fuerte valor ideológico con capacidad para conducir profundos pensamientos filosóficos. Tras un largo período sin aparentes avances, volverá a rebrotar en el Renacimiento. También Euclides con su óptica nos documenta los estudios de la época sobre la visión humana o "perspectiva natural".

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

La formulación de las representaciones en perspectiva, "perspectiva artificial", tal como la entendemos actualmente, precisó de un largo y discontinuo período de búsqueda que culmina en el Renacimiento. Caben señalar: las pinturas de los vasos griegos, con efectos de profundidad dados por ocultación; la cita de Vitruvio (I a. J.C.) a la representación en "escenografía"; las pinturas pompeyanas de arquitecturas figuradas, realizadas con clara voluntad ilusionista; finalmente, el largo y progresivo acercamiento pictórico (1300-1420) en el que se significan Duccio, Giotto y los Lorenzetti, con la representación de espacios ordenados en el cuadro mediante arquitecturas, pero tibiamente controlados, en cuya geometrización aparecen titubeos y una clara dialéctica entre las visiones axonométrica y cónica, para que definitivamente se concrete la segunda. Es de manos de Brunelleschi, considerado como el primer arquitecto que responde a la concepción moderna de esta actividad, cuando definitivamente se formula (1420) la idea actual de perspectiva: el cuadro como ventana de contemplación de la realidad y la consideración de los rayos visuales como generadores de la representación. Alberti nos describe, en su tratado de pintura (1435), la "pirámide visual" seccionada por el cuadro y la correspondiente construcción geométrica. Piero della Francesca escribe (1470) el primer tratado de perspectiva, si bien el primero publicado es el de Viator (1505). Sin embargo, deberá pasar tiempo hasta que Guidoubaldo del Monte formule (1600) la primera teoría general en la que conceptualiza el "punto de fuga". Posteriormente el geómetra Desargues (1636) racionaliza el concepto espacial de "punto en el infinito" propio de la geometría proyectiva.

El control geométrico del espacio perceptivo es uno de los grandes logros de la perspectiva y, simultáneamente, es generadora del concepto espacial que caracteriza a la arquitectura renacentista. No obstante, es evidente la definitiva aportación de la representación diédrica para llevar a cabo las complejas concepciones arquitectónicas de la época. A este respecto cabe citar la propuesta de Rafael (1519) de interrelacionar planta-alzado-sección para documentar los monumentos de la antigüedad romana.

Entre tanto en el campo matemático, el álgebra, nacida en la Edad Media, se desarrolla en el XVI. Descartes y Fermat establecen en la primera mitad del XVII las bases de la geometría analítica, que se desarrolla a finales de siglo con Newton y Leibniz; ciencia que con sus métodos generales da un notable avance a la investigación geométrica. Desargues junto al ya citado concepto de punto en el infinito, formula las bases de la geometría proyectiva pero, posiblemente por su carga teórica sobre conceptos de los pintores, su propuesta no se incorpora al proceso cultural.

En el campo artístico aparece, promovido por apetencias escenográficas y de la mano de la perspectiva, un gran interés por las arquitecturas ilusorias: la arquitectura pintada que hace ver corporeidad donde no la hay, tal en los trabajos del Veronés o en el paradigmático techo de Pozzo en San Ignacio de Roma (1685); las perspectivas aceleradas de la escenografía teatral, con el teatro Olímpico de Palladio en Vicenza (1580) y los trabajos de los Bibiena; y la arquitectura misma como escena para una representación espacial, en la que la secuencia de espacios percibidos se acelera o decelera, dando lugar a la concepción barroca del espacio arquitectónico (la primicia renacentista del ábside de Bramante en San Sátiro de Milán (1514); la galería de Borromini (1634-1667) en el Palacio Spada de Roma; la columnata de Bernini en el Vaticano (1655-1667) que crea un espacio con sucesivas deceleraciones que conducen magistralmente la comprensión de la forma, el espacio y la medida de una arquitectura que se resistía a ello). Asimismo, en pintura se experimenta con la anamorfosis (trazado de perspectivas que únicamente son inteligibles desde puntos de vista distintos de los habituales, con el clásico ejemplo contenido en el cuadro de *Los embajadores* de Holbein (1533)), incluida en la mayoría de tratados de perspectiva de los siglos XVI-XVII y que tuvo su edad de oro en los siglos XVII-XVIII. También aparecen experiencias aisladas con otras concepciones perspectivas, como son las perspectivas curvilíneas de determinadas pinturas de Fouquet (1420-1480).

En el XVIII se produce el definitivo impulso de la racionalización geométrica en la representación. Por una parte, los trazados gráficos de la estereotomía de la piedra han alcanzado una maduración

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

experimental muy elevada y, por otra, la creación de las Academias francesas (primera Academia Militar en 1720) consolida el establecimiento de campos disciplinares tecnológicos que aceleran el desarrollo de las ciencias aplicadas. El tratado de Frezier (1737) ya contiene fundamentos teóricos de la geometría descriptiva. Taylor desarrolla su perspectiva lineal (1715) con planteos de total abstracción. Bouache (1738) impulsa la representación topográfica con el concepto de línea de nivel. Gaspar Monge imparte en Mézières sus lecciones de geometría descriptiva, publicadas en 1795 y traducidas al castellano en 1803, en las que sistematiza definitivamente la representación y la eleva a la condición de ciencia autónoma.

La geometría descriptiva de Monge estimula un renacimiento de los estudios geométricos. Poncelet (1822) analiza los invariantes proyectivos e incorpora definitivamente la geometría proyectiva que, con su concepción sintética y amplia de las propiedades del espacio, se desarrolla como ciencia autónoma en la primera mitad del XIX con las aportaciones de Möbius, Steiner, Chasles y Staudt. Klein (1872) establece el concepto de espacio afín. De este modo se culmina el proceso de aportaciones metodológicas y conceptuales para el desarrollo de la geometría descriptiva actual. Entre tanto los trabajos de Lobatchevski (1826) inician el planteo de las geometrías no euclídeas, desarrolladas en el último tercio del XIX, que entroncarán con la conceptualización moderna del espacio-tiempo. Ya se trata de una total racionalización, afín a la alcanzada en el campo de la física, que se independiza de los fuertes prejuicios establecidos por nuestro sistema perceptivo. Como consecuencia, por una parte, se consolida el distanciamiento entre la geometría y su coetánea representación del espacio sensible y, por otra, se abre el desafío a una representación del nuevo espacio racional.

En el mismo XIX se produce un avance general en el estudio de los sistemas de la geometría descriptiva. La perspectiva axonométrica, que tuvo junto a la cónica su largo período experimental, se sistematiza con el isométrico de Farish (1820) y los estudios de Pohlke (1853). Noizet (1823) sistematiza la representación topográfica. Friedler (1859) desarrolla la proyección central como método de análisis geométrico, enteramente distanciado de la intencionalidad perceptiva. Se publican los tratados de Geometría Descriptiva de Gournerie (1837), Leroy (1842), Olivier (1843), Adhemar (1846). En España aparecen las *Lecciones* de Elizalde (1873), la *Axonometría* de Torroja (1879) y, ya entrado el presente siglo, Rovira y Rabassa publica sus tratados (1896-1919) de gnomónico, estereotomía, sombras, perspectivas cónica-lineal y axonométrica.

También corresponde al XIX la extraordinaria aportación de la fotografía. Su génesis obedece a un proceso próximo al de la perspectiva. La cámara oscura en la que se produce la imagen, ya conocida con anterioridad al XI, está descrita por Della Porta (1558) que la recomienda para ahorrar trabajo en el dibujo. Se conocen cámaras oscuras portátiles con dispositivos *réflex* de visión, desde 1657. En 1816 Niépce fija la imagen de la cámara oscura y en 1837 Daguerre produce el primer positivo duradero; en 1839 se obtienen las primeras reproducciones. No es casual que los primeros fotógrafos fueran pintores y, como tales, aunaron representación con fotografía en la ardua labor de enseñar a ver el espacio que se mira.

A principios de nuestro siglo se inicia la maduración de la lógica interna del sistema diédrico con el planteamiento del método directo, cuyas características esenciales son la supresión de la rígida conexión diedro-forma (establecida por Monge, con la emblemática línea de tierra) y la fundamentación metodológica en el cambio de plano o "vista" adecuada para cada cuestión. Adam V. Millar lo expone en 1908 en la Universidad de Wiscosin y lo publica (1913-1919) en colaboración con otros autores. Gerge S. Hood publica en 1926 su *Geometry of Engineering Drawing* que incluye la propuesta de denominación.

A mediados de nuestro siglo se configura el ordenador, gran aportación de la tecnología que, en el presente, es instrumento básico en todos los campos del saber y, en particular en el dibujo. En 1950 se hace la primera experiencia en pantalla de visualización y en 1958, con la aportación de los trazadores

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008

gráficos, se concreta la posibilidad de obtener dibujos en soporte permanente. A finales de los 60 se inicia la producción de programas de dibujo, con gran desarrollo industrial durante los 70. La década de los 80 se caracteriza por la comercialización a gran escala de ordenadores personales que, equipados con coprocesadores matemáticos, asumen funciones anteriormente reservadas a equipos menos accesibles. Como consecuencia los programas de CAD (dibujo en 2D y en 3D, modelado de sólidos, tratamiento de imagen) se han incorporado plenamente a la práctica profesional de la arquitectura y las ingenierías.

1.1.2 Dibujo y geometría

El *dibujo* es, en su mas amplia acepción, la acción y efecto de representar objetos en una superficie mediante líneas y sombras, entendiendo como objeto todo lo que puede ser materia de conocimiento intelectual o sensible. La comparación entre una fotografía y un mapa, evidencia dos maneras de representar un tema espacial: la primera, con voluntad de simular la realidad, está más próxima al dibujo artístico o dibujo como proceso que se cierra en sí mismo; el mapa da su información con depuradas codificaciones que son propias del dibujo técnico o dibujo como medio auxiliar de otras actividades. Los paradigmas son muy extremos pero permiten aclarar conceptos ambiguos, puesto que no existe una frontera nítida entre ambas maneras. No obstante, el *dibujo técnico* se caracteriza por su racionalización geométrica (geometría descriptiva) y porque sus codificaciones y convenciones son explícitas (normalización). Además, la capacidad reflexiva del dibujo le confiere el contenido docente sobreañadido de conducir el complejo proceso perceptivo de correlacionar el espacio real cotidiano, su geometría implícita y el espacio dibujado. Puede así establecerse, según el grado de cotidianeidad en el proceso formativo y en el ejercicio profesional, una escala de valores en el siguiente orden: *aprehensión* espacial, dibujo de *representación* (sistemas) y dibujo de *resolución* o adaptación formal de las figuras geométricas (poliédricas, superficies y sus formas compuestas).

La racionalización del espacio es un tema que aborda cumplidamente la matemática con los poderosos métodos de las geometrías analítica y proyectiva. La racionalización de la representación y del espacio representado es el tema de la geometría descriptiva, que establece métodos rigurosos para transcribir al dibujo la abstracción espacial de la geometría. En matemáticas, el estudio de los temas espaciales se aborda partiendo de los casos generales para, en su caso, descender a la contemplación de los casos particulares. Puede afirmarse que en geometría descriptiva el proceso es inverso, porque los casos generales se resisten a ser dibujados y, en cambio, pueden dibujarse casos particulares con los que se formulan *registros gráficos* a los que reconducir una amplia generalidad. Por otra parte, la geometría métrica del plano también es una geometría dibujada que se ha desarrollado con el estudio de casos particulares. Así, el contenido geométrico del dibujo técnico queda configurado con los métodos gráficos de estas geometrías y las referencias conceptuales de las matemáticas.

El estudio gráfico de las figuras geométricas que lleva a cabo la geometría descriptiva, no queda suplido por el que realizan las ciencias matemáticas, a pesar de que los métodos de estas son de mayor alcance y permiten demostrar rigurosamente cuestiones que en el dibujo quedan mas cercanas a la conjetura. La aplicación de las figuras geométricas en las resoluciones formales del diseño, obliga al *conocimiento gráfico* de las mismas y de aquellas de sus propiedades que potencien su adaptación plástica; pues difícilmente se incorpora a un dibujo lo que se resiste a ser comprendido gráficamente. Estudio en el que se significan las imágenes propias del diédrico posicional; *figuras sintéticas* que una vez interpretadas y registradas en memoria visual, son mas eficaces que su implícito razonamiento. Posiblemente este proceso de codificaciones es el que mejor explicita su rigor específico de lenguaje, claramente diferenciado del matemático.

© Juan Antonio Sánchez Gallego,2008. © Edicions UPC, 2008