

## 5. CONSTRUCCIÓN CON ELEMENTOS TIPIFICADOS SIMPLES

### 5.1. PRODUCCIÓN TIPIFICADA ABSTRACTA

La tipificación industrial utilizó inicialmente como modelos los tipos artesanales existentes, desde los que evolucionó con notable rapidez.

Los sistemas edificatorios más favorables a la industrialización eran sin duda los que utilizaban como material principal la madera, especialmente las estructuras y los cerramientos de huecos, donde la fundición, el hierro y posteriormente el acero demostraron su gran rendimiento. La actividad que dio impulso a la tipificación de estos sistemas fue el ferrocarril, cuyo rápido desarrollo exigió, no sólo largos tendidos de vías, construidas completamente con elementos tipificados seriados, sino también grandes construcciones a lo largo de sus recorridos (estaciones, almacenes, marquesinas, depósitos y viaductos) que aprovecharon las técnicas, los materiales, elementos y sistemas de cálculo introducidos por la nueva actividad.

La tipificación de la construcción ha evolucionado en la doble dirección expuesta. Por una parte hacia la definición de elementos complejos susceptibles de ser introducidos en la obra de forma inmediata y sencilla (paneles de cerramiento, divisiones, equipos, etc.), o constituyentes incluso de la totalidad de la obra o de una parte de ella (casas móviles, construcciones provisionales, cápsulas, módulos de servicio, etc.). Por otra mediante la adopción generalizada de elementos susceptibles de formas de utilización múltiples, incluso en distintos sistemas constructivos y subsistemas edificatorios (perfiles de distintos materiales, tableros laminados, placas de materiales compuestos, piezas auxiliares, chapas metálicas, juntas, etc.).

Ambas formas de tipificación, las que tienden a la constitución de unidades complejas de uso altamente especializado, y las que tienden a la obtención de materiales y elementos de utilización abierta no son en absoluto excluyentes y se llegan a confundir conceptualmente al modificar el entorno, como sucede con las estructuras y las máquinas. Muchos elementos de uso específico están formados por la adición de elementos genéricos y a su vez se transforman en elementos genéricos de un subsistema. Los acondicionadores de aire son un ejemplo claro. Formados por chapas, perfiles, llaves, tornillería, juntas, etc. tipificados, se convierten a su vez en elementos tipificados de uso genérico, que por otra parte pueden convertirse en elementos genéricos al haber muy diversas formas de utilización.

No se puede aseverar que el concepto tipo esté ligado al peso de forma general. Incluso en la actividad edificatoria el concepto abstracto tipo se refiere en muchos casos a aspectos desligados de la influencia del peso.

Sin embargo la tipificación exige una selección de modelos o tipos. No todos los elementos y sistemas tienen la misma potencialidad de rendimiento o capacidad de evolución.

La historia nos muestra como los tipos menos versátiles desaparecen incapaces de adaptarse a situaciones cambiantes. En muchas ocasiones el mantenimiento de la pureza del modelo, ha conducido a su destrucción, mientras que variantes suyas inicialmente torpes han dado origen a nuevos tipos (esta situación es evidente en el inicio de la arquitectura moderna).

La tipificación de elementos y sistemas constructivos en la consideración del proceso industrial de la edificación aparece actualmente ligada a una selección basada en el aligeramiento. Ya he señalado profusamente las razones que permiten considerar el aligeramiento como un factor de aumento de rendimiento, pero es quizás más elocuente observar como los sistemas constructivos pesados han retrocedido en su uso hasta ocupar parcelas específicas<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>No debe olvidarse el carácter relativo de la evolución. Cuando se hace referencia a la tendencia hacia el aligeramiento no se plantea un futuro únicamente construido con materiales de baja densidad, se hace referencia a la reducción total del peso de la construcción (los depósitos para agua construidos con hormigón armado sustituyeron otros más pesados construidos con piedra o ladrillo).

## 5.2. CATÁLOGOS

La tipificación alcanzó un grado de validez tan alto que en poco tiempo fueron habituales los catálogos en los que se ofrecían todo tipo de elementos constructivos tipificados, desde simples soportes de fundición hasta estructuras completas de puentes, viviendas, almacenes o casetas. El incremento del comercio a través de catálogos en todas las actividades fue tan grande que en pocos años se fundaron compañías dedicadas exclusivamente a él, con redes de distribución que abarcaban los cinco continentes.

La tipificación dio origen a los catálogos de productos.

Los catálogos, guías, etc. constituyen hoy día una herramienta fundamental e imprescindible para el proyectista.

Los catálogos alcanzan hoy día desde los componentes más abstractos, versátiles y simples hasta edificaciones completas domésticas o industriales.

## 5.3. ANTECEDENTES

### 5.3.1. Sistemas Balloom Frame y Platform Frame. Las Prairie houses

Un polo fundamental de la tipificación fue el sistema estructural basado en el entramado ligero de madera, desarrollado poco antes en Estados Unidos con el nombre de Balloom Frame, y cuyas derivaciones han sido más amplias y diferenciadas respecto a la metodología original, habiendo dado origen a multitud de soluciones para diferentes subsistemas edificatorios (estructuras, cerramientos, particiones, techos, etc.).

Los sistemas de entramado ligero de madera corresponden a una metodología afectada en gran medida por todos los factores del desarrollo industrial. Surgieron como consecuencia de la producción seriada de los elementos auxiliares utilizados (fundamentalmente clavos) y ha dado origen a la mayor parte de los sistemas de edificación producidos en serie. La sencillez de los sistemas redujo la importancia de la cualificación de los operarios, que fueron sustituidos por personal especializado.

La determinación de los parámetros de utilización no exigía cálculos laboriosos sino que se basaba en un breve compendio de normas de naturaleza empírica que se transformaron con rapidez en una metodología de diseño basado en la modulación generada por las normas.

Su desarrollo se debió sin embargo especialmente a la tipificación de las escuadrías de madera aserrada, que como en el caso de los perfiles de acero permitieron: una mayor flexibilidad en el diseño de las estructuras y el aprendizaje por aproximación empírica al funcionamiento real de los sistemas.

Utilización de tablas y datos tipificados producidos en serie.

Escuadrías de 4"x2", 6"x2", 4"x1" (en revestimientos, la longitud de las piezas es de  $\approx$  6m en el sistema Balloom Frame y de 3m en el Platform Frame).

La gran ligereza de las piezas permite una fácil manipulación.

Tareas de montaje sencillas y poco exigentes. Montaje muy rápido y seco.

Son el origen de gran número de sistemas constructivos actuales.

### 5.3.2. El hierro fundido y el vidrio

En honor a la verdad es preciso decir que ya habían aparecido esporádicamente elementos de hierro en la construcción desde épocas muy anteriores. Fue en Inglaterra donde se usaron por primera vez columnas de fundición, concretamente en la construcción de iglesias; era el año 1770. Tan sólo nueve años más tarde se levantó en Coalbrookdale (también en Inglaterra) el primer puente de hierro fundido. Era una estructura de algo más de 30 metros de luz, obra de Abraham Darby, T.F. Pritchard y John Wilkinson. Y ya en 1792 se empleó el hierro por primera vez en la estructura de un edificio de varias plantas, cuando William Strutt construyó una fábrica de tejidos de algodón (Calico Mill) de seis pisos en Derby.

A partir de esta época el desarrollo técnico de la construcción se produjo con gran rapidez en las grandes estructuras de puentes, estaciones de ferrocarril y edificios de grandes luces, campos de actuación de los ingenieros; mientras tanto, la construcción de edificios de pisos seguía una evolución más lenta y complicada.

Durante la primera mitad del s. XIX el uso de los elementos metálicos se aplicó solamente en edificios industriales, con el objeto de aumentar el espacio libre en las plantas y la resistencia de los forjados (exigencias requeridas por el tamaño y peso de la maquinaria).

Los pies derechos y las vigas se sustituyeron por columnas y jácenas de fundición.

Aunque ya antes del cambio de siglo se habrían levantado estructuras con elementos de fundición en su armadura interior, el edificio más notable de este tipo fue la fábrica Salford

(Manchester, 1801), de Matthew Boulton y James Watt<sup>2</sup>. Con siete plantas de altura, destacaba por sus dimensiones y por su madurez estructural, que la convirtieron en modelo de desarrollos posteriores.

El edificio contaba con unas primitivas viguetas de sección en I forjadas con bovedillas cerámicas. Sin embargo no se puede considerar el sistema empleado como un esqueleto entramado estructural, ya que las paredes de obra perimetrales y divisorias contribuyen en gran medida a la transmisión de las cargas verticales y absorben por completo las fuerzas horizontales. Por eso algunas normativas de la época exigían un aumento de la sección de los muros en su parte inferior.

Durante gran parte del siglo esta forma de construir se empleó en la mayoría de los edificios industriales y no sufrió ningún cambio considerable, aunque se incorporaron nuevos elementos y se mejoraron los materiales utilizados. Se introdujeron vigas de hierro (y posteriormente de acero laminado) en sustitución de las de fundición, se incorporaron forjados de acero, las columnas de fundición aumentaron su esbeltez y comenzó su producción en serie según catálogos de modelos, dimensiones y resistencias. Ya en 1829 Thomas Telford<sup>3</sup> y Philip Hardwick emplearon elementos metálicos de sustentación en las fachadas de los almacenes del muelle St. Katharine (Londres). Se trataba de soportes de fundición de gran diámetro que, en el fondo, eran una traslación directa de sus predecesores de piedra; sólo ofrecían ventajas respecto a estos por su peso, mucho menor, y por la posibilidad de realización en piezas únicas de dimensiones considerables.

El desarrollo posterior de la estructura de hierro en Inglaterra llegó a hacer posible su uso en el exterior de los edificios, eliminando la necesidad de muros pesados de fábrica. Es el caso de la estación de bomberos de los astilleros de Portsmouth (1844); en ella el armazón de hierro se dejó visto en el exterior, al colocarse el cerramiento al interior de la estructura.

Sin embargo, el paso definitivo hacia la construcción con esqueleto metálico, la sustitución total de las paredes portantes por estructuras de entramado, tardaría aún en producirse. Al tiempo que la industria británica se esforzaba en resolver los problemas técnicos de las estructuras de hierro para poder explotar su potencial arquitectónico, surgían las primeras voces oponiéndose al uso generalizado del material.

Por una parte, se prohibió el uso del hierro expuesto al exterior<sup>4</sup>, por otra, comenzó un movimiento de exaltación de lo medieval y de oposición a la Revolución Industrial, encabezado por John Ruskin. En su libro *Las Siete Lámparas de la Arquitectura* (1849) proclamaba:

*"(...) que la arquitectura no admite el hierro como material constructivo, y que obras como los pilares y cubiertas (...) de hierro fundido de nuestras estaciones de ferrocarril, y de algunas de nuestras iglesias, no son en absoluto arquitectura"<sup>5</sup>.*

<sup>2</sup>Se trata del mismo James Watt que desarrolló la máquina de vapor.

<sup>3</sup> Telford había adquirido experiencia como constructor de puentes desde finales del siglo XVIII.

<sup>4</sup> En 1844 se revisó la ordenanza de la edificación de Londres para aumentar las exigencias de resistencia al fuego en los edificios de almacenaje. Como veremos en otros ejemplos (V. pp. 37, 39-41, y 43), las ordenanzas de edificación han tenido una influencia considerable en el desarrollo de las estructuras de hierro en distintos países y épocas.

<sup>5</sup> Citado en LARSON, G.R.: "The Iron Skeleton Frame: Interactions between Europe and the United States", en ZUKOWSKY, J. (ed.): *Chicago Architecture 1872-1922. Birth of a Metropolis*, Munich, Prestel-Verlag, 1987, p. 40.

La acción combinada de estos criterios técnicos y estéticos obligaron a ocultar la estructura de hierro en el interior de los muros de fábrica, protegiendo de su imagen nueva las calles de Londres.

Sin embargo, la corriente conservadora y nostálgica no pudo impedir la construcción, con motivo de la Exposición Universal de 1851 en Londres, de una de las obras cumbres de la construcción metálica, e incluso de toda la arquitectura moderna: el Palacio de Cristal (Crystal Palace), de Joseph Paxton. Quizás contribuyera a vencer las resistencias existentes el carácter temporal del edificio, o el hecho de que el proyecto de Paxton hacía posible su construcción en el breve plazo previsto, de cualquier modo, hay que destacar el entusiasmo con que fue recibido por el público en general nada más publicarse en la prensa londinense<sup>6</sup>.

La construcción del Crystal Palace en 1851 supuso la popularización de la construcción tipificada. El alto grado de tipificación utilizado en ella no ha sido superado posiblemente en ningún otro edificio. El número de elementos tipológicos diferentes era mínimo al utilizar una modulación y una normalización estricta en todo el edificio. Incluso se llegó a sofisticaciones, como la variación de los espesores de la pared de los elementos con objeto de evitar la introducción de elementos diferentes; con ello se evitaban además variaciones en otros elementos complementarios, como los vidrios, sistemas de ventilación, paneles, etc.

Cuando Paxton hace su proyecto de palacio de exposiciones actúa como catalizador de unos factores de construcción hasta entonces inconexos, de una potencialidad no probada, para dar lugar no sólo a un edificio espectacular y modélico, sino a una teoría de la construcción<sup>7</sup>.

Hasta entonces las innovaciones habían afectado a la construcción tradicional de forma importante pero parcial, integrándose en soluciones tecnológicas heterodoxas. Paxton aplicó sus conocimientos sobre construcción de invernaderos<sup>8</sup>, posibilidades de la industria, ventajas de la modulación y avances de las instalaciones hidráulicas y mecánicas para modificar las condiciones de un ambiente de modo global. El resultado es una demostración de las nuevas posibilidades, la solución a un problema arquitectónico en términos tecnológicos.

El carácter de Paxton se refleja perfectamente en la propuesta que presentó a la Comisión Real. Consistía principalmente en la descripción de los elementos constructivos, su fabricación y su ensamblaje, y sobre todo en la exposición de un programa de construcción.

El planteamiento era tan claro y tan simple que en sólo ocho días desarrolló el diseño preliminar. El volumen era de gran rotundidad, y estaba formado por tres paralelepípedos escalonados y abiertos al exterior por medio de pórticos de gran altura; posteriormente se añadió una nave transversal cubierta por una bóveda. El conjunto tenía una base rectangular de 1.848 por 408 pies (aproximadamente 563 por 124 metros), con una nave adosada al norte de 936 por 48 pies (285 por 15 metros). Se basaba en una retícula modulada según la distancia entre los soportes de la envolvente exterior, que era de 8 pies (unos 2,45 metros). El módulo base del espacio interior abarcaba tres veces esa distancia; la separación resultante entre pilares interiores era siempre múltiplo de 24 pies (unos 7,3 metros).

La elección de un módulo de 8 pies se debió a importantes razones relacionadas con la estructura y, sobre todo, con el tamaño y la seriación de los elementos constructivos.

La tipificación y modulación del edificio permitieron la reducción del número de elementos diferentes, lo cual ofrecía dos grandes ventajas. Por un lado se obtuvieron grandes economías en la fabricación de moldes y en el tiempo de realización<sup>9</sup>; por otro se pudo llevar a cabo un estudio exhaustivo de cada pieza, lo que permitió la optimización del material al límite y un conocimiento más preciso de su comportamiento<sup>10</sup>.

<sup>6</sup> RAGON, M.: Historia mundial de la arquitectura..., tomo I, p. 106.

<sup>7</sup> Como señala Kenneth Frampton, "el Crystal Palace no era tanto una forma particular como un sistema de construcción, puesto de manifiesto como sistema total" (Historia crítica de la arquitectura moderna, Ed. Gustavo Gili, México D.F., 1983, p. 34).

<sup>8</sup> Paxton no tenía formación como arquitecto o ingeniero; su experiencia constructiva anterior se ceñía al diseño de grandes invernaderos.

<sup>9</sup> La estructura completa se ensambló en sólo cuatro meses.

<sup>10</sup> Se prepararon prensas en las que se comprobaba la resistencia real de cada pieza a las solicitudes de cálculo en sólo unos minutos, permitiendo la verificación de las fórmulas, coeficientes y tensiones aplicados.

En lo que se refiere al cerramiento, estos estudios demostraron que se obtenía la mayor economía usando paneles de vidrio del máximo tamaño posible; por ello se escogieron las piezas más grandes del mercado, con unas medidas de 12 por 49 pulgadas (30,47 por 124,42

cm), empleadas tanto en cierres verticales como en la cubierta. Su anchura era exactamente un pie (1/8 del módulo), mientras que su longitud permitía que al colocarlas inclinadas de dos en dos a dos aguas cubrieran exactamente la distancia de un módulo de 8 pies.

Las piezas de vidrio se ensamblaban mediante elementos de madera, de modo que la cubierta era una gran superficie con dientes de sierra de poca altura. Su colocación se hizo desde una plataforma móvil, estudiada de forma que los operarios nunca se situaban sobre las piezas de vidrio.

La tipificación también se aplicó a los elementos estructurales, aunque ello no significó un sobredimensionamiento de aquellos cuya sollicitación era menor. En cada caso se estudió cómo adecuar la resistencia (y por tanto la cantidad del material) a la carga, facilitando la fabricación y el montaje. Por ejemplo, las columnas de fundición eran huecas y, aunque eran exteriormente iguales, tenían diferente sección de pared; así el material era el mínimo necesario. El diseño de la base y el capitel obedecía a criterios técnicos, de modo que permitieran el enlace con distintos tipos de vigas.

Con lo visto hasta ahora, queda claro (como señala Wachsmann<sup>11</sup>) que el esquema de Paxton se desarrollaba mediante la adición seriada e indefinida de un conjunto muy reducido de elementos constructivos; sin embargo, no se debe entender que el edificio surgió como simple agregación de elementos modulares. La elección del sistema estructural fue fundamental.

El módulo adoptado permitió usar vigas de celosía de fundición de canto muy pequeño (3 pies, unos 90 cm.) en la mayor parte de los elementos estructurales horizontales; con otros materiales más tenaces (madera y hierro forjado) se pudieron salvar luces mayores manteniendo el canto. Además, las vigas de celosía que soportaban la cubierta y las plataformas internas a distintas alturas constituían el principal sistema de arriostramiento, al tiempo que con su inercia, mayor que la de los soportes, liberan a estos de sollicitaciones inadecuadas. La propia sección, sencilla y limpia, demuestra cómo la estructura fue importante desde los primeros esbozos, y cómo desde ellos se avanzó hacia el aligeramiento y la lógica estructural.

De cualquier modo, y aunque el objeto de este estudio es el análisis técnico (y quizás por ello racional y frío) de la construcción del Palacio de Cristal, no se pueden olvidar sus valores espaciales y la impresión que debía provocar; aspectos ambos muy relacionados, como no podía ser de otro modo, con sus valores técnicos. Ante la imagen de un prisma de vidrio que surge de entre los árboles, limpio y solemne, es inevitable la sensación de que el edificio se esfuma en una sucesión indefinida de ritmos constantes. La sensación es aún mayor si cabe en las imágenes del interior; gracias a ellas podemos también evocar la tensión y el dinamismo que debían sugerir los cruces de galerías y las inmensas perspectivas que parecen no tener fin. Si los grabados de la época hacen justicia a esta magnífica obra, pasear por ella debió ser una experiencia difícil de superar aun hoy.

El Palacio de Cristal aportó una nueva visión de la arquitectura-construcción. No había nuevos materiales, tampoco un nuevo sistema constructivo, ni siquiera elementos auxiliares destacables en sí mismos. Fue el triunfo de la racionalidad científica de la idea apoyada en planteamientos técnicos, y tuvo como resultado el triunfo de la propia idea. Fue, en fin, un paso fundamental en los caminos de la industrialización y el aligeramiento constructivo.

Desgraciadamente, y a pesar de la notable influencia que tuvo como modelo para la arquitectura expositiva posterior, los principios esenciales del Palacio de Cristal no se entendieron en una sociedad no preparada para cambios radicales de la teoría compositiva y constructiva. Por ello no puede considerarse sino como una excepción en el panorama ecléctico e historicista de la arquitectura-construcción británica en la época de la reina Victoria<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> WACHSMANN, K.: The Turning Point of Building, p. 14.

<sup>12</sup> Esto se manifiesta en la trayectoria posterior de Paxton, que olvidó sus avances en la modulación y la seriación para dedicarse a perfeccionar sistemas de cobertura, ventilación y calefacción, y en la reconstrucción del Palacio en Sydenham (1852). Realizada por el propio Paxton, en ella se buscaron otros valores arquitectónicos distintos, como la simetría y la monumentalidad. Esto obligó a modificaciones que hicieron que el coste se disparase, y sobre todo, que el nuevo edificio perdiese su carácter ilimitado y evanescente, a pesar de ser superficialmente semejantes al primitivo.

Aunque después de la Exposición Universal se levantaron en Gran Bretaña ejemplos interesantes de construcción metálica (casi sin excepción en el campo de la ingeniería: puentes, edificios industriales, estaciones...), la exploración de las nuevas posibilidades técnicas tuvo lugar sobre todo en Francia; la programación del proceso edificatorio y el uso de estructuras metálicas en edificios de pisos se desarrolló en Estados Unidos; y la coordinación modular encontraría sus primeros seguidores a partir de los años 20, con la Bauhaus de Walter Gropius.

### **El hierro y la grandeur. Francia en el Segundo Imperio**

La proclamación del Segundo Imperio en Francia y la consiguiente coronación de Napoleón III en 1852 marcaron el inicio de profundos cambios en la estructura socioeconómica del país. En adelante Francia se iba a distinguir por una fuerte expansión en todos los campos, especialmente el financiero y el de las realizaciones en obras públicas, con la construcción de redes de transporte ferroviario, canales, carreteras y grandes edificios de uso público. Como consecuencia, se puede decir que en cierta manera tomó el relevo a Inglaterra en el avance de las posibilidades de la construcción metálica.

Un ejemplo de este cambio de mentalidad fue el proyecto y construcción del mercado central de Les Halles en París. Varios años antes Víctor Baltard había realizado un proyecto con muros de carga de obra que se estaba construyendo desde 1851. Obedeciendo según parece a la presión de una opinión pública desfavorable, Napoleón III ordenó parar las obras en 1853 cuando casi habían concluido. Siguiendo las consignas del emperador, el barón Georges-Eugène Haussmann<sup>13</sup> (nuevo Prefecto del Sena), dio nuevas instrucciones al arquitecto. Su idea consistía en realizar galerías de hierro y cristal, y se resumía en una frase: "hierro, hierro, nada más que hierro"<sup>14</sup>.

Hubo un nuevo concurso y se seleccionó el nuevo diseño de Baltard, que iba a ser el primer edificio francés completamente realizado con estructura metálica. En él las columnas de fundición exteriores quedaron expuestas y se conectaban a las cerchas metálicas de cubierta, rigidizadas en forma de arco; ello liberaba a la estructura de la dependencia de la albañilería para su estabilidad.

La clara posición imperial en el caso de Les Halles tuvo un efecto inmediato en las conservadoras costumbres constructivas francesas, surgiendo pronto partidarios del uso del hierro. Entre ellos destacó Louis-Auguste Boileau, cuyo ensayo sobre el tema *Nouvelle forme architecturale* se publicó ya en 1853. Dos años más tarde aplicaba su teoría a la iglesia de Saint Eugène de París. La estructura era un entramado independiente de hierro, pero estaba rodeado por un muro no portante de albañilería construido alrededor de las columnas de hierro perimetrales, ocultándolas del exterior.

Sin embargo, al igual que sucedió en Inglaterra con Ruskin, la utilización expuesta del hierro recibió los ataques de numerosos críticos. Quizá el más relevante (teniendo en cuenta la evolución posterior de su pensamiento<sup>15</sup> y su repercusión) fue Viollet-le-Duc, que se oponía al hierro visto en edificios públicos. Además de razones filosóficas señalaba que las variaciones de temperatura podrían producir "(...) la caída de los tornillos como si fuesen granizo, y durante la lluvia, una ducha de óxido"<sup>16</sup>.

Siguiendo también el precedente inglés, y dentro del clima internacional marcado por la competición en la celebración de grandes ferias, Francia organizó la Exposición Universal de 1855. Dentro de ella se convocó en 1853 un concurso para el Palacio de la Industria.

El ambicioso proyecto de J.M.V. Viel podría haber sido el primer edificio construido en Francia con una estructura estable realizada únicamente con hierro, ya que se sustituía toda la albañilería exterior por paneles de fundición y vidrio<sup>17</sup>. En la realización, a fin de reducir costos, las piezas de fundición se reemplazaron por fábrica de albañilería (más económica); sin embargo esta no tenía

<sup>13</sup> El barón Haussmann tuvo un papel capital en el desarrollo de París, que trascendió a su época y ha llegado hasta nuestros días.

<sup>14</sup> LARSON, G.R.: "The Iron Skeleton Frame..." en ZUKOWSKY, J. (ed.): *Chicago Architecture 1872-1922*, p. 42.

<sup>15</sup> Véase el apartado "Apoteosis de los ingenieros: Eiffel y compañía" en este mismo capítulo.

<sup>16</sup> LARSON, G.R.: "The Iron Skeleton Frame..." en ZUKOWSKY, J. (ed.): *Chicago Architecture...*, p. 42.

<sup>17</sup> Mientras en Gran Bretaña se investigaban sistemas de rigidización metálicos, en Francia se confiaba aún el arriostramiento y la absorción de esfuerzos horizontales a muros de fábrica.

función estructural. La estructura propiamente dicha era más atrevida que la del Palacio de Cristal de Paxton; la luz máxima era de 48 metros, muy superior a los casi 22 metros (72 pies) de aquel.

La figura que mejor expresa todas estas vacilaciones y contradicciones en la transición de la construcción tradicional a la metálica es Henri Labrouste; que tuvo un papel destacado en la evolución de la arquitectura francesa.

Ya en 1843 (antes del Segundo Imperio) había comenzado la construcción de su Biblioteca de Sainte Geneviève<sup>18</sup>. Este edificio supuso un punto de encuentro entre el academicismo neoclásico, el uso clásico del espacio (conocido por Labrouste en Roma) y la evolución técnica. El resultado fue un contenedor clásico de piedra que oculta un espacio interior ecléctico; en él la pesada y rígida simetría clásica se transforma por la propia organización, que toma forma en una esbelta y liviana estructura de hierro fundido y en ligeras bóvedas.

Labrouste avanzó en esta misma línea en su obra más destacada: la Biblioteca Nacional (París, 1858). Aquí la complejidad aumentó, porque se actuaba sobre un conjunto existente y porque por primera vez se creó un espacio específico para almacén de libros, independiente de la sala de lectura<sup>19</sup>. Se usó la misma concepción espacial que en St. Geneviève en la nueva sala de lectura, si bien con un carácter más estático y adireccional, debido al uso de cúpulas y a la iluminación cenital. Pero fue en el depósito de libros donde Labrouste desarrolló una arquitectura de hierro verdaderamente singular. Con la excepción de los muros exteriores todo elemento fijo está realizado allí con hierro fundido: la estructura principal, las estanterías, las pasarelas e incluso las piezas del suelo de los pasillos elevados.

A diferencia de la sala de lectura, donde los elementos estructurales aparecen ornamentados, todas las piezas en el depósito de libros son lisas y carecen de cualquier tipo de adorno. Esto hace que tenga un carácter absolutamente moderno.

La Biblioteca Nacional de París es un buen ejemplo de la actitud de la época hacia la nueva construcción. Aunque su desarrollo avanza y se aprovechan sus ventajas en diversos tipos de edificios, sólo en aquellos en los que predomina el componente funcional (mercados, pabellones, etc.) se manifiesta la estructura metálica de forma limpia y depurada, como en el depósito de libros. En cambio en los edificios y espacios representativos, como la sala de lectura, la estructura se adorna o incluso se tapa con obra de fábrica. A causa de valores sociales y culturales, los arquitectos-constructores no llegan aún a librarse de los obstáculos en el camino del aligeramiento.

### **Cruzando el Atlántico. Primeras construcciones en Estados Unidos**

Durante el siglo XIX tuvo lugar el gran éxodo de población de Europa a América, y especialmente a los Estados Unidos. Las cifras anuales de inmigración fueron en aumento, hasta alcanzar su máximo en los últimos años del siglo y los primeros del XX. Millones de personas buscaron en ese país relativamente joven, un lugar para mejorar su forma de vida, para instalarse y prosperar.

Pero no sólo se desplazaron los hombres; también las ideas cruzaron el Atlántico. Los contactos entre ambos continentes se hicieron cada vez más frecuentes. A ello contribuyeron los nuevos medios de comunicación y transporte y también las Exposiciones Universales como foros donde cada país exhibía las muestras de su progreso.

No es extraño por lo tanto que la nueva tecnología de la construcción metálica llegase por esta época a los Estados Unidos, donde se instaló y más adelante prosperó hasta alcanzar niveles muy destacados. El principal responsable de esta "inmigración tecnológica" fue James Bogardus, un emprendedor fabricante de maquinaria que conoció la construcción de hierro durante un viaje a Europa entre 1836 y 1840.

Ya se ha mencionado que los posibles riesgos de la estructura metálica expuesta habían llevado a la modificación en 1844 de las ordenanzas de Londres. Pues bien, justo al año siguiente la ciudad de Nueva York sufrió su segundo gran incendio en diez años. Y así como en Londres se llegó a prohibir la construcción vista de hierro, el fuego de Nueva Cork animó a Bogardus a proponer en 1847 la construcción de una fábrica nueva de cuatro plantas, con un exterior constituido únicamente por vidrio y fundición "incombustible".

<sup>18</sup> Este fue el primer edificio dedicado exclusivamente a tal fin.

<sup>19</sup> El gran incremento de la producción literaria en el s. XIX planteó la necesidad de organizar depósitos de libros con capacidad superior al millón de ejemplares.

Tres años más tarde Bogardus patentó un sistema de construcción prefabricada de hierro parecido a los que se estaban desarrollando en Inglaterra en aquella época, pero que incorporó un importante avance respecto a los que se venían usando en Estados Unidos. Las uniones apoyadas se sustituían por uniones articuladas mediante pasadores, los cuales aportan suficiente rigidez como para que no fuera necesario un arriostramiento adicional mediante diagonales o muros de fábrica.

Otra consecuencia del incendio de Nueva York fue la reorganización de los distritos de bomberos en la ciudad; se crearon varios nuevos, y en ellos fueron necesarias torres de vigilancia adicionales. Para su construcción Bogardus propuso en 1850 el uso de su fundición “incombustible” y construyó en 1853 un prototipo de 30,5 metros de altura y seis plantas.

Estos trabajos le sirvieron de base para su proyecto de palacio de cristal en 1852, propuesto con motivo de la Exposición Universal de Nueva York de 1853.

Se trataba de un pabellón de planta circular organizado en torno a una torre central escalonada con una altura de casi 92 metros. En esta inteligente propuesta se aprecian las influencias del Palacio de Cristal de Joseph Paxton y al mismo tiempo la del proyecto de Decimus Burton para su reconstrucción<sup>20</sup>; ambos se habían difundido ampliamente. El proyecto de Bogardus, que no fue seleccionado, es posiblemente la propuesta de palacio de cristal más entroncada en la línea teórica y tecnológica de Paxton. A pesar de que el esquema radial planteaba mayores problemas de tipificación, en ambos casos se valoró la capacidad de producción aprovechando los procesos industriales. Además, los dos se basaban en esquemas abstractos de límites indefinidos, fuera de las rígidas composiciones formales contemporáneas.

Tampoco hay que ignorar que, pese al interés que tiene el edificio de Bogardus, en su boceto no se aprecian avances considerables respecto al diseño de Paxton; en cambio sí se intuyen problemas en sus elementos de cubierta y cerramiento. En cuanto a la solución estructural, Bogardus debió sugerir vigas de alma llena formando pórticos rígidos con los soportes, solución de mayor estabilidad pero posiblemente más pesada que la de Paxton.

El ingenio de Bogardus también se aplicó en otros tipos de construcciones. Mientras el uso de elementos singulares de hierro en fachadas se hacía cada vez más frecuente, la fachada de su edificio para la editorial Harper & Brothers (Nueva York, 1854) está compuesta por elementos de fundición, con un esqueleto interior de acero semejante a los de los edificios industriales ingleses.

En su torre para la compañía McCullough Shot and Lead (Nueva York, 1855) dio un nuevo paso en la separación de la estructura de hierro y los muros de albañilería en edificios de plantas. Era una torre octogonal de unos 53 metros y ocho plantas que contaba con un esqueleto ligero de hierro. El cerramiento de fábrica, con un espesor de 30 cm., se apoyaba sobre las vigas en cada nivel. Esta nueva solución, además de reducir la carga sobre los cimientos, permitía prescindir del cerramiento de la planta baja durante la construcción, lo que facilitaba las obras. El sistema tuvo un éxito indudable, ya que un año más tarde Bogardus construía una torre similar para Tatham & Brothers<sup>21</sup>.

Bogardus se convirtió así en el primer proyectista de estructuras de entramado de hierro que sustentaban el cerramiento de albañilería. Tuvo también un papel importante como introductor y propagandista de las nuevas técnicas y sus aportaciones al diseño de las estructuras de pisos fueron fundamentales para la evolución posterior.

La elevada resistencia a compresión del hierro fundido (o colado) permitió su utilización estructural sustituyendo elementos pétreos y de madera, aportando gran reducción de volumen y estilización formal.

La producción de elementos de diferentes dimensiones exigía la utilización de moldes también distintos y fundamentalmente el mantenimiento de grandes cantidades de productos almacenados para poder satisfacer las demandas con diligencia.

Cualquier especificidad de un elemento exigía la realización de un nuevo molde.

<sup>20</sup> Antes de dismantelar el Palacio de Cristal de Londres se convocó un concurso de proyectos que aprovecharan los elementos constructivos empleados. La propuesta de Burton consistía en una altísima torre escalonada. Respecto a la reconstrucción definitiva del pabellón.

<sup>21</sup> Aunque su trascendencia es menor que la de Bogardus, es justo mencionar a su principal competidor, Daniel Badger. Se especializó en almacenes y edificios industriales y comerciales, y en su empresa de Nueva Cork trabajaron en la década de 1850 dos personajes interesantes que aparecerán más adelante: George H. Jonson y John M. Van Osdel.



La exigencia de aumento de sección para satisfacer los requisitos mecánicos se resolvía mediante un aumento de espesor hacia el interior de la sección de los elementos. Un aumento de las cargas importante exigía la realización de un nuevo molde.

Los grandes invernaderos, las estaciones y puentes, el ferrocarril, los mercados y los palacios de exposiciones constituyen las tipologías en las que se utilizó el hierro fundido con más profusión, aunque es posible encontrar elementos realizados con él en una gran parte de la arquitectura anónima.

### 5.3.3. Perfiles y chapas de acero laminado

Esta tipificación de elementos listos para montar producía elementos integrables en conjuntos cerrados, de variedad limitada, o exigía su utilización en construcciones no tipificadas, en las que los sistemas tradicionales permitían por su mayor flexibilidad un uso "asistemático".

Pero la tipificación se produjo también en otra dirección, menos espectacular pero más eficaz. La introducción de los procesos de laminación del hierro y del acero tuvo consecuencias fundamentales en la evolución del desarrollo de la construcción moderna, en mayor medida de lo que habitualmente se considera.

La laminación introdujo por primera vez elementos cuyas características eran independientes de los requisitos o arbitrariedades de un proyecto determinado, cuya forma dependía exclusivamente de la adecuación mecánica a solicitaciones abstractas y cuyas longitudes de uso eran independientes en gran medida del proceso de fabricación. Aparte de su mayor resistencia a solicitaciones de tracción y de flexión los nuevos elementos permitían una variación en las formas al no depender la producción de la utilización de costosísimos moldes.

El desarrollo de la técnica de unión mediante roblonado y la evolución de las fórmulas de cálculo impulsaron el gran desarrollo de las estructuras y de la arquitectura de hierro a finales del siglo XIX y comienzos del XX<sup>22</sup>.

La laminación produjo con gran rapidez palastros, pletinas y perfiles en L atendiendo las primeras solicitudes de la construcción, además de los perfiles propios del ferrocarril, cuya sección era de I asimétrica. La tipificación de los perfiles se produjo con rapidez y el perfil en I simétrico se registraba ya en 1844. Estos elementos, junto con la viga de celosía, desarrollada en Estados Unidos para puentes de madera, modificarían el vocabulario estructural de la arquitectura.

### Apoteosis de los ingenieros: Eiffel y compañía

El impulso experimentado en Francia por la construcción metálica continuó durante todo el Segundo Imperio. En los primeros años de la década 1860-70 surgió una nueva generación de diseñadores en hierro dispuestos a imponer el uso del hierro en el exterior de los edificios, desafiando incluso la ordenanza de edificación de París. Sus intentos contaron con las bendiciones del influyente Viollet-le-Duc, que había pasado de oponerse al uso del hierro a ser su mayor defensor<sup>23</sup>.

En su obra *Entretiens sur l'architecture* (1863-72), además de hacer encendidos elogios del nuevo material y sus posibilidades, incluyó varias láminas ilustrativas de su uso, relacionándolo con su visión de la construcción medieval europea. En estos ejemplos la estructura estaba contenida en un plano de cerramiento formado por piezas cerámicas (pan de fer), que están claramente emparentadas con algunos sistemas de protección contra el fuego de la época.

<sup>22</sup> "Hasta principios de la década de 1850, las estructuras metálicas estaban hechas con piezas de fundición de molde ensambladas mediante pernos o chavetas (...). El descubrimiento casi simultáneo de la pudelación (un procedimiento de purificación del hierro colado) y del laminado, que permitía obtener perfiles de hierro de distintas formas a un coste competitivo, marcó definitivamente el despegue de la construcción metálica (...).

En lugar de los ensamblajes que exige la fundición, los perfiles de hierro estandarizados son ensamblados mediante roblones introducidos en caliente en agujeros realizados precedentemente, que al enfriarse unen sólidamente las piezas". (LEMOINE, B...: Gustave Eiffel. Editorial Stylos, S.A., Barcelona, 1986, p. 21).

<sup>23</sup> La opinión de Viollet-le-Duc era tenida en cuenta por Napoleón III, y llegó a ser el arquitecto favorito de la emperatriz Eugenia. Respecto a sus opiniones anteriores sobre el hierro, véase la p. 34 de este mismo capítulo.

Paralelamente se abrió un nuevo campo de actuación para la estructura metálica con la aparición de los grandes almacenes y galerías comerciales, un nuevo tipo de edificio del que se construyeron importantes ejemplos en Europa y América en todo el siglo XIX (e incluso ya entrado el XX).

En 1869 L.A. Boileau<sup>24</sup> fue el encargado de proyectar los grandes almacenes Du Bon

Marché, que se debían construir con hierro y vidrio. Su hijo Louis-Charles, también arquitecto, propuso que todo el edificio tuviera únicamente estructura metálica; finalmente las columnas exteriores se construyeron de piedra, pues se desconfió de la estabilidad de la estructura de hierro.

La aplicación práctica más fiel de las propuestas teóricas de Viollet-le-Duc tuvo lugar curiosamente en 1871 (un año después del fin del Imperio) y fuera de París, en Noisiel-sur-Marne. Se trata de la fábrica de chocolate Menier, obra de Jules Saulnier.

El edificio está construido sobre los cuatro grandes pilares de piedra de una presa existente en el río. Su estructura descansa sobre dos vigas cajón apoyadas en dichos pilares y voladas en los extremos, las cuales transmiten las cargas del edificio y del empuje del viento.

No existen paredes interiores (que dificultarían el uso de las plantas) y las fachadas laterales en vuelo no son capaces de resistir esfuerzos horizontales de viento. Por ello, y para arriostrar la estructura, Saulnier ideó un sistema de rigidización en el exterior basado en una retícula rómbica de diagonales vistas, que ata los pies derechos y se recoge en las esquinas en una viga de celosía vertical. El cerramiento de ladrillo, de poco espesor (18 cm.) llena los entrepaños, y el tamaño de los huecos queda determinado por la retícula rómbica. El arriostramiento transversal se resuelve mediante el acartelamiento de las vigas en su unión con los soportes, formando pórticos de gran rigidez. Los forjados, de viguetas de hierro forjado y bóvedas de fábrica, se apoyan en las vigas transversales y los soportes interiores.

La construcción ligera utilizada en la fábrica Menier estableció un vínculo innegable entre los sistemas estructurales tradicionales de madera, expuestos por Viollet-le-Duc, y los de la construcción metálica moderna. En ella se anticipan soluciones constructivas como los edificios puente, las esquinas voladas, el arriostramiento mediante diagonalización exterior y los cerramientos ligeros. Sin embargo, este sistema no tuvo continuidad, quizás debido a las condiciones peculiares del edificio, y sólo en tiempos próximos aparecen soluciones arquitectónicas semejantes.

Contra lo que cabría esperar, la derrota de Francia en 1870 en la guerra franco-prusiana y la subsiguiente caída del Segundo Imperio no supuso un frenazo en la iniciativa francesa en cuanto al desarrollo de las estructuras metálicas. La década de los 70 trajo consigo el establecimiento de firmas de ingeniería, algunas de las cuales alcanzaron gran prestigio. Este fue el caso de Gustave Eiffel, ingeniero-constructor especializado en puentes.

En 1875 su empresa alcanzó fama internacional merced al éxito de dos importantes obras: el puente de María Pía sobre el Duero en Oporto y la estación ferroviaria de Pest en Hungría.

El puente, proyectado por Théophile Seyrig (ingeniero socio de Eiffel), debía salvar los 150 metros de distancia entre las orillas escarpadas del Duero, y constituyó un espléndido estudio de adaptación de la forma estructural a las solicitaciones previstas. Está formado por un tablero rectilíneo que se apoya en un gran arco y en varios pilares. La forma de croissant del arco es favorable para la resistencia a los esfuerzos disimétricos<sup>25</sup>.

El proyecto se enfrentó en un concurso a otras tres propuestas también interesantes, con la diferencia de que resultaba mucho más barato (casi tres veces respecto a la propuesta más cara). Esta diferencia se consideró tan asombrosa que se nombró una comisión para revisar los cálculos; su informe favorable decidió la construcción del proyecto de Eiffel y Seyrig, realizado enteramente en hierro roblonado, sin elementos de fundición.

El contrato de la estación de Pest significó para la construcción metálica un paso más hacia la liberación del formalismo academicista a favor del aligeramiento constructivo. Con un esquema basado en las grandes estaciones de París, su mayor

<sup>24</sup> L.A. Boileau había defendido anteriormente la construcción metálica. Véase p. 33 de este mismo capítulo.

<sup>25</sup> B. Lemoine recoge una descripción del puente en palabras del propio Seyrig. Véase LEMOINE, B.: Eiffel, p. 46.

innovación fue la aparición al exterior de la fachada vidriada completa de la gran nave, sólo precedida de un pórtico formado por una ligera estructura metálica.

El año 1878 señaló la definitiva adaptación en Francia de la construcción metálica vista: las nuevas ordenanzas de París autorizaron la utilización de estructuras de hierro expuestas al exterior. Aprovechando esta nueva libertad Eiffel realizó el año siguiente (conjuntamente con Louis-Charles Boileau) la ampliación de los grandes almacenes Du Bon Marché, una obra maestra de la estructura metálica en edificación. Diseñada en hierro forjado, la estructura reforzaba el carácter continuo del espacio, algo nuevo en la edificación de pisos.

Otra obra interesante en este mismo campo son los grandes almacenes Printemps (París, 1881-89) de Paul Sédille. Toda su estructura, realizada con hierro forjado roblonado, circunda un gran espacio central con lucernario; y a pesar de su ligereza posee una rigidez total, gracias a las cartelas existentes en las uniones de jácenas y soportes. La planta muestra la evolución experimentada en este tipo de edificios: se había pasado de una organización lineal y rígida en torno a patios (típica de estructuras con muros de carga) a una malla abstracta.

Mientras tanto Eiffel siguió obteniendo éxitos en todo el mundo construyendo puentes y perfeccionó cada vez más sus soluciones estructurales haciéndolas más ligeras. Cabe citar entre otros los viaductos de Garabit (1879-80) y el de Evaux sobre el río Tarbes (1881), ambos en Francia. En ellos se emplearon triangulaciones aligeradas mediante vigas de celosía espaciales.

Resulta significativo comparar los puentes de Eiffel con otro contemporáneo: el puente sobre el estuario del río Forth (Firth of Forth) en Escocia, obra de Benjamin Baker y John Fowler entre 1883 y 1889.

Con dos kilómetros y medio de longitud, está construido usando tubos circulares (fabricados con chapas curvas moldeadas y roblonadas) en sus miembros comprimidos, y cajones en celosía en los elementos traccionados. La solución se adapta perfectamente a su función y a las solicitaciones resultantes, y no se puede negar que la forma obtenida tiene fuerza; pero contrasta por su pesada robustez con las estructuras de Eiffel.

Sobre él escribía K. Wachsmann:

“El puente sobre el Forth sólo es aceptable como ejemplo de la disolución de la masa si se considera en los términos de su propia escala sobrehumana. Los elementos individuales, aunque huecos, equivalen a una masa sólida y pesada, especialmente cuando se comparan con otras estructuras del mismo período. Esto se aprecia fácilmente, por ejemplo en la Torre Eiffel”<sup>26</sup>.

La que se conoce actualmente como Torre Eiffel fue concebida y construida como símbolo de la Exposición Universal de París de 1889. Una vez más una de estas exposiciones era motivo de grandes realizaciones en la construcción metálica.

Aparte de la Torre, hay que destacar el gran pabellón de la Galería de las Máquinas, obra de C.L.F. Dutert y Victor Contamin. Si en la Torre se trataba de superar los límites de altura de la época, en la Galería el reto era superar los límites espaciales en busca de la continuidad del espacio y de la desaparición de la frontera ente interior y exterior. El sistema de pórticos en arco constituyó un paso más respecto a los utilizados en los puentes, con la importante innovación estructural del uso de una tercera articulación en la clave del arco<sup>27</sup>.

Esto permitió disminuir el canto del arco hacia dicho punto, y por tanto aumentar el efecto dinámico de alejamiento y la sensación de altura. Aparte de la superación en cuanto a volumen continuo (115 metros de luz por 40 de altura); otra novedad resultó de la sustentación mediante simples apoyos, lo que dio a la envoltura espacial un sorprendente aspecto de ligereza.

La Torre surgió en 1884 de una idea de Emile Nougier y Maurice Koechlin, ingenieros de la empresa Eiffel. En septiembre de ese mismo año Eiffel, que inicialmente no se había interesado por el proyecto, cambió de actitud; compró todos los derechos a sus colaboradores y se dedicó desde ese momento a su promoción.

Desde el primer croquis la torre estuvo formada por cuatro vigas espaciales de celosía inclinadas, separadas en la base, unidas en la coronación y atadas mediante vigas de celosía horizontales intermedias. Con ello se lograban importantes ventajas:

<sup>26</sup> WACHSMANN, K.: The Turning Point of Building, p. 22.

<sup>27</sup> Muchos puentes de la época (p.ej. el de Eiffel en Oporto) se sustentaban en arcos con dos articulaciones, una en cada arranque.

- El uso de miembros individuales espaciales de celosía aumentó su resistencia final, al mejorar sus términos de sección.
- El efecto de pandeo disminuyó, y se impedía casi totalmente la aparición de momentos y fenómenos de abolladura (propios de las secciones macizas).
- La disposición espacial mejoró el comportamiento estático de la estructura ante esfuerzos de dirección e intensidad variable, ya que sólo la fuerza gravitatoria es fija.
- El peso propio de la estructura es mucho menor.

Pero también se introducía un serio problema: el cálculo de elementos espaciales, para el que no existían medios apropiados.

Es difícil imaginar que un diseño que había nacido plano (su origen está en los pilares de los viaductos de Eiffel) se pudiera desdoblarse convirtiéndose en un sistema espacial que respondiese mejor a los requisitos estáticos. Pero lo sorprendente de la Torre Eiffel es que se trata de un auténtico entramado tridimensional.

El otro gran avance que presenta la torre es la aplicación a gran escala de una nueva forma de industrialización del proceso constructivo. Ya no se trató (como en el Palacio de Cristal de Paxton) de aprovechar las ventajas de la producción en serie aplicada a un grupo reducido de piezas específicas, mediante la repetición del módulo. Eiffel fue mucho más allá.

Los nuevos elementos básicos no son específicos de esta obra; son piezas existentes en el mercado destinadas a usos diversos. Las pletinas, palastros, angulares y roblones son unidades abstractas y su producción es continua.

Con ello se renunciaba a un ajuste estricto de las secciones a las cargas (como hizo Paxton con las secciones de las columnas), pero se obtenía una economía evidente en los costes. El sistema se ha generalizado con variaciones mínimas hasta nuestros días, y por ello puede no resultar sorprendente. Hay que remontarse a aquella época para entender su carácter revolucionario.

A diferencia del hierro fundido, el acero laminado tiene un comportamiento asimilable ante compresiones y tracciones, por lo que puede ser utilizado en un mayor número de elementos estructurales.

Esta facultad aumentaría el tamaño del catálogo y del material almacenado hasta casi el infinito.

El laminado permite producir piezas tipificadas de sección constante con un rendimiento mecánico y económico muy superiores a los del hierro fundido.

Los tipos de piezas fabricados son los mínimos necesarios para satisfacer las necesidades de utilización como piezas simples o en elementos compuestos realizados con uniones (roblonadas), atornilladas o soldadas.

### 5.3.4. Tipificación actual

En la sociedad actual se mantiene un continuo equilibrio entre contrarios, y este camino no es una excepción.

- Existe un fuerte movimiento impulsado por la sociedad y especialmente por la industria con objeto de establecer normas de tipificación abstracta.
- Existe simultáneamente una búsqueda de soluciones específicas, privativas, con las que cada industria pretende distanciarse y aumentar su presencia en el sector.

La necesidad de ambas tendencias, que se generan en las mismas empresas, da lugar a iniciativas habitualmente subvencionadas.

El conjunto de elementos tipificados aumenta progresivamente. Todas las empresas cuentan con amplios catálogos de sus tipos.

Los elementos tipificados abstractos, inespecíficos, son menos numerosos ya que surgen al abrigo de acuerdos normalizadores.

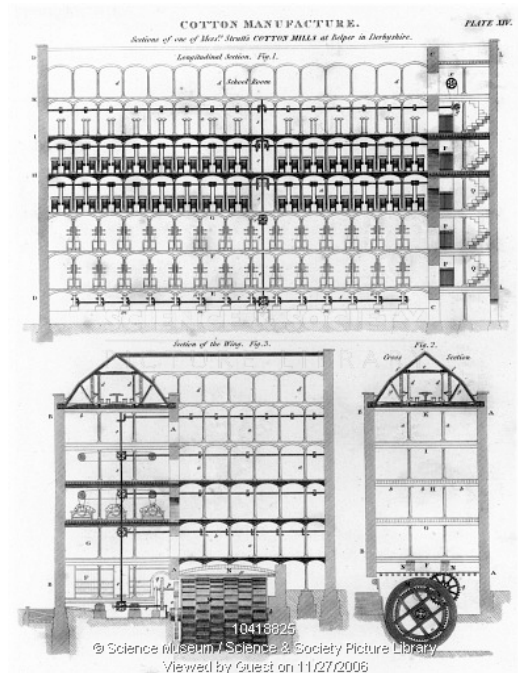
Los elementos tipificados simples abarcan todos los sistemas constructivos. Los elementos abstractos, inespecíficos, normalizados o "no prioritarios" permanecen habitualmente ocultos. Ejemplo: perfiles estructurales, conductos, tuberías, cableado, herrajes, sujeciones, cajas de mecanismos, subestructuras, etc.

Los elementos menos tipificados son los que pretenden conseguir la atención de los usuarios, los que responden a un grado más elevado de exigencias sensoriales.

# ANEXO DE IMÁGENES



Puente de hierro fundido en Coalbrookdale



Fábrica de algodón en Calico Mill (Derby), William Strutt



Muelle St. Katharine (Londres), Telford y Hardwick



Crystal palace de Joseph Paxton



Estación de bomberos de Portsmouth

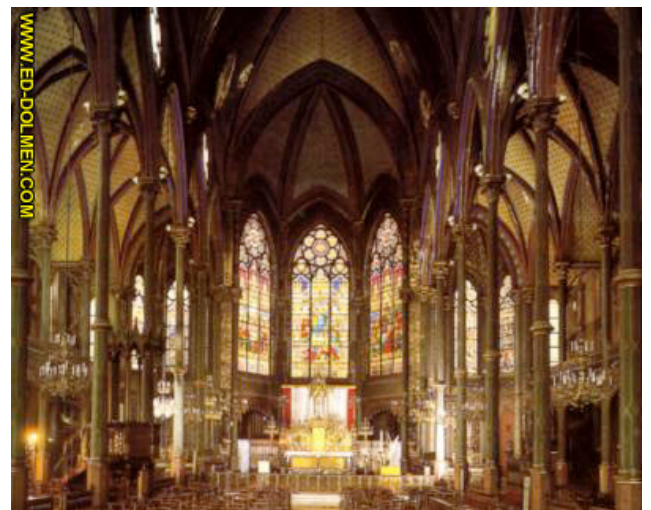




Crystal palace de Joseph Paxton



Mercado central de Les Halles en París



Saint Eugène (París 1855, Boileau)



Biblioteca Nacional (París 1858, Labrouste) sala de lectura



Biblioteca Nacional (París 1858, Labrouste) depósito de libros



Harper & Brothers Editorial (NY 1854, Bogardus)



Almacenes Du Bon Marché, L.A. Boileau



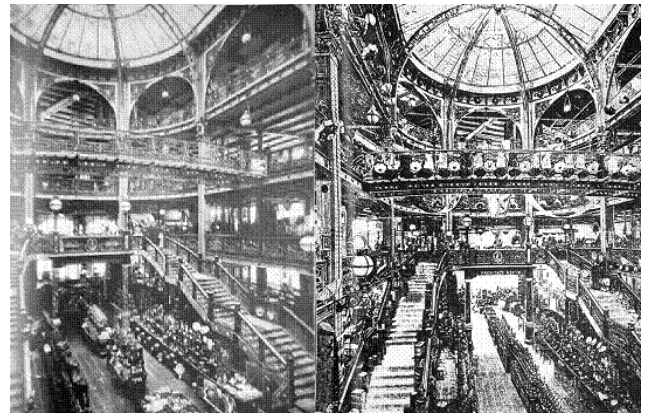
Fábrica de chocolate Menier, de Jules Saulnier



Puente de María Pía sobre el Duero, Oporto, Eiffel & Co



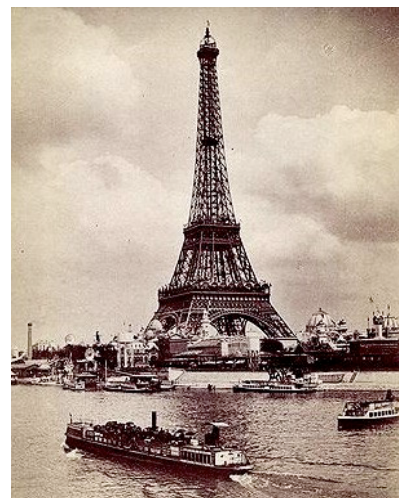
Estación ferroviaria Oeste de Pest, Budapest, Eiffel & Co



Grandes almacenes Printemps (París, 1881- 89) de Paul Sédille



Viaducto de Garabit, Eiffel & Co



Torre Eiffel





Puente sobre el estuario del río Forth (Firth of Forth) en Escocia, de Baker y Fowler