

# UNA REVISIÓN HISTÓRICA: DESDE EL DIBUJO EN INGENIERÍA HACIA LA INGENIERÍA DEL DISEÑO

## A HISTORICAL REVIEW: FROM ENGINEERING GRAPHICS TO ENGINEERING DESIGN

JOSE IGNACIO ROJAS-SOLA

*Universidad de Jaén, jirojas@ujaen.es*

ALBERTO FERNÁNDEZ-SORA

*Universidad de Zaragoza, fersora@unizar.es*

ANA SERRANO-TIERZ

*Universidad de Zaragoza, anatiez@unizar.es*

DAVID HERNÁNDEZ-DÍAZ

*Universidad Politécnica de Cataluña, dhernandez@ege.upc.edu*

Recibido para revisar marzo 28 de 2011, aceptado abril 14 de 2011, versión final abril 15 de 2011

**RESUMEN:** El presente artículo muestra una investigación histórica acerca de la evolución en el tiempo de los avances sufridos por la geometría, y particularmente el dibujo técnico como dibujo en ingeniería, realizando la revisión por etapas que incluyen el Mundo Antiguo, la Edad Media, el Renacimiento, la Época Moderna, el siglo XX y el dibujo actual en ingeniería, para finalizar exponiendo unas tendencias de futuro. Se exponen los hitos históricos más relevantes tales como la aparición de los primeros ejemplos de vistas normalizadas, así como de la perspectiva, y la llegada de los sistemas de representación de la geometría descriptiva, particularmente el sistema diédrico, que supusieron el desarrollo de la ingeniería gráfica hasta llegar en la actualidad a ser pilares en la ingeniería del diseño.

**PALABRAS CLAVE:** Dibujo Técnico, Geometría Descriptiva, Dibujo de Ingeniería, Ingeniería del Diseño.

**ABSTRACT:** This article presents a historical research on the evolution over time of progress experienced by the geometry, and particularly the technical drawing as engineering drawing, making the review by steps including the ancient world, the Middle age, the Renaissance, the modern age, the twentieth century and the current drawing in engineering, to finish exposing some future trends. Also, it is presented the most important historical landmarks such as the emergence of the first examples of standard views and perspective, and the apparition of systems of representation of the descriptive geometry, particularly the dihedral system, which were the development of Engineering Graphics until now to be pillars in Engineering Design.

**KEYWORDS:** Technical Drawing, Descriptive Geometry, Engineering Graphics, Engineering Design.

### 1. INTRODUCCIÓN

La historia del Dibujo va intrínsecamente unida a la del hombre, desarrollándose, evolucionando y perfeccionándose al mismo tiempo que él. Es tan fuerte esta unión, que se puede prescindir de las palabras y reconstruir casi en su totalidad, la historia de la humanidad con tan sólo remitirse a las imágenes que se poseen desde las primitivas hasta las más modernas y actuales. Se podría asegurar, que de no ser por esta forma de expresión la humanidad no habría llegado jamás al grado de desarrollo que ostenta. Así pues, desde tiempos inmemoriales siempre ha existido un lenguaje universal que ha sido el lenguaje gráfico presentando una doble finalidad: artística y técnica.

El dibujo se encarga de representar en un plano las figuras del espacio, es decir, pasar de las tres dimensiones del espacio a las dos del plano. En particular, el dibujo técnico supone la observancia de ciertas normas, concretamente la ejecución práctica del sistema diédrico de representación de la geometría descriptiva, que satisface la condición de reversibilidad, es decir, que dada la figura del espacio se puede pasar al plano utilizando las proyecciones y por el contrario, dadas las proyecciones del plano se pueda obtener la representación de la figura en el espacio. Así pues para un ingeniero, el dibujo es una materia imprescindible en su formación.

Aunque existen muy buenas monografías dedicadas al estudio histórico del dibujo en ingeniería [1], este

artículo persigue el objetivo de exponer a modo de breve revisión los principales hitos desarrollados a lo largo de la historia relativos al dibujo, exponiendo los mismos por etapas, y particularmente, los dedicados al dibujo en ingeniería, significando su importancia relativa.

## 2. MUNDO ANTIGUO

La historia de la humanidad se presenta ante nosotros y nos permite empezar a comprenderla y conocerla cuando el primer dibujo hace su aparición en las pinturas rupestres de las Cuevas de Altamira (Santander, España). Estas pinturas son la primera representación histórica que se tiene del dibujo. A partir de entonces y, según evoluciona el ser humano, evoluciona también la forma de expresarse. Esta evolución da lugar a unas necesidades y, durante siglos, el hombre se enfrentó con el problema de dibujar objetos tridimensionales sobre superficies planas.

Pasada la prehistoria llegan indicios de que la superficie plana fue rápidamente adoptada para dibujar los objetos y representar los esquemas de las primeras construcciones. En Mesopotamia en el año 2200 a.C. ya se usaban materiales de dibujo que utilizaban para dibujar sobre tablillas de arcilla.

El dibujo técnico más antiguo del que se tiene conocimiento es la representación en planta de una fortaleza, esculpida sobre una tablilla de piedra, que formaba parte de la estatua del rey caldeo Gudea (figura 1), conservada en el Museo de Louvre y datada en el 2150 a.C.



**Figura 1.** Estatua del rey caldeo Gudea y representación en planta del Templo.

**Figure 1.** Statue of King Gudea and plant view of the Temple.

Pero el dibujo sólo podía representar los objetos materiales; las ideas abstractas que carecen de forma sensible, no podían ser representadas y apareció, como consecuencia el símbolo gráfico, estableciéndose relaciones de semejanza, de causa o de efecto entre las ideas abstractas y los seres materiales, dibujando estos para representar aquellos.

Posteriormente, para expresar mayor número de ideas, se acudió a combinaciones entre estos signos representativos y los simbólicos. Más tarde aún, la introducción de figuras con valor fonético en los jeroglíficos, preparó el trámite de la escritura ideográfica a la fonográfica.

El dibujo se presenta por lo tanto, como base fundamental de los jeroglíficos egipcios, que dieron lugar al alfabeto fenicio, fuente del griego y del romano. De ello se desprende la gran influencia que el dibujo ha tenido en la historia de la humanidad.

Además, los egipcios empezaron a utilizar los papiros para trazar los planos de las pirámides y otros monumentos, encontrando así otro medio de superficie plana para la representación escrita. Poco a poco se fue imponiendo el papel como superficie plana por excelencia para poder representar los objetos en tres dimensiones.

Con el tiempo, surge la necesidad de estudiar las propiedades y las medidas de las figuras en el plano o en el espacio, es decir, lo que se conoce con el nombre de geometría, fechándose el origen de la misma en la época de los caldeos y de los egipcios. Herodoto, padre de la historia, remonta el origen de esta ciencia a la época en que Sesostris hace un reparto general de tierras entre los habitantes de Egipto.

Pero la verdadera patria de la geometría será Grecia, pues fue allí donde se cultivó con empeño, donde se hicieron los grandes descubrimientos y donde los resultados obtenidos fueron coordinados y formaron una verdadera doctrina, estableciendo las bases de las proporciones, primera regla del diseño. Entre los principales autores de la época clásica se encuentran Tales de Mileto, Pitágoras, Anaxágoras, Hipócrates, Platón, Antifon y Brison, Hippias, Dinostrato, Menecmo, Eudocio, Euclides, Arquímedes, Erastótenes de Cirene, Apolonio de Pérgamo, Nicomedes, Hiparco, Menelao y Ptolomeo de Alejandría.

La primera referencia escrita que se conserva, en donde se hace constar la necesidad del conocimiento del dibujo por parte del técnico y la utilización de planos previos a la ejecución de la obra, data del año 30 a.C.. Se trata de la obra maestra del arquitecto romano Marco Lucio Vitrubio Pollione [2].

El arte romano comienza a preocuparse por la sensación de volumen, sobre todo en las figuras y retratos, aunque posteriormente será el arte bizantino el que retome la idea de la planeidad, presentando esquematizados los contornos de las figuras y rellenando las áreas con colores vivos y fondos dorados.

### 3. LA EDAD MEDIA

La Edad Media se caracteriza por un aparente estancamiento de la cultura y de la tecnología, produciéndose en los Monasterios los únicos avances. Una de las características de esta época fue el secreto profesional en los gremios correspondientes, de forma que una vez se habían utilizado los dibujos, estos eran destruidos.

Sin embargo, en los mosaicos del Mausoleo de Gala Placidia en Ravena (siglo V), ya se encuentra abordado el problema de la perspectiva y de las sombras.

El documento técnico más completo de la Edad Media, fue el “*Libro del Cantero*” datado del siglo XIII de Villard de Honnecourt, donde se pueden encontrar consejos sobre el arte de albañilería y las labores de carpintería, así como esquemas geométricos para el encaje de las piedras.

Ya en el siglo XIV el dibujo adquiere gran relevancia en la construcción de catedrales o para la construcción de maquinaria, apareciendo también en este siglo la primera aproximación a la perspectiva central, y en el siglo XV destaca la aparición de la imprenta en 1450.

