

Detalle de la torre Eiffel, construida para la Exposición Universal de Paris de 1889. / Óscar Giménez

La arquitectura del hierro

“Los ingenieros fueron los verdaderos arquitectos del siglo XIX”, según Le Corbusier. Muchos arquitectos decimonónicos se negaron a trabajar con materiales que no fueran tradicionales y despreciaron las grandes estaciones de ferrocarril, mercados y puentes de hierro que levantaron los ingenieros, los favoritos de la revolución industrial y de las nuevas ideas que apostaron por la ciencia y la razón. Texto: **Salvador G. Serrano**

En los ambientes elitistas de la época las estructuras de hierro fundido se consideraban “poco artísticas”. Sin embargo, este material —estrechamente unido a la revolución industrial— dio lugar a una revolución arquitectónica de la que apenas quisieron saber nada —salvo excepciones— los propios arquitectos.

A mediados del siglo XVIII comenzó a sustituirse en Inglaterra el carbón vegetal por carbón mineral para la obtención de hierro fundido, el material que revolucionaría la arquitectura durante el siglo siguiente, un metal duro, resistente a la compresión e inflexible que, además, podía producirse en grandes cantidades. Sus ventajas, sin embargo, tardaron un tiempo en ser lo suficientemente apreciadas. Fue una huelga de carpinteros lo que propició la idea de utilizar vigas de hierro fundido en lugar de madera en talleres textiles. Eso sucedió en 1840 en las fábricas de la población francesa de Le Creusot, en Borgoña. La estructura metálica requería menor número de pilares de apoyo y permitía, por tanto, disponer de mayor amplitud para el paso de máquinas y trabajadores.

Puentes, un siglo de proezas técnicas

Pero bastante antes de servir de armazón para edificios, el potencial del hierro fundido como material de construcción de puentes ya había sido considerado por

gente innovadora. Es el arquitecto británico Thomas Farnolls Pritchard quien tiene el mérito de haber diseñado el primer puente de hierro fundido, el Iron Bridge, que se alza sobre el río Severn para unir las localidades de Broseley y Madeley, en el oeste de Inglaterra, la zona donde comenzó la revolución industrial, según aseguran los locales, aunque eso sea más que discutible. Ese famoso puente, que tiene una luz de 30 metros y consta de un solo arco de fundición, comenzó a levantarse en 1779 y se abrió el día de Año Nuevo de 1781. Forma parte del conjunto histórico-industrial de la Garganta de Ironbridge, que la Unesco declaró patrimonio de la humanidad en 1968.

Independientemente de que el condado de Shropshire, donde se encuentra el Iron Bridge, fuera o no el lugar del nacimiento de la revolución industrial, fue una de las regiones del país donde los nuevos métodos de producción permitieron disponer de grandes cantidades de hierro fundido, cada vez de mejor calidad, a un precio asequible. Y ello dio lugar a proyectos cada vez más ambiciosos.

Valga como ejemplo el primer puente suspendido del Reino Unido basado en hierro, también uno de los primeros del mundo. Fue el Menai Suspension Bridge, en el norte de Gales, que se comenzó a construir en 1819 y se terminó en 1826. Con la marea alta, bajo él podían pasar barcos de la Royal Navy de 30 metros de

altura. Fue diseñado por el ingeniero escocés Thomas Telford, quien también había sido responsable en 1805 del acueducto de Pontcysyllte, el más alto y largo del Reino Unido, también en Gales, consistente en un canal de hierro fundido con una longitud de 307 metros que se apoya en 19 pilares de mampostería sobre el río Dee. Son las dos grandes proezas de Telford.

De aquella época no podemos olvidar otros nombres propios. En primer lugar, el del estadounidense James Finley, diseñador y constructor del primer puente suspendido, el Jacob's Creek Bridge, en Pensilvania, que utilizaba cadenas de hierro para su soporte. Aquella obra pionera que tenía una luz de 21 metros se construyó en 1801, pero fue demolida en 1833. Por su parte, el ingeniero francés Marc Seguin fue responsable del primer puente colgante de la Europa continental, el de Tournon (1825), y a él se atribuye la invención del puente suspendido con cables de hierro.

Los avances técnicos progresaron a lo largo de todo el siglo. Aquellos 30 metros del Iron Bridge de 1781 no son nada si lo comparamos con el viaducto de Garabit, con una luz de 165 metros, construido un siglo después por Gustave Eiffel, el ingeniero francés cuyo nombre brilla por encima de todos al hablar de arquitectura del hierro.

Pero antes de llegar a Eiffel, es necesario apuntar que los puentes de hierro también fueron fuente de malas noticias,



A la izquierda, arriba, el mal llamado puente Colgante de Valladolid; abajo, la estación de Atocha, en Madrid. A la derecha, el Iron Bridge, el primer puente de hierro, construido en Shropshire en 1781.

sobre todo cuando se construyeron para el paso de trenes. Se comenzaron a utilizar vigas de hierro en lugar de arcos, en algunos casos apuntaