

EL GRAFISMO TECNICO: de la revolución industrial a nuestros días*

Amparo Rama Vitale **

* Parte de la Memoria de Ascenso a la Categoría de Asistente de la Universidad Central de Venezuela.

** Arquitecto, Profesor Investigador-Asistente del IDEC, FAU, UCV hasta 1985.

Resumen

Se hace un recuento de la evolución del grafismo técnico y se esbozan las líneas generales planteadas en el IDEC sobre las formas de representación gráfica de los sistemas constructivos y documentación de proyectos, partiendo de la concepción del Instituto sobre la relación entre la edificación y el sistema a partir del cual se elabora.

La revolución industrial no sólo representó una modificación radical y cualitativa de los procesos productivos, sino que alteró por completo todos los aspectos de la sociedad y de la vida del hombre. El núcleo central de las transformaciones de este período, estuvo conformado por la sucesión casi ininterrumpida de innovaciones en la producción, que repercutieron de forma notable en todos los aspectos del conocimiento humano. La revolución tecnológica exigió a la ciencia respuestas a las numerosas nuevas interrogantes planteadas, al mismo tiempo que le proporcionaba instrumental de gran precisión desconocidos hasta entonces. El grafismo técnico, vehículo imprescindible para la concreción en el plano productivo de las innovaciones y para la transferencia de tecnología, terminó de estructurarse teóricamente quedando planteada, desde entonces, la esencia del instrumento que hoy manejamos.

Universalmente se ubica la revolución industrial en la década 1765-1775, pero es necesario tener en cuenta, aún para una descripción muy somera de este período, que la invención de la máquina de Watt, al mismo tiempo que culmina un proceso de transformaciones anteriores, se constituye en una especie de detonador de una sucesión de inventos, que entre fines del siglo XVIII y principios de XIX, transformaron totalmente la faz del mundo.

Todas las dimensiones de manejo habitual del hombre (distancias, tiempo, velocidades) se alteraron por completo, y es interesante señalar que las diferencias en la vida cotidiana de un inglés del siglo X y uno del siglo XVII son notoriamente menores que las diferencias entre la vida de un inglés del siglo XVII y otro del 1850. Los elementos que originan la Revolución Industrial son numerosos y muchos de ellos se encuentran en diversos países europeos. Pero es sólo en Inglaterra que todos ellos confluyen. La concentración de innovaciones tecnológicas durante el siglo XVIII en Inglaterra, la abundancia de yacimientos carboníferos frente a la escasez de madera, la ausencia de una estructura de corporaciones rígida y la transformación en sentido cuasi capitalista de la sociedad y el estado inglés (luego de Cromwell); la impresionante acumulación originaria de capital fruto de la explotación colonial y la supremacía marítima inglesa, conformaron una coyuntura inexistente en su totalidad en otros países europeos, que permitió a Inglaterra ser la cuna de la Revolución Industrial.

Ilustraremos brevemente la Revolución Industrial mediante estas dos citas: «*Fuerzas motrices tales como el agua o el viento, habían sido utilizadas durante siglos, para poner en marcha los equipos más diversos. Pero recién con el desarrollo de la máquina de vapor se había descubierto una fuente de energía segura, de gran rendimiento, y cuya aplicación era independiente del medio natural... Sin embargo, las máquinas, nuevas fuentes de energía y la nueva línea de materias primas trajeron consigo también nuevas estructuras de organización, el sistema fabril y una elevada concentración del trabajo*» 1. La explotación minera y la concentración fabril conformaron las nuevas ciudades industriales descritas sombríamente por Charles Dickens «*Era una ciudad de máquinas y altas chimeneas, de las que salían, sin solución de continuidad, interminables serpientes de humo que jamás llegarán a desvanecerse...*» 2

Es en el contexto del siglo XVIII que las convenciones del dibujo de ingeniería surgen, y que comienzan a esbozarse los distintos tipos de dibujos que requiere la industria: croquis de diseño, dibujos de proyecto, dibujos de

producción, dibujos de presentación y mantenimiento, dibujos ilustrativos, dibujos para patentes. Algunos de estos tipos de dibujos pueden encontrarse embrionariamente en la colección de Boulton y Watt de los que se conservan aquellos posteriores a 1773. Las primeras representaciones de esta colección, son ilustrativas del grafismo técnico de este siglo, para el cual la Enciclopedia es el ejemplo gráfico más característico aunque refleja la tecnología propia del período anterior. En algunos de estos planos es curioso observar que los colores son utilizados tanto para señalar los materiales, como, otras veces, las diferentes funciones de las piezas de la maquinaria. Las convenciones de colores se sustituirán al aparecer los sistemas de reproducción mecánicos, por convenciones totalmente simbólicas o no-figurativas como los rayados que aparecerán alrededor de 1870.

El continente europeo no se incorpora de lleno a la Revolución Industrial hasta al comenzar el siglo XIX. Esta incorporación comienza a realizarse a través del espionaje tecnológico, en el que el grafismo técnico juega un papel preponderante. Los relatos de esta época son ilustrativos de ello:

«*...sin miramientos para los secretos de los señores Watt y Boulton y a base de unas pequeñas propinas, me procuré una ocasión favorable para estudiar a fondo el mecanismo de la máquina de Watt. Trabajé seis semanas en diseños, pues no solo me veía obligado a actuar a escondidas del señor Boulton, sino también de todos los obreros que andaban por allí...no podía preguntar nada a aquellos hombres, pero aunque hubiera podido no lo habría debido hacer para no despertar sospechas, y sólo conseguía acercarme a la máquina de vez en cuando...*» 3

Otras veces se establecen contratos como para la introducción de la máquina de Watt en Francia. Estos incluyen el aporte de piezas producidas en Inglaterra y de los planos para las partes, a producir en Francia. La correspondencia originada por estos contratos, citada por Yves Deforge 4 demuestra el intenso uso del grafismo técnico en este período.

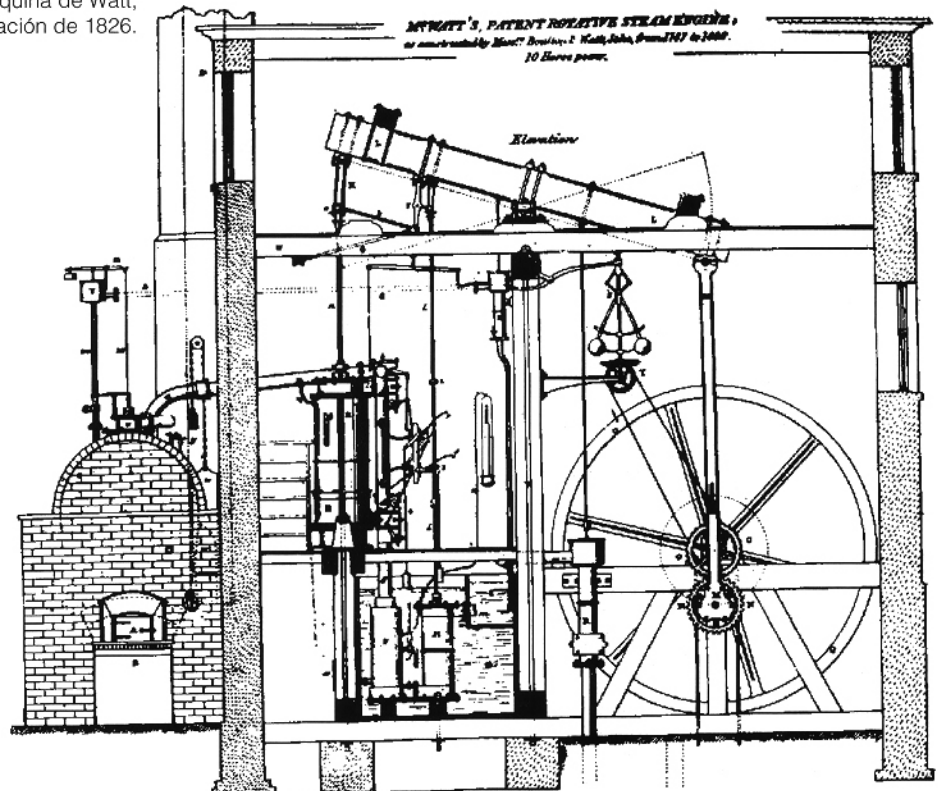
Varios elementos le imprimen un impulso decisivo, en las postrimerías del siglo XVIII, al desarrollo del grafismo técnico: el descubrimiento del papel sensible al nitrato de plata y al ferropusiató (1850), el establecimiento del sistema métrico decimal (1799) y las reglas de la geometría descriptiva enunciadas por Gaspard Monge (1799). La reproducción de los dibujos se realizaba rehaciendo los planos, replanteando las dimensiones con el compás de puntas secas o repasando el plano original cubierto de carbón del lado inverso o finalmente utilizando una retícula. Mas tarde, con la aparición del papel de calco producido por Canson y Mongolfried en el siglo XVII, estos procedimientos se habían simplificado pero no es hasta el surgimiento de los papeles sensibles al nitrato de plata y al ferropusiató que se logra un sistema de reproducción sin la participación del dibujante, el cual generaliza su uso a partir del XIX.

Los módulos utilizados durante la Edad Media como instrumentos de medición, propios de cada especialidad y que actuaban como un sistema de relaciones, alcan-

zan su mayor grado de desarrollo en el Renacimiento. En el Renacimiento un complejo sistema de proporciones armoniza cada una de las partes de la construcción con el conjunto de la edificación abandonándose la asociación de los módulos con un determinado equilibrio estructural propio de la Edad Media. Los módulos dejan de ser elementos de medición al ser sustituidos por el sistema métrico decimal. Como señala Argan *«el descubrimiento de la arquitectura moderna es la sustitución del módulo-medida por el módulo-objeto»*, en esta transformación tiene un papel preponderante el proceso de industrialización en el cual ciertas dimensiones quedan fijadas por las determinantes de producción.

La introducción del sistema métrico decimal permite por otra parte la definición de la escala como relación de reducción o aumento frente al tamaño natural. El diseño de las nuevas máquinas reclama una forma de representación propia que llega en 1799 con los métodos de representación de la geometría descriptiva formulados por Gaspard Monge (1746-1818).

Máquina de Watt,
representación de 1826.



Coinciden en estos dibujos de fines de siglo, representaciones lineales con representaciones mucho más elaboradas, donde los sombreados son utilizados para dar volumen a las piezas.

El sombreado es intensamente usado para indicar la presencia de elementos curvos como chimeneas, ejes, tanques, etc. Para las referencias o nomenclatura de las piezas continúa utilizándose el sistema de la Enciclopedia de Diderot. No existen en estos dibujos mayores convenciones que las inherentes al trazado, el punteado para las partes ocultas, el retirar elementos frontales para mostrar otros encubiertos, todo ello sin recurrir a casi ningún símbolo convencional.

Si bien Monge no hace referencia en sus trabajos a las aplicaciones prácticas de la geometría descriptiva, la simplicidad de los trazados definidos por el rápidamente serán adoptados para el diseño de las nuevas máquinas sobre todo, en los trazados de calderería. La simplificación de los trazados que permite definir los objetos sobre la base de las intersecciones de trazos perpendiculares a los planos de proyección realizados a partir de puntos claves permite la creación y difusión de un lenguaje universal al mismo tiempo que se difunde el uso de la máquina de Watt y que las Exposiciones Universales permiten el intercambio de ideas. Monge para facilitar la exposición de su método plantea, su sistema de proyección, sobre los planos ortogonales que forman un triedro. Para representar los elementos sobre el plano de la hoja rebate los planos de proyección sobre sus ejes de intersección denominados «líneas de tierra» y define un sistema de trazado para realizar la representación de los objetos sobre este plano. Toda la geometría de Monge se basa finalmente en la búsqueda de las distancias verdaderas entre dos puntos a través de las proyecciones y rebatimientos recurriendo a la intersección de rectas con planos perpendiculares entre sí. Las reglas de trazado propuestas por Monge partiendo de los procedimientos de la perspectiva del Renacimiento y de las formas de trazado en uso cumplen en cierta forma un papel instrumental de apoyo al desarrollo de la revolución industrial y universalizan un sistema que permite al grafismo técnico una total precisión

en la comunicación. Por otra parte al permitir la reunión en una misma acción de todos los trazados necesarios para la definición gráfica de un objeto, Monge contribuye a reunir más estrechamente diseño y grafismo técnico así como a introducir en la producción una información lo suficientemente completa que no hace necesario ningún tipo de trazados auxiliares. La geometría descriptiva aporta una solución simple para la determinación de magnitudes en forma gráfica cuando todavía no existe una definición absoluta ni de fácil acceso para su determinación por métodos analíticos.

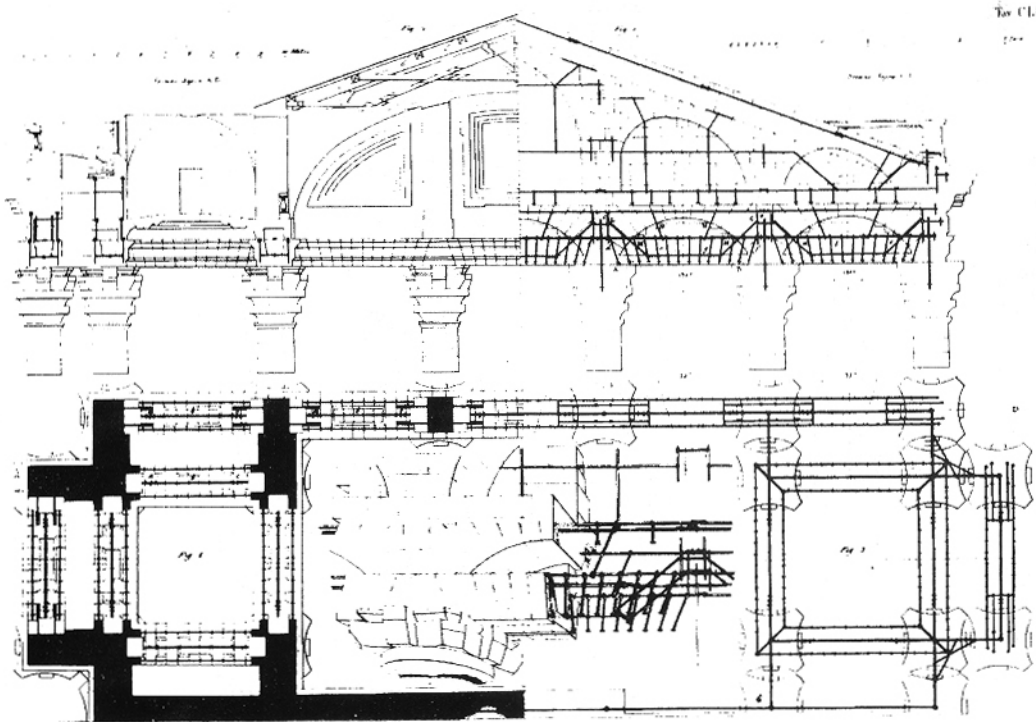
Monge es consciente que su sistema, al descomponer los objetos, crea una dificultad de interpretación o lectura, cuando escribe:

«Aunque el método de las proyecciones sea fácil y no este desprovisto de un cierto tipo particular de elegancia sin embargo esta obligación de comparar sin cesar dos proyecciones entre sí es una fatiga que puede disminuirse considerablemente con la indicación de las sombras» 6

Es importante señalar que tanto los aportes de Monge como los anteriormente señalados encontraran su aplicación también en el campo de la construcción. Las nuevas invenciones no solo servirán para transformar e incrementar la producción de maquinarias sino que incidirán en los métodos de construcción.

Los aportes realizados por Darby y Wilkinson en la producción de hierro fueron impulsados y destinados en primera instancia a la fabricación de maquinarias pero pronto fueron descubiertas las variadas aplicaciones que este material podía tener en la construcción. Las primeras aplicaciones del hierro se realizan en los trabajos de sillería utilizándolo como refuerzo.

El hierro fundido encontró rápidamente su aplicación en la construcción de puentes, construyéndose el primero de ellos en 1775 sobre el río Severn. 7 El hierro permitió la sustitución de los techos de madera peligrosamente combustibles por las tejas metálicas.

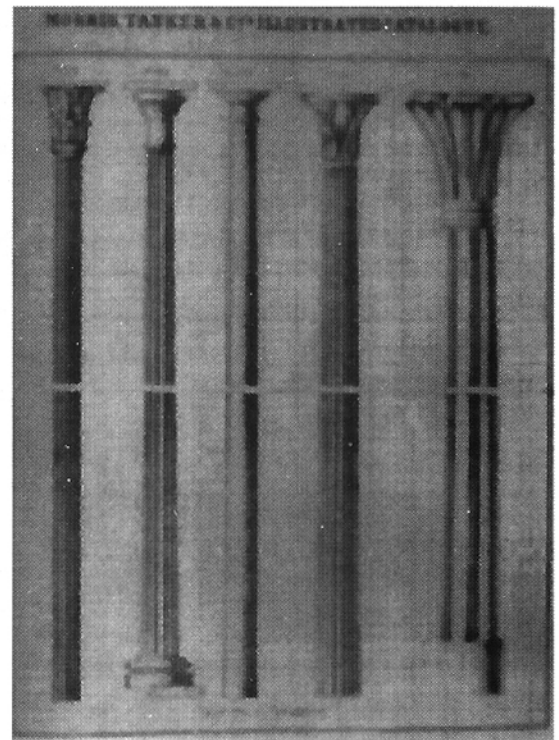


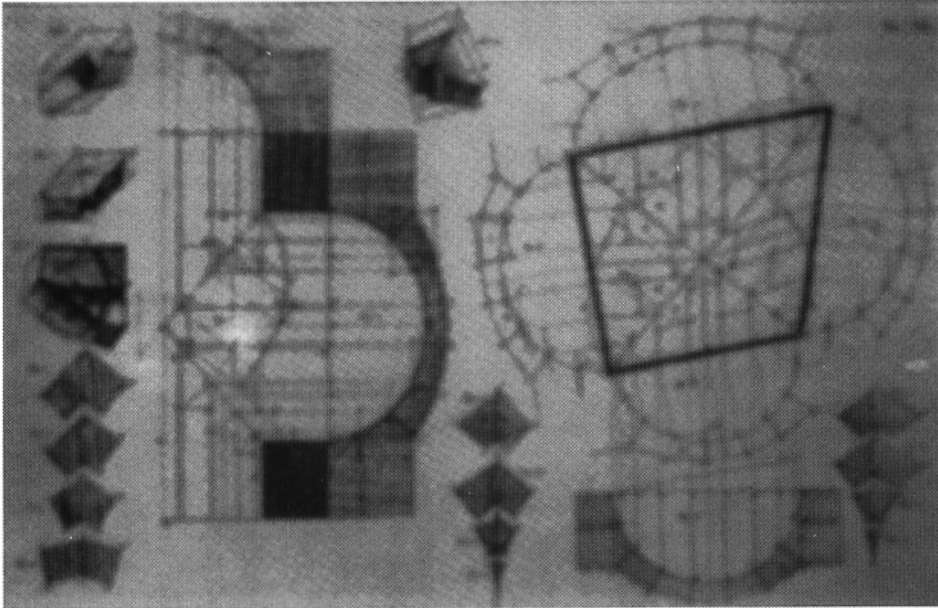
Armadura de hierro de la Iglesia de Sainte Geneviève (J.G. Soufflot, 1755) París. Tratado de Rondelet 1802-1817.

A finales de siglo la fundición de columnas de hierro anuncia el desarrollo de las estructuras metálicas para la construcción edilicia del siguiente siglo. Algunas de las primeras construcciones metálicas se realizan en los talleres de Watt y Boulton, entre ellas, la hilandería algodonera de Philip and Lee construida en Salford (Manchester) en 1801 e , conformada por siete pisos con vigas y columnas de hierro. Este ejemplo permite observar claramente como las innovaciones en el campo de la construcción esta íntimamente ligada a los aportes realizados en otras ramas de la producción y como estas van introduciéndose en la arquitectura. El hierro encuentra, al comenzar el siglo, otro elemento que por su ligereza se convierte en el complemento de las nuevas soluciones, el vidrio.

Las Exposiciones Universales que se inician a mediados del siglo XIX permiten observar los progresos tecnológicos que la asociación de estos dos materiales introducen en las construcciones. La primera Exposición Universal de 1851 en Londres se realiza bajo el símbolo de los nuevos procedimientos de fabricación implícitos en el

Columnas prefabricadas de hierro fundido de la empresa Morris Tasker & Co. Ilustración del catálogo, 1860.





Dibujo para el tallado de la piedra, Tratado de Rondelet, París, 1802-1817. Es interesante señalar a partir de esta lámina para el tallado de las piedras que todavía no se ha adoptado una norma para la disposición de las vistas y que como mencionábamos anteriormente los sistemas de referencia siguen siendo los de la Enciclopedia de Diderot.

famoso Palacio de Cristal del constructor de invernaderos José Paxton (1803-1865). Esta construcción compuesta de 12.000 piezas de hierro totalmente prefabricada y montada en tiempo récord, señala la profunda influencia que la revolución industrial tendrá sobre las construcciones civiles. A ésta le suceden, entre otras, la Galería de Máquinas de la Exposición Internacional de París de 1839 y el celebre símbolo de la misma, la torre Eiffel, para cuyos planos se utilizaron 300 kilos de papel. En las postrimerías del siglo, a las posibilidades abiertas por el acero, se suma una nueva técnica de construcción (presentada por J. Monier, en la exposición de 1851) el concreto armado, y en esta misma exposición se presenta el ascensor hidráulico que permitirá junto con otros factores, el surgimiento del rascacielo americano a fines del siglo.

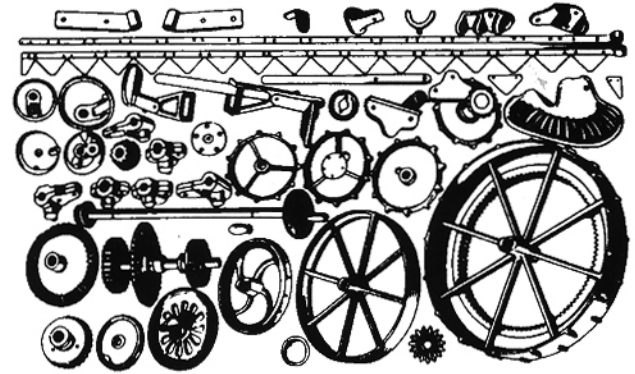
La revolución industrial, cuyos prolegómenos se encuentran en la invención durante el período anterior, termina de definir y conformar un nuevo profesional, el Ingeniero. Su formación iniciada junto a los inventores y en las nuevas fábricas, se formaliza en 1794 con la fundación durante la revolución Francesa, de la Escuela Politécnica. Son ellos que aportarán los progresos técnicos que permitirán el desarrollo de la arquitectura moderna. En cambio, los Arquitectos formados desde 1806 en la Escuela de Bellas Artes, quedarán al margen de los nuevos procesos de

construcción, abiertos por la revolución industrial. Esta escisión entre arquitectura y construcción se reflejará claramente en la transformación del grafismo técnico, así como en las construcciones significativas de todo el siglo XIX sobre todo en Europa.

Muchos de los avances de este período han quedado registrados en el tratado de Rondelet «Traite theorique de l'art de batir» (1802-1817), el cuál se caracteriza por reunir todo lo referido a las técnicas constructivas y otras especialidades que mas tarde se independizarán, como construcciones de puentes, ferrocarriles, etc. Es un tratado exclusivamente referido a las técnicas constructivas que refleja el tipo de enseñanza de las escuelas politécnicas, y ejemplifica la división que, desde finales del XVIII, se producirá en el contenido de los tratados. Frente a estos aparecerán otros referidos exclusivamente a los elementos de la composición arquitectónica. En este tratado puede observarse el aporte de la geometría descriptiva de Monge al grafismo técnico aplicado, al tallado de las piedras. La ausencia de una forma adecuada de representación de los cortes de las misma, conducía a definir este aspecto en el momento de la ejecución.

A fines del siglo XIX Europa ve con asombro el proceso técnico e industrial que se exhibe en la Exposición

Piezas intercambiables
de la segadora de
Walter A. Wood, 1867.



Universal de Filadelfia (1876). En sus «Cartas de Filadelfia» Franz Reuleaux dice:

"América del Norte ocupa uno de los primeros puestos, tal vez pueda decirse que el primero, en lo relativo a la construcción de máquinas... Se exponen muchas máquinas de vapor de distintos tamaños cuyas partes se han fabricado automáticamente y en serie, y son intercambiables" 9

Y el suizo A. Goeldy lo acompaña señalando:

«Si nuestro espíritu se detiene a considerar las ideas y las realizaciones expuestas en la maravillosa exposición americana llegará a la conclusión que un importante cambio se avecina. Las fuerzas de producción de las máquinas automáticas se desarrollaran con gran rapidez y derramarán sobre toda la humanidad una gran abundancia de productos que - por lo menos así lo esperamos - representara para ella una bendición». 10

Desde mediados del siglo, el intercambio de elementos se convierte en una necesidad a la orden del día; comenzara con los elementos mas simples como los tornillos y las tuercas. En las primeras décadas del siglo se normalizan los hilos y en 1841 se establece una estandarización completa de los mismos, convirtiéndose de esta manera en las primeras piezas intercambiables.

El verdadero impulso a la producción de elementos intercambiables se produce en la fabricación de armamentos, Giedion 11 alude a Eli Whitney como el primero que introduce el intercambio de piezas en la fabricación de armas de fuego. En la medida que esta concepción se aplica a

grandes maquinarias surge un mercado de repuestos y de talleres para su mantenimiento e inevitablemente los catálogos que permiten la identificación de las piezas que conforman la maquinaria, así como la información necesaria para el desmontaje y montaje de las mismas. El primer ejemplo de este tipo de catálogos donde las piezas están numeradas y representadas, es el de Walter A. Wood (1867), constructor de maquinarias agrícolas, que se adelanta al proceso de estandarización en la industria automovilística que realizará Henry Ford quien escribía en 1930:

«la maquinaria de hoy, especialmente la que es utilizada en la vida general lejos del taller, ha de tener sus partes absolutamente intercambiables, de modo que pueda ser reparada por hombres no especializados». 12

Wood llevó este principio hasta el extremo que su segadora mecánica era despachada en piezas, embaladas dentro de cuatro cajas, y acompañadas de los diagramas para su montaje.

Los catálogos de componentes en la industria de la construcción, señalan una revolución en las técnicas de construcción, de producción y de diseño. Reflejan en forma gráfica la generalización del uso de los productos estandarizados en la construcción desde mediados del siglo XIX y más marcadamente a comienzos de nuestro siglo.

Representan por otra parte, una modificación sensible en los tipos de documentos gráficos que deben ser elaborados, ya no son suficientes los planos destinados a la producción; el proceso de industrialización de componentes

exige la elaboración de catálogos que entran como información en procesos de producción consiguientes o producción de bienes finales.

La transformación urbanística de París con el llamado plan Haussmann y la de Barcelona con el plan Cerdá -para mencionar algunas de ellas- realizadas como respuesta a las nuevas exigencias de la ciudad industrial, conduce a una transformación significativa de las edificaciones. Para dar respuesta al aumento de la concentración urbana y al encarecimiento de los terrenos, se desarrolla en estas ciudades una tipología de edificios de vivienda de seis pisos y ático, adosados unos a otros, ubicados en parcelas de frente mínimo y alineados sobre la acera 13.

En este tipo de edificaciones construidas masivamente es que comienzan a utilizarse los primeros componentes que suministra la industria a través de sus catálogos. Las industrias, que inicialmente se dedicaban a la producción de materiales de construcción, encuentran en estas circunstancias la oportunidad de iniciar un proceso de fabricación de pequeños componentes complementarios para la construcción. Giedion señala:

"Entre 1825 y 1845, como se indica en un informe del jurado de la Exposición Internacional de París de 1867, en las grandes ciudades desaparecieron los herreros más especializados. Verjas, barandas y balcones eran hechos ya con hierro fundido".

"En tiempos de la transformación de París por Haussmann, ...habían aparecido ya grandes empresas que ofrecían depósitos de piezas fundidas de hierro fundido, desde las barandillas continuas de bulevares hasta las copias en hierro fundido de las esculturas de Miguel Angel. Sus catálogos eran como libros de texto de la historia y no tenían menos de trescientas páginas." 14

Un ejemplo interesante de componentes de hierro fundido es el de las antiguas barandas en estilo art-nouveau de las entradas del metro de París realizadas por H. Guimard en 1900, las cuales están formadas a partir de la combinación de componentes simples.

La mayoría de los componentes producidos durante el siglo XIX no logran encontrar su propia estética en la medida que tratan de imitar la producción artesanal. Los productos de este período cubren la variedad de estilos correspondientes al gusto ecléctico de la época. Pero más allá de esto, la industrialización de componentes constructivos permite a los arquitectos y constructores proveerse de elementos completos que al mismo tiempo que facilitan la construcción les permiten respetar los estilos en boga. Estos productos aún cumpliendo con una determinada necesidad van adoptando cada vez más una función esencialmente decorativa. Una profunda comunión se produce en esta época entre los productos ofrecidos por la industria y la demanda de los arquitectos, suministrándoles a éstos una gama de recursos muy diversos que les permiten realizar variaciones sobre la base de un modelo de edificación bastante rígido. Este mismo proceso, pero en un cuadro de mayor libertad, se produce para estas fechas en Estados Unidos. Coincide aquí el proceso de industrialización con el surgimiento de un grupo que se conoció con el nombre de la "Escuela de Chicago". A diferencia de lo que pasa en Europa, el capitalismo naciente encuentra su expresión edilicia sin tantas ataduras con el pasado.

Al menor peso de las tradiciones Estados Unidos suma una gran riqueza de materiales pero una gran escasez de mano de obra general y, sobre todo especializada. En estas circunstancias, entre otras, radica la gran diferencia del proceso de industrialización norteamericano que se caracteriza por la mecanización de todas aquellas tareas artesanales que requieren de una serie de procesos complejos. En el campo de la construcción, Estados Unidos realizará varios aportes íntimamente relacionados con el espíritu de renovación de este siglo y que, por la vigencia que tienen aún debieran ser estudiados con más detenimiento. Uno de estos aportes fue la técnica denominada Balloon Frame conformada por una estructura de elementos iguales de madera dispuestos modularmente y recubierto por tablas machiembradas. La estructura, primero encastrada, se simplifica enormemente cuando comienza la producción industrial de clavos. Esta técnica permitió el rápido crecimiento de Chicago hacia 1830, pues su construcción permitía, según

Giedion,¹⁵ un 40% de economía así como una notable reducción de mano de obra. El perfeccionamiento de los sistemas de fundación, el surgimiento del ascensor, primero a vapor, luego hidráulico y a partir de 1887 eléctrico, la producción de acero barato así como el incremento del valor de la tierra en ciudades como Chicago y Nueva York, posibilitaron el desarrollo del rascacielos.

En Estados Unidos los primeros catálogos de componentes aparecen a mediados del XIX también a partir de las industrias dedicadas a la producción de materiales para la construcción. Entre los catálogos ilustrados en este libro figuran sobre todo componentes de madera para barandas, ménsulas, bancos de escuela, marcos de puertas, puertas, postigones, ventanas de guillotina, estufas de hierro, materiales, radiadores, todo tipo de apliques de madera para colocar sobre puertas, ventanas, arcadas y para recubrir las columnas.

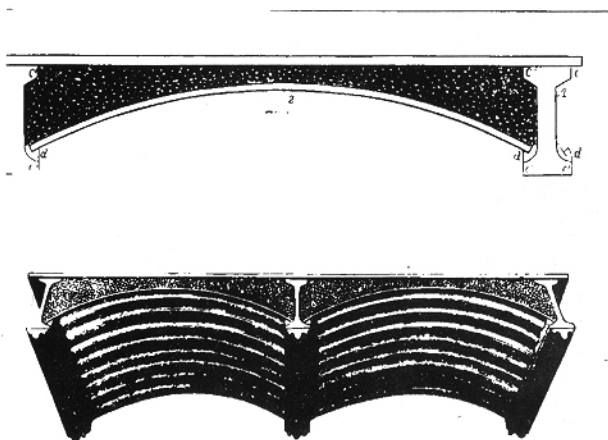
En los catálogos ilustrados en este libro figuran también los primeros sistemas livianos para techo de chapas metálicas onduladas con todos los accesorios e indicación para su fijación, así como sistemas combinados para entrepisos que combinan perfiles metálicos de sección I y láminas curvas onduladas metálicas, posteriormente vaciadas en concreto.

En ellos aparecen todas las indicaciones dimensionales necesarias para que el arquitecto pueda coordinar su proyecto permitiendo prever todos los requerimientos para su colocación en obra. No figura en estos dibujos ningún detalle constructivo de los componentes en si. Si bien algunos catálogos como el de George O. Stevens (1879) usan una representación muy esquemática y lineal de los componentes, otros como el de Morris, Tasker & Co. (1860) recurren a una representación casi fotográfica realizada a lápiz.

Estos catálogos poseen dos funciones básicas que se reflejan en su forma de presentación: proveer al arquitecto de la información técnica básica y actuar como elemento publicitario en un sistema de libre competencia.

Los catálogos de elementos de la construcción son el eslabón crítico de un nuevo sistema de producción y distribución, cuya función esencial es informar a los constructores, ingenieros y arquitectos, produciendo un importante efecto en las formas tradicionales de construir.

La producción de componentes se vio favorecida en Estados Unidos por una triplicación de la población entre 1830-60 que permitió un sensible incremento de la demanda a la que la industria respondió mediante un proceso de



Láminas curvas, onduladas, metálicas, con postvaciado de concreto.

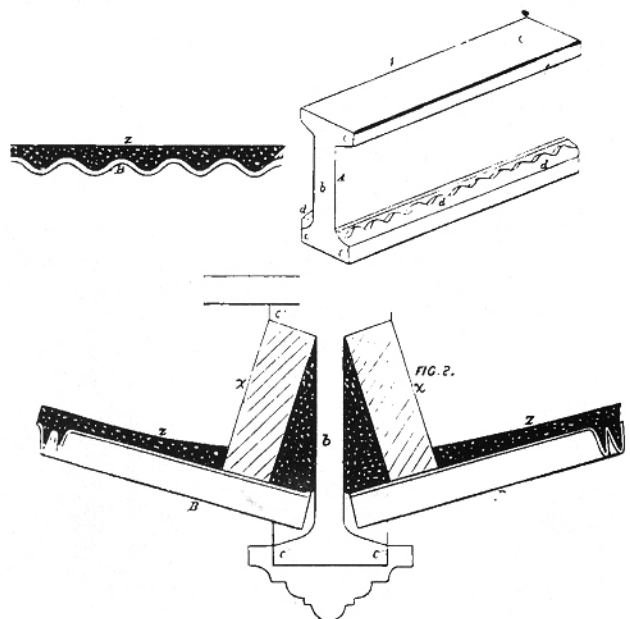


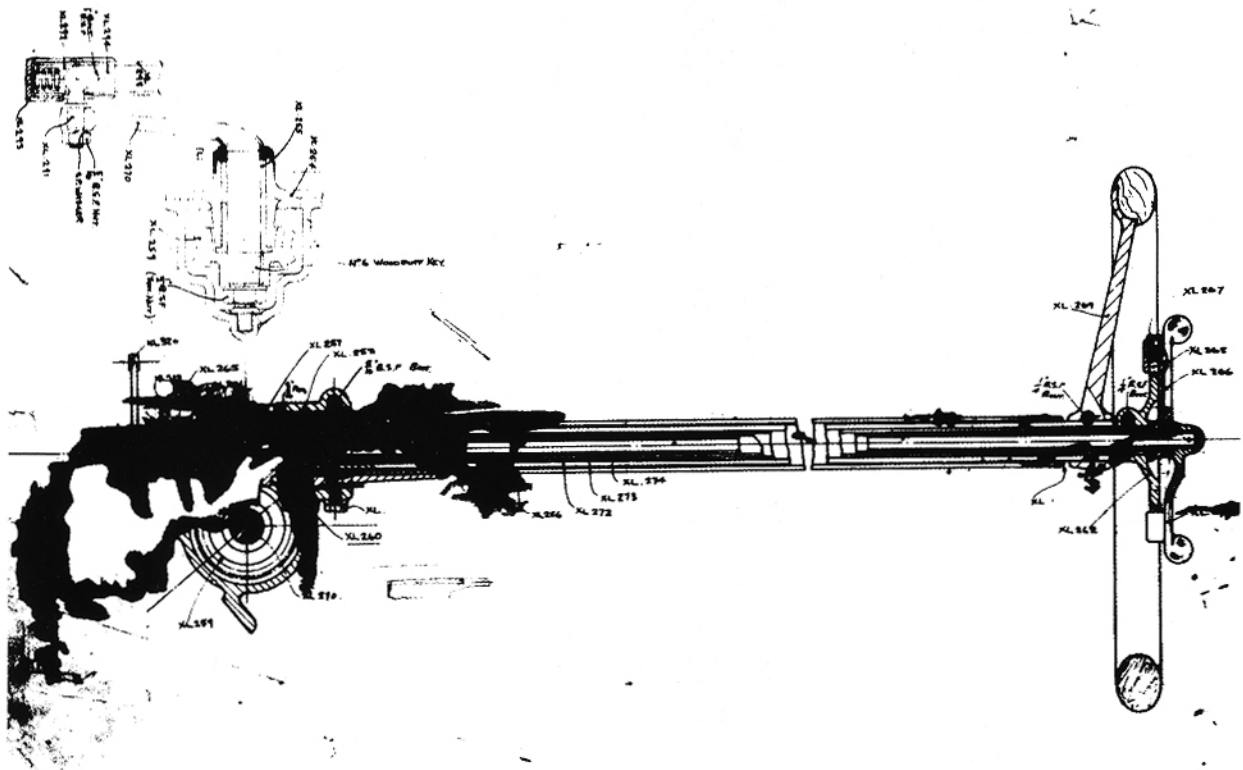
FIG. 2.

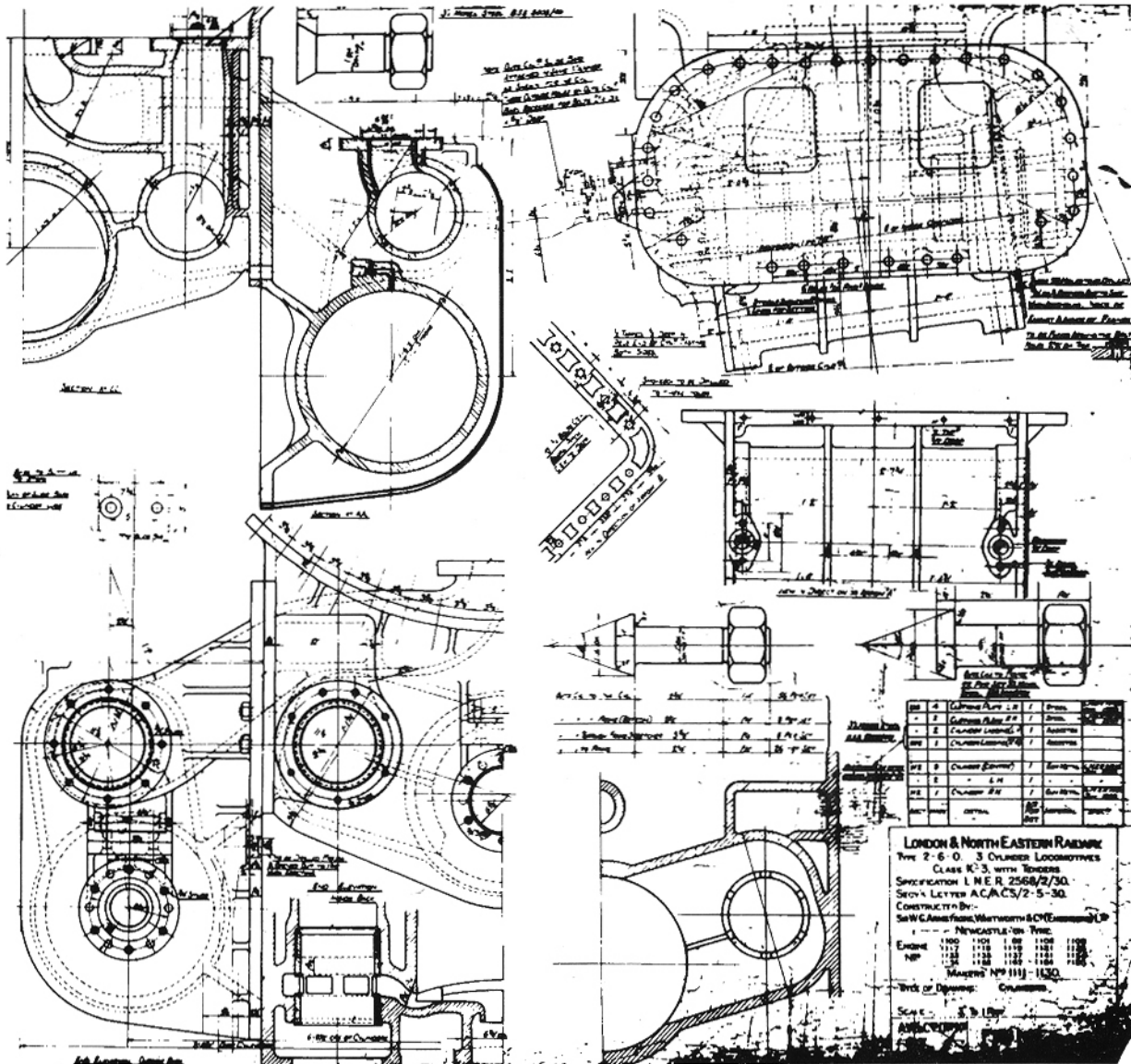
Al desaparecer el uso del color, e incluso los sombreados, se desarrolla un nuevo sistema para resaltar los diferentes volúmenes basado en la utilización de trazos de diferente espesor. En algunos casos se observa cierta inseguridad en la aplicación de las nuevas convenciones de representación, como por ejemplo, al añadir sobre la línea de acotación no solamente el dato de dimensión sino también la explicación en letras, indicando de donde a donde esta tomada la distancia.

Si bien el desarrollo del grafismo técnico puede considerarse a grandes rasgos lineal, son muy importantes las modificaciones cualitativas en la organización de la información que aparecen entre la última década del siglo XIX y la primera del siglo XX. Este salto cualitativo refleja, en el ámbito de la transmisión de información técnica, las transformaciones generadas en la estructura productiva por el descubrimiento de las aplicaciones de la electricidad, la aparición de la cadena de montaje y la producción en serie.

La complejidad alcanzada por el desarrollo capitalista a fines del siglo XIX, que se puede sintetizar en la constitución de un Mercado Mundial y en la capacidad de inversión multiplicada por la fusión del sistema bancario con el productivo, generan necesidades imperiosas de incrementar y perfeccionar la producción de bienes y servicios. La elevación de los niveles de producción, el descubrimiento de nuevas técnicas y de nuevas fuentes de energía como el petróleo, sumados a la complejidad ya señalada del sistema capitalista, llevarán a los países desarrollados a niveles de prosperidad jamás alcanzados, al mismo tiempo que los arrojarán a una guerra de conquista (1914-1918) y harán tambalear el sistema durante la Gran Depresión del 29. La electrificación de las ciudades, el automóvil, posteriormente la aviación, se generalizan en este período y los requerimientos de la industria hacen imprescindible un salto cualitativo a nivel de la transmisión de la información técnica. Surgen por consiguiente, una nueva organización de la información gráfica, los sistemas de codificación específicos de cada industria y un

Eje de dirección del automóvil Austin Seven. Uno de la serie de dibujos de Stanley Edge para Sir Herbert Austin durante el desarrollo del automóvil, 1921-1922.



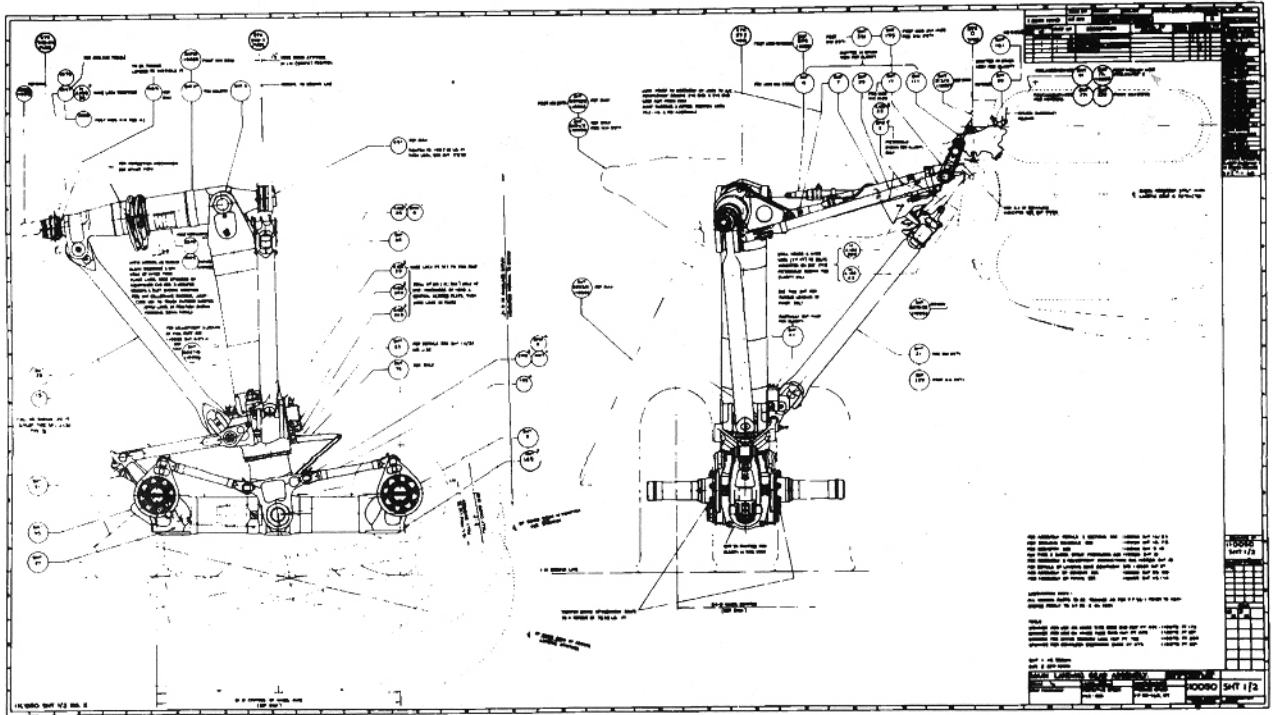


Plano parcial con la representación de los cilindros para las locomotoras K. 32.6.0, construidas por el London and North Eastern Railway, 1930.

proceso de normalización internacional que alcanza entre otros aspectos al grafismo técnico. Estos nuevos elementos van a sumarse a los catálogos de componentes surgidos hacia 1850, la fabricación en serie requiere de la estandarización de los componentes. Para resolver el intercambio de piezas, es necesaria la definición de especificaciones muy precisas que deben reflejarse en la representación gráfica ya que las piezas de la maquinaria empiezan a producirse en forma independiente. Refiriéndose a esto, Ford señala: «En nuestra primera experimentación...pensábamos que

debíamos tener las diversas secciones de máquinas con su ensamblaje y así mismo el ensamblaje final todo ello bajo el mismo techo, pero al aumentar el conocimiento aprendimos que la fabricación de cada pieza era un asunto separado por sí mismo, que debía realizarse en el lugar mas adecuado y que la sección de ensamblaje final podía estar en cualquier sitio.» 17

A lo largo del siglo se perfeccionan las maquinas-herramientas que junto a la concepción de la producción de



Dibujo del tren de aterrizaje para el avión VC 10 Vickers-Amstronm Ltd. 1960.

piezas intercambiables apoyan y fomentan la producción en serie. La producción de piezas fabricadas en forma independiente y reunidas posteriormente en la cadena de montaje, fomenta un proceso de especialización de la producción así como un proceso equivalente en la representación gráfica, demandando una producción de dibujos independientes destinados a cada productor.

Paralelamente empiezan a fundar los primeros organismos destinados a establecer las normas que este proceso requiere. En 1901 se instala la Oficina Nacional de Normas de los Estados Unidos y, a ésta, le suceden otros organismos similares en todos los países desarrollados. Hoy por hoy, estos organismos han adquirido la misma escala internacional de acción que las empresas internacionales; la Organización Internacional de Estandarización (ISO) fundada al finalizar la segunda guerra agrupa hoy a más de 56 países.

En los primeros dibujos mecánicos de la década de los 20, comienzan a utilizarse los primeros sistemas de codificación. La complejidad y variedad de los componentes

incluidos, por ejemplo en los primeros automóviles, es uno de los elementos determinantes de su aparición. Estos sistemas de codificación son extremadamente sencillas, pues no poseen una estructuración significativa. La organización de la información en los planos de la industria automotriz de esta época comienza a modificarse estructurándose en función de la desagregación de las partes que conforman cada uno de los conjuntos básicos del automóvil. Los dibujos de despiece de esta época se asemejan bastante a los actuales de la industria automotriz.

Entre guerras, los planos se cubren de detalles, el grafismo técnico se convierte en un instrumento accesible únicamente a quien maneja sus convenciones. Ya no existe ninguna diferencia entre los dibujos de diversas especialidades vinculadas a la producción de maquinarias. Estamos en presencia de una estandarización total de las convenciones del grafismo técnico.

La cantidad de dibujos requeridos para la producción es enorme, un ejemplo de ello son los 50.000 dibujos

necesarios para la representación de todos los detalles para la producción del avión jet VC 10 en 1964. Ya en los años anteriores a la segunda guerra mundial es posible hablar de una total estandarización en todos los campos del grafismo técnico, estando desarrollados completamente los elementos que caracterizaron este período: la nueva organización de la información gráfica, los sistemas de codificación específicos de cada industria y la normalización internacional.

El fin de la segunda guerra mundial abre un nuevo período que está signado por la Revolución Científico-Técnica. Producción y conocimiento, ciencia y tecnología se unen indisolublemente sentando las bases de un nuevo salto cualitativo de las fuerzas productivas. La energía nuclear, la industria química, la cibernética y la telecomunicación, son los elementos cuyo desarrollo acelerado e incontenible caracterizan las tendencias de la ciencia y la tecnología de nuestros días. En las transformaciones de la producción analizadas anteriormente - primera Revolución Industrial y desarrollo del capitalismo a nivel mundial - vimos como las industrias más dinámicas generaban transformaciones sustanciales de las formas de representación, este período no escapa a la regla y la computación abre un nuevo campo de desarrollo del grafismo técnico. El uso de computadoras exige una precisión creciente de los sistemas de codificación, así como posibilita la unificación de los sistemas a escalas nacional e internacional. Este fenómeno está íntimamente ligado con la concentración de las industrias, el dominio de los mercados por parte de las empresas transnacionales en el capitalismo y por las grandes empresas estatales en el socialismo. La computación, aplicada a las industrias más dinámicas —que son las que permiten posibilidades económicas de rentabilidad— modifica, no sólo el área de la expresión, sino también la del diseño.

En una primera etapa el uso de computadores se redujo a operaciones de control de la producción. Posteriormente, la automatización de procesos fue posible. La experiencia acumulada en estas áreas, sumada a un profundo conocimiento de los procesos de diseño y avances en los propios computadores, permiten actualmente su utilización en aspectos importantes del diseño. El desarrollo de la

computación analógica y la computación gráfica, fueron hitos fundamentales en este proceso, como ejemplo del nivel de desarrollo alcanzado podemos citar el caso de la industria automotriz. La utilización de un plotter tridimensional anexo a un computador ha permitido transformar radicalmente el diseño de las carrocerías. Partiendo de una serie de croquis e ideas de diseño general se elabora un modelo a escala natural en yeso o masilla y a partir de este momento el computador entra en el proceso: se levanta la geometría del modelo con un palpador automático relevando los puntos de su superficie; estos son archivados e introducidos al computador, que realiza el trazado de todas las secciones imprescindibles. Realizados los ajustes de diseño necesarios, se pasa a la etapa de generación de la superficie donde se deciden finalmente los distintos componentes en que subdividirá la carrocería, en esta etapa y utilizando el computador se proyecta y verifica su comportamiento estructural, y se definen los elementos de refuerzo necesarios. Finalmente, se pasa a la realización del modelo definitivo y del molde de estampa. Para ello la geometría definitiva grabada es introducida a la memoria de una maquina-herramienta para la realización del molde negativo y positivo del estampado. En este proceso, si bien el grafismo técnico sigue siendo un instrumento imprescindible del diseño, ha dejado de ser el intermediario entre el diseño y la producción; el intermediario es ahora un modelo matemático. En la construcción, el proceso de industrialización de componentes se remonta al siglo pasado. Este proceso si bien se ha mantenido e intensificado salvo ejemplos aislados, como las estructuras de tipo Ballon Frame en los Estados Unidos, es recién a mediados de este siglo que se comienza a intentar un proceso de industrialización más global de la construcción. Casi siempre tomando como patrón de referencia los procesos de industrialización de otros sectores de la producción, se plantea la industrialización no de partes como se venía realizando en algunos sectores, sino de la totalidad a través de la producción en fábrica de todos los elementos de la edificación.

Este incipiente proceso de industrialización tiene y ha tenido distintas características. En una primera etapa la preocupación se concentra en la producción en serie de

soluciones tipificadas, es decir que manteniendo la misma concepción de la edificación se modifica su forma de producción. Cada elemento que se produce en fábrica esta concebido en función de un proyecto determinado y por lo tanto esta destinado a ocupar un lugar específico en la obra. Esta forma de concebir la prefabricación haciendo hincapié exclusivamente en las ventajas derivadas de una producción en fábrica, permite una gama limitada de soluciones. Esta concepción se deriva de aplicar mecánicamente el concepto de industrialización a un proceso de tipificación y racionalización de soluciones que venía realizándose desde tiempo atrás.

Frente a esta concepción se contraponen la idea de los Sistemas Constructivos, cuyas posibilidades combinatorias son significativamente mayores. Un conjunto de componentes menos determinados permiten el diseño de edificaciones diversas a partir de las opciones que las leyes de formación del sistema admiten, de esta manera cada edificación constituye una opción entre el cúmulo de posibilidades del sistema. El desenvolvimiento de los Sistemas Constructivos ha abierto las posibilidades del desarrollo de un mercado abierto de componentes. Podría decirse que esta posibilidad es aún un proyecto, pero que parece definirse como la tendencia más viable. La producción de componentes indeterminados todavía se encuentra en una etapa de desarrollo preliminar, encontrando su aplicación en los sistemas constructivos e incluso en las construcciones de tipo tradicional. Este proceso irá acompañado necesariamente de una modificación del sistema de comunicación de la industria de la construcción. Mientras en la primera etapa los catálogos funcionaban en forma independiente a medida que se plantea la generalización de los Sistemas Constructivos y los Sistemas Abiertos de Componentes, es cada vez mas necesaria la integración de los catálogos en un sistema nacional. Esta diferencia cualitativa y cuantitativa conducirá a una transformación similar en los sistemas de codificación y los catálogos de componentes producidos por el mercado, deberán integrarse en catálogos generales donde puedan determinarse sus posibilidades combinatorias.

Este tipo de catálogos no será mas complejo simplemente por el incremento de los componentes, sino por las posibilidades combinatorias que aportaría un mercado abierto de componentes, y por lo tanto por la necesaria definición de las leyes de formación de un conjunto tan variado.

CITAS

(1) Yehojachim Simon Brenner, citado por Werner Plum en: «La Revolución Industrial», pag. 88, ILDIS Ediciones Internacionales, 1978, Caracas Bogotá.

(2) Dickens, Ch. citado por Leonardo Benévolo en: «Historia de la Arquitectura Moderna», pag. 169, Ed. Gustavo Gili, Barcelona 1979

(3) Reichenbach, Georg, citado por Friedrich Klemm en «Historia de la Técnica», pag. 310, Ed. Luis de Caralt, Barcelona 1968

(4) Deforge, Yves, «Le graphisme technique», pag. 85 ss. Ed. Atelier, Reproduction des Thésés Université Lille III. 1976 Correspondencia entre Perier y Watt y Boulton a partir del establecimiento el 12 de febrero de 1779 de un contrato en cuyo artículo 11 se estipula: «Boulton y Watt se comprometen a proveer todos los planos, secciones y dibujos necesarios para los albañiles, carpinteros, fundidores y herreros que deberán preparar las diferentes partes de la maquina y a fabricar las partes que no pueden ser realizadas sino en Inglaterra y a proveer a Perier todas las indicaciones que sean necesarias para el montaje».

(5) Argan, Giulio Carlos «Proyecto y Destino», pag. 87. Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela 1969

(6) Monge, Gaspard, citado por Yves Deforge, op. cit pag. 220

(7) Giedeon, Siegfried, «Espacio, Tiempo y Arquitectura», pag. 172, Ed. Científico-Médica de Barcelona, 1968

(8) Ibidem, pág. 194

(9) Reuleaux, F. citado por Friedrich Klemm en «Historia de la Técnica» pag. 388, Ed. Luis de Caralt, Barcelona 1962

(10) Goeldy, A. citado por Friedrich Klemm, op. cit., pag. 391

(11) Giedion, Siegfried, «La mecanización toma el mando», pag. 65, Ed. Gustavo Gili Barcelona 1978

(12) Ford, Henry, citado por Siegfried Giedion, op. cit., pag 130

(13) Blancot, Hardy, Remy, Vilan, estudiantes «L'Usage des Catalogues d'Elements Industriels au debut du siècle» Techniques & Architecture Nr. 328, Dic. 79-Enero 80

(14) Giedion, Siegfried, op.cit. pag. 69

(15) Giedion, Siegfried, «Espacio, Tiempo y Arquitectura», pag. 362

(16) Waite, Diana S. «Architectural Elements», Ed. Bonanza Books NuevaYork.

(17) Ford, Henry, citado por Lewis Mumford «Técnica y Civilización» pag. 246, Ed. Alianza Madrid 1971.