Por otra parte, la geometría no tendrá un desarrollo teórico separado del álgebra o la aritmética hasta la llegada de la geometría proyectiva y la geometría descriptiva, hablando así de la geometría analítica.

Algunos autores destacados son: Domnino de Larisa, Giotto di Bondone, Giovanni Cimabue, Pappus o Sereno de Antisa.

### 4. EL RENACIMIENTO

Los primeros momentos del Renacimiento científico de Occidente se caracterizaron por los avances en las ciencias experimentales y aplicadas.

Algunos autores destacados en este período fueron Leone Battista Alberti, Leonardo da Vinci, Albrecht Dürer, Filippo Brunelleschi, Paolo Ucello, Fra Angelico, François Viète, Simon Stevin, Johannes Kepler, Gérard Desargues, René Descartes, Bonaventura Cavalieri, Galileo Galilei, Pierre de Fermat, Blaise Pascal, Christiaan Huygens, Isaac Barrow, Guido Ubaldo dal Monte, Philippe de La Hire, Isaac Newton, Gottfried Wilhelm Leibniz, L'Hôpital, Antonio Palomino de Castro y Velasco, Jacques Bernouilli, Jean Bernouilli, Robert Simson, Colin McLaurin, Leonhard Euler, Jean Le Rond D'Alembert, Johann Heinrich Lambert o Joseph Louis Lagrange, entre otros.

Merece la pena destacar a René Descartes (1596-1650) que introdujo el concepto de la geometría coordenada (coordenadas cartesianas) [3], exponiendo los números algebraicos para resolver problemas de geometría, así como a Gérard Desargues (1593-1662) creador de la geometría proyectiva.

En lo referente a la perspectiva, la profundidad se indica a través de líneas oblicuas respecto a las horizontales y verticales del plano frontal, que sigue siendo el principal. Las líneas paralelas de la realidad tan pronto aparecen como paralelas oblicuas (perspectiva caballera) o convergen en diversos puntos de fuga (perspectiva cónica o lineal).

Esta perspectiva cónica, recibe su primera formulación científica en el tratado *Della Pictura Libri Tre*, de Leone Battista Alberti (1404-1472), publicado en 1436. Albrecht Dürer (1471-1528) y Leonardo da Vinci (1452-1519) en su *Tratado de la Pintura* (1498) hicieron muy notables contribuciones al desarrollo de la perspectiva, aunque en un plano más práctico. Perspectiva viene del latín, de ‘perspicere’, que significa ‘ver a través’. Según Leonardo de Vinci, si se tiene una ventana y con un lápiz se perfila lo que se ve a través de los cristales, el resultado obtenido es una perspectiva cónica.

En la figura 2 se aprecia el tipo de perspectivas de la época.

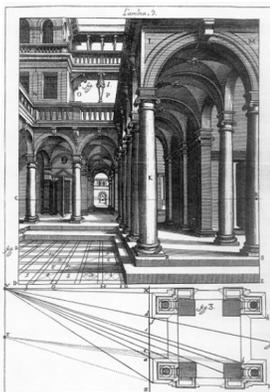


**Figura 2.** Altar de Paumgartner de Alberto Durero.  
**Figure 2.** Paumgartner Altar of Albrecht Dürer.

Los tratados se prodigan durante el siglo XVI y finalmente se debe a Guido Ubaldo dal Monte una formulación más acorde con los principios geométricos, en su obra *Perspectivas Libri Sex* (1600). A mediados de 1759, el matemático, astrónomo, físico y filósofo alemán Johann Heinrich Lambert (1728-1777), creador del sistema de proyección cartográfica que lleva su nombre, se dedicaría también a perfeccionar la formulación de la perspectiva lineal.

En la figura 3 se aprecia una perspectiva cónica con un punto de fuga, que se ha tomado de la obra de Antonio Palomino de Castro y Velasco (1655-1726) [4].

El mérito de Palomino estriba en que muestra una de las formas de realizar la perspectiva cónica, conocida como el método del triángulo áureo. Con anterioridad a él ya se conocía el procedimiento, pero los pintores y dibujantes lo mantenían en secreto. Al ser Palomino el primero que lo dio a conocer, se le considera su creador, denominándose universalmente como el método del 'triángulo áureo o triángulo aúrico de Palomino', que expone en la obra citada anteriormente.



**Figura 3.** Perspectiva cónica.  
**Figure 3.** Conical perspective.

Realmente, Palomino (figura 4) no hace más que adelantarse unos años a lo que después sería el sistema cónico de geometría descriptiva, ya que se trata de una aplicación directa.



**Figura 4.** Antonio Palomino de Castro y Velasco.  
**Figure 4.** Antonio Palomino de Castro y Velasco.

## 5. LA ÉPOCA MODERNA

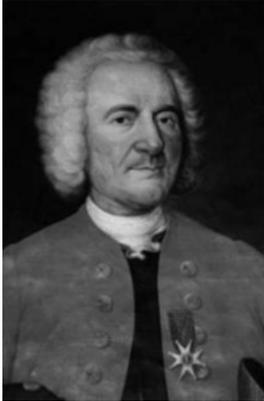
Algunos autores destacados de esta época fueron Gaspard Monge, William Farish, Julius Weisbach, Oskar Schölmilch, Pier Simon Laplace, Nicolas Léonard Sadi Carnot, Joseph Diaz Gergonne, Charles Brianchon, Jean Victor Poncelet, August Ferdinand Möbius, M. Charles, Jakob Steiner y Antonio Luigi Cremona.

Sin embargo, y sin lugar a dudas, esta época está marcada claramente por Gaspard Monge (1746-1818), conocido como el creador de la geometría descriptiva, publicación que vio la luz en 1795 [5]. Ésta es la ciencia que se encarga de representar cuerpos mediante proyecciones y para ello, establece los sistemas de representación. La generalización de este tipo de estudios condujo más tarde a la geometría afín.

Es en esta época cuando se produce el desarrollo real de los sistemas de representación más utilizados en ingeniería, como el sistema diédrico o de Monge, el sistema de planos acotados o sistema acotado y el sistema axonométrico. El sistema cónico presenta una mayor aplicación en el entorno artístico o arquitectónico por lo que no suele ser explicado en detalle en las Escuelas de Ingeniería.

La geometría descriptiva siempre estuvo en manos militares, naciendo y desarrollándose en las escuelas militares francesas, en la segunda mitad del siglo XVIII.

En 1769, Amédée François Frézier (figura 5), estableció unos fundamentos teóricos, pero es Gaspard Monge (figura 6) el indiscutible creador de esta nueva ciencia.



**Figura 5.** Amédée François Frézier.  
**Figure 5.** Amédée François Frézier.



**Figura 6.** Gaspard Monge.  
**Figure 6.** Gaspard Monge.

Introdujo el uso de las ecuaciones lineales en la geometría analítica de las tres dimensiones, completando el estudio de las superficies de segundo grado e introduciendo verdaderos progresos en las teorías de la geometría diferencial.

Estuvo preocupado principalmente por aplicar los principios de la geometría proyectiva a la técnica, lo que le llevó a una formulación rigurosa de los métodos de la geometría descriptiva. En su obra titulada *Essais sur la Geometrie Descriptive* (1799), aborda un verdadero tratado sobre esta nueva ciencia.

En Estados Unidos lo divulga Claudius Crozet (figura 7), profesor de la Escuela Militar de West Point.



**Figura 7.** Claudius Crozet.  
**Figure 7.** Claudius Crozet.

Pero antes de Monge, hubo manifestaciones de la geometría descriptiva a lo largo del tiempo.

Los primeros vestigios de representaciones diédricas se dan en Mesopotamia y en el siglo III a.C. aparece la planta de una vivienda hecha a escala 1:50.

Los egipcios utilizaron representaciones con proyecciones de planta y perfil y los romanos representaban por medio de planta y alzado.

En la Edad Media abundan los tratados, obras de monjes primero, y de artistas después que ofrecen un cúmulo de precisiones sobre las técnicas y enseñanzas de dibujo y los sistemas de representación. En el primer tercio del siglo XV se admite la regla del punto de fuga único y central que viene a eliminar la norma de la recta de fuga o perspectiva en “espina de pez”, que se utilizó en la Edad Media y que representa un estudio de prelenguaje cónico. Es entonces cuando aparecen los primeros escritos sobre perspectivas cónicas.

Por otro lado, Albrecht Dürer utilizó el método de la doble proyección ortogonal, pero ningún autor supo precisar antes que Monge los principios de esta técnica, desarrollar sus métodos y señalar las aplicaciones de la misma.

En 1569 se publica en Venecia la obra de Danielle Barbaro [6]. Su exposición de los métodos perspectivos es meticulosa e incorpora la práctica francesa de los puntos de distancia. Pero la mayor importancia del texto está en la teoría de los sólidos geométricos, llegando a la definición de todos los poliedros arquimedianos y a su representación en proyección ortogonal con un criterio diédrico que convierte a este libro en una pieza fundamental del lenguaje ortogonal.

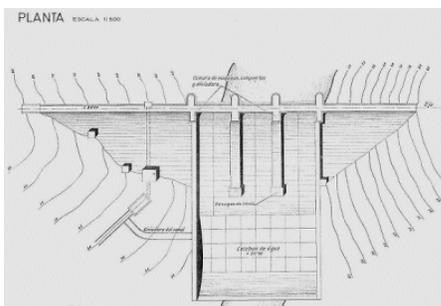
A finales del siglo XVI aparecen en Francia unas publicaciones en las que se deja entrever un incipiente lenguaje axonométrico, representándose las rectas paralelas sin fuga, precursor de lo que más adelante sería la perspectiva militar. El arte y la ingeniería militar, el dibujo y construcción de fortificaciones precisaban de la medida racional de las mismas y fue éste, el origen de los sistemas de perspectiva axonométrica.

Es a finales del siglo XVIII cuando se van a producir renovaciones en el campo de la geometría métrica, parcialmente olvidada desde mediados del siglo XVI, en beneficio de las geometrías infinitesimal y analítica. Estas renovaciones vendrán de la discusión del 5º postulado de Euclides y del estudio profundo de la perspectiva, dando lugar a la aparición de dos nuevas ramas: las geometrías no euclídea y proyectiva.

Otro sistema de representación que a lo largo del siglo XIX se incorpora al cuerpo teórico de la geometría descriptiva es el Sistema de Planos Acotados, que tiene sus antecedentes en las escuelas militares del siglo XVIII, aplicándose al diseño de fortificaciones.

Será el geógrafo francés Philippe Bouache en 1738 quien expondrá por primera vez el concepto de línea de nivel para la representación topográfica y el militar francés François Noizet en 1823 fija definitivamente las características del sistema de planos acotados. Su principal aplicación es la topografía para la representación del terreno. La figura 8 muestra un ejemplo práctico de este sistema de representación.

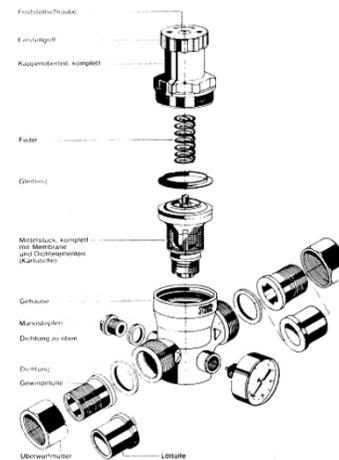
Los sistemas axonométricos, cuyo uso fue tan común en la Edad Media y en el Renacimiento recibieron su aportación científica a principio del siglo XIX con los estudios del matemático inglés, profesor de la Universidad de Cambridge, reverendo William Farish y por el matemático e ingeniero hidráulico alemán, Catedrático en Freiberg, Julius Weisbach, cuya obra publicada en 1857 [7].



**Figura 8.** Aplicación del sistema acotado.  
**Figure 8.** Application of the bounded system.

Aunque no fue hasta finales del siglo XIX cuando el profesor de geometría y mineralogía de la Escuela de Ingenieros de Turín, Quintín Sella, se dedicó a aplicar el sistema al dibujo técnico.

El sistema axonométrico proporciona una visión clara e inmediata de la figura en el espacio, por lo que no son precisos conocimientos previos para imaginarla realmente. De aquí, que cuando se necesita ilustrar catálogos, folletos, etc., para personas profanas en el dibujo, se recurra a la representación axonométrica. La figura 9 muestra una perspectiva axonométrica isométrica estallada.



**Figura 9.** Aplicación del sistema axonométrico.  
**Figure 9.** Axonometric system implementation.

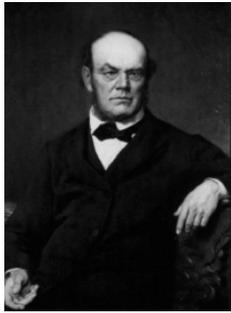
La existencia del sistema axonométrico, se debe en parte a los estudios del matemático inglés Reverendo William Farish (1759-1837) (figura 10), profesor del Magdalene College de la Universidad de Cambridge, quien en 1820 como presidente de la Cambridge Philosophical Society, leyó su memoria [8], en la que presentaba un nuevo método de proyección idóneo para la representación de máquinas, pero que estaba basado en el sistema diédrico de Monge.



**Figura 10.** William Farish.  
**Figure 10.** William Farish.

Farish reconocía que la representación de una máquina compleja a través de tres proyecciones ortogonales era el más adecuado para el ingeniero diseñador, pero tenía el gran inconveniente de la dificultad de su interpretación, apta únicamente para expertos. A partir de las representaciones consigue integrar un cuerpo teórico, aunque todavía reducido a la isometría, el sistema axonométrico como un sistema de representación autónomo.

La contribución de Julius Weisbach (figura 11) a la geometría descriptiva fue publicada en Freiberg en 1857 y consiste en un estudio teórico completo donde establece unos instrumentos matemáticos no mencionados por Farish.



**Figura 11.** Julius Weisbach.  
**Figura 11.** Julius Weisbach.

Los sistemas axonométricos están regulados por los teoremas de Schlömilch-Weisbach, que ligan las proyecciones con los ejes y los coeficientes de reducción. En dicho sentido Oskar Schlömilch (figura 12) completó junto a Weisbach las relaciones métricas del sistema axonométrico.



**Figura 12.** Oskar Schlömilch.  
**Figura 12.** Oskar Schlömilch.

Por último, en 1859 Otto Fiedler presenta en su tesis doctoral en la Universidad de Leipzig un auténtico sistema de proyección central, quedando configurado el actual sistema cónico.

## 6. EL SIGLO XX

A principios del siglo XX la geometría descriptiva sufre un gran desarrollo. Así, Claudius Crozet la introduce en la Academia Militar de West Point en Estados Unidos y en 1908 durante un curso de verano en la Universidad de Wisconsin, Adam Vause Millar expone la primera transformación del método de Monge al llamado Método Directo aplicado al Sistema Diédrico de Representación.

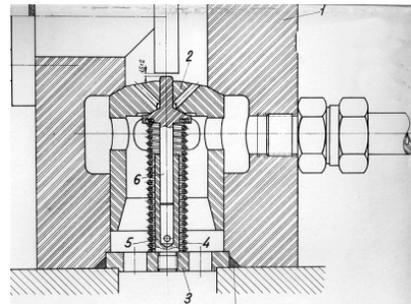
Por ejemplo, una magnífica aportación histórica muestra el desarrollo de la geometría descriptiva experimentado en España [9].

Pero sin duda, el siglo XX ha venido marcado por el desarrollo de la normalización. La necesidad de unificar el lenguaje técnico vino marcada por el desarrollo industrial que sucedió. Así por ejemplo, Joseph Whitworth normalizó en 1841 el tipo de rosca que lleva su nombre y en 1880 Charles Renard creó las series de números normales.

En el primer tercio del siglo, se crearon las organizaciones nacionales de normalización y en 1947 nace la ISO (acrónimo de International Organization for Standardization).

Por ejemplo, en España se crea en 1935 la Asociación Española de Normalización, y en 1946 el Instituto Español de Racionalización del Trabajo (IRANOR) que editaba las normas UNE (acrónimo de Una Norma Española) y que en los años 80 se constituye como Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

La figura 13 es un dibujo de mediados del siglo XX, donde aún puede observarse que está realizado con las antiguas normas DIN (ya que el rayado es específico para cada material).



**Figura 13.** Dibujo técnico de mediados del siglo XX.  
**Figure 13.** Technical drawing of the mid-twentieth century.

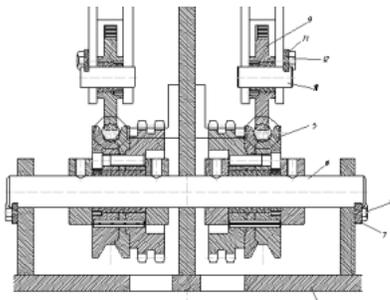
## 7. DIBUJO ACTUAL EN INGENIERÍA

El dibujo actual en ingeniería está soportado por las técnicas de Diseño Asistido por Ordenador (en inglés *Computer-Aided Design (CAD)*).

El comienzo de los gráficos interactivos por ordenador se sitúa en 1963 cuando Ivan Sutherland presenta su Tesis Doctoral en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) titulada *Sketchpad: A Man-Machine Communication System*, y que posteriormente daría lugar al CAD.

La gran mayoría del software utilizado (AutoCAD, Autodesk Inventor, SolidEdge, Solidworks, CATIA, Pro/Engineer o Euclid, entre otros) es de tipo paramétrico que permite realizar modelados sólidos de piezas o conjuntos, apoyada en la Geometría Constructiva de Sólidos, obteniendo posteriormente las vistas diédricas de cada pieza o conjunto, planos de conjunto o de despiece, así como simulaciones de montaje o de comportamiento a diferentes solicitaciones, estando realmente entroncado en el proceso de Diseño-Fabricación-Producción.

La figura 14 muestra un dibujo de ingeniería realizado mediante técnicas CAD en el siglo XXI.



**Figura 14.** Dibujo técnico mediante técnicas CAD.  
**Figure 14.** Technical drawing by CAD techniques.

A continuación se expresan algunas ideas que relacionan el dibujo en ingeniería con la ingeniería del diseño [10], tendencia actual e el proceso de diseño de productos.

La irrupción del CAD supuso un avance significativo en el proceso metodológico de la fase de diseño un proyecto. Así, se dejaba de lado una concepción tradicionalista del diseño con trabajos apoyados en formatos planos de papel normalizados y se incluía al ordenador en el proceso metodológico del mismo,

lo que repercutía en una notable reducción de costes, así como en una optimización del proceso, reduciendo de forma sobresaliente el tiempo para la fabricación del producto final.

Hasta hace poco se creía que el diseño estaba ligado directamente al dibujo. El diseñador realizaba bocetos y el departamento de producción delineaba los planos definitivos, teniendo en cuenta la tecnología de la que disponía la fábrica. Naturalmente esta idea del diseñador como isla, desapareció hace ya bastante tiempo, y se piensa en un equipo multidisciplinar, que trabaja desde la perspectiva de la ingeniería concurrente, teniendo en cuenta una serie de factores tecnológicos, medioambientales, económicos, ergonómicos, o estéticos, entre otros.

Por todo ello, toma cada vez mayor fuerza el concepto de Ingeniería del Diseño para la concepción, desarrollo y producción de un producto final.

Debido a estas razones, el especialista en Ingeniería del Diseño apoya sus conocimientos en tres pilares fundamentales: el diseño asistido por ordenador, como herramienta de elaboración de modelos y planos, el diseño gráfico, como herramienta en el campo del marketing, la imagen y la comunicación, y el desarrollo de productos, incorporando la información del ciclo de vida de un producto en el diseño del mismo.

Resumiendo se pueden establecer cuatro grandes áreas temáticas relacionadas con el dibujo en ingeniería que actualmente se realiza:

- 1ª. Diseño y desarrollo de producto. (Diseño de productos, desarrollo de productos, prototipos, ingeniería concurrente y diseño sostenible).
- 2ª. Diseño gráfico e imagen. (Fundamentos del diseño gráfico, herramientas de diseño gráfico, imagen de empresa, publicidad, animación y vídeo e internet).
- 3ª. Modelado sólido, de superficies complejas y simulación. (Sistemas de diseño asistido 2D. Sistemas de diseño asistido 3D. Modelado de superficies. Modelado adaptativo y diseño de conjuntos. Ingeniería Inversa. Simulación).
- 4ª. Ingeniería gráfica y programación. (Curvas y superficies tridimensionales, modelado sólido, sistemas computacionales, librerías de objetos

gráficos, integración de sistemas gráficos con bases de datos y programación de sistemas).

Las técnicas de representación existen en gran número y su uso depende del fin. Así pues, si el fin es la de presentación, se pueden utilizar [11]:

**Los bocetos** cuya finalidad es la visualización de la idea, por ello, son muy importantes.

**Los morfogramas** para destacar y valorar aquellos elementos formales en zonas estructuradas.

**Los diagramas de interpretación**, para visualizar la idea de un proyecto con colores, reflejos, sombras, texturas y perspectivas.

**Las ilustraciones** con alta definición técnica en el manejo de la representación plástica, para influir psicológicamente en la presentación publicitaria.

**Los diagramas estructurales y funcionales.**

**La perspectiva estallada o de montaje.**

**Los planos de detalle.**

**Los diagramas ergonómicos.**

**Los diagramas de flujo.**

**Las fotografías.**

**Los planos de fabricación**, para dar información precisa acerca de dimensiones, tolerancias, calidad superficial, normas y proceso de fabricación o material empleado.

Como se puede apreciar, en esta fase de presentación, adquiere una importancia sobresaliente el conocimiento de los diferentes Sistemas de Representación (Geometría Descriptiva). Sin embargo, hay que recordar que manejar un programa de CAD de propósito general, no implica necesariamente tener sólidos conocimientos de dichos Sistemas de Representación.

En cuanto a la representación tridimensional se pueden encontrar:

**El modelo volumétrico**, para ver el carácter formal general del proyecto sin detalle, a base normalmente de colores neutros, con yeso, madera, cartón, plastilina o poliestireno expandido.

**El modelado estructural**, para visualizar la posición de los subsistemas del producto.

**El modelado funcional**, para ver el funcionamiento del producto.

**El modelo ergonómico**, para permitir una serie de comprobaciones ergonómicas trabajando a escala 1:1 (natural).

**El modelo para la presentación**, con un alto grado de realismo. Como se ha visto, los prototipos virtuales se realizan con la tecnología CAD permitiendo modificar fácilmente el diseño, pero la siguiente fase consiste en dar forma física al diseño. Esta fase se realiza actualmente con la Fabricación Rápida de Prototipos (Rapid Prototyping). Técnicas como la estereolitografía (SLA), la sinterización selectiva por medio de láser (SLS), la fabricación de objetos laminados (LOM), la modelización por deposición en estado líquido, el Solid Ground Curing (SGC), la extrusión continua o los sistemas de impresión en 3D, permiten construir prototipos directamente a partir de los datos generados por CAD, en cuestión de horas, facilitando que las sucesivas etapas del proceso de diseño y desarrollo, puedan completarse en pocas semanas, en lugar de los meses y años que transcurrían en el caso de la fabricación tradicional de prototipos.

## 8. TENDENCIAS FUTURAS

Creemos que la tendencia futura hará mucho más hincapié en destacar el papel de la imagen como vehículo dinamizador y de comunicación en nuestra sociedad.

Se desarrollarán nuevas interfaces táctiles que permitan la interacción del computador con el usuario, sin ningún otro dispositivo, y a la vez tendrán que desarrollarse nuevas aplicaciones CAD que harán la tarea del diseño y modelado mucho más amigable. De hecho, existen aplicaciones que incorporan funcionalidades como el modelado directo tridimensional utilizando la tecnología MultiTouch de Windows 7 a través del uso de hasta cuatro dedos y soporte gestual. Otras funcionalidades están orientadas a facilitar el uso en la preparación de modelos tridimensionales para simulación y extender su liderazgo en modelado directo para diseño conceptual.

También se están desarrollando aplicaciones sobre Internet, de forma que se permite la colaboración a través de la red de distintos usuarios sobre un modelo CAD; no en vano, ya existe el concepto de Internet-Aided Design (IAD), de manera que no es necesario realizar una instalación en el ordenador personal.

Asimismo adquieren cada día mayor relevancia las técnicas de realidad aumentada o las de visualización 3D, que permiten a usuarios de perfil diferente acceder a la información en todas las fases de diseño de un producto, y más teniendo en cuenta, la naturaleza multidisciplinar de los equipos de trabajo. De forma paralela, la animación por ordenador llega cada día a mejores resultados, pues al igual que la imagen es una herramienta muy utilizada por la industria para situar sus productos en el mercado.

Por todo ello, es muy conveniente incorporar en la medida de lo posible, conceptos como el de los modelos de representación empleados en las técnicas CAGD (Computer-Aided Geometric Design), así como los de gráficos por ordenador o las técnicas de visualización y las de animación por ordenador.

Estas observaciones vienen a actualizar las técnicas y métodos tradicionales, pero se quiere dejar claro, que todavía hoy en día son válidas las técnicas tradicionales de descripción de objetos mediante proyecciones diédricas, así como la necesidad de la normalización como elemento clave del lenguaje gráfico.

## REFERENCIAS

- [1] BOOKER, P.J. A History of Engineering Drawing, Chatto & Windus Ltd., London, 1963.
- [2] VITRUBIO POLLIONE, M.L. Compendio de los diez libros de arquitectura de Vitrubio, Traducción de Joseph Castañeda, Imprenta de D. Gabriel Ramírez, Madrid, 1761.
- [3] DESCARTES, R. La Géométrie, Charles Angot, Paris, 1664.
- [4] PALOMINO DE CASTRO Y VELASCO, A. El Museo pictórico y escala óptica, Imprenta de Sancha, Madrid, 1795.
- [5] MONGE, G. Géométrie Descriptive, Baudouin, Paris, 1795.
- [6] BARBARO, D. La pratica della perspettiva, Venecia, 1569.
- [7] WEISBACH, J. Anleitung zum axonometrischen Zeichnen, Buchhandlung and Engelhardt, Freiberg, 1857.
- [8] FARISH, W. On isometrical perspective, Cambridge Philosophical Society Transactions, vol. I. 1-20, 1822.
- [9] GENTIL BALDRICH, J.M. and RABASA DÍAZ, E. Notas sobre la Geometría Descriptiva y su difusión en España, en Monge, Gaspard “Geometría Descriptiva (1803)”. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 55-93, 1996.
- [10] ROJAS SOLA, J.I. Una visión global del diseño industrial y su influencia en el desarrollo de productos, Lección inaugural del Máster Universitario en Ingeniería del Diseño, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, 2009.
- [11] SANZ ADÁN, F. and LAFARGUE IZQUIERDO, J. Diseño industrial y desarrollo del producto, Thomson, Madrid, 2002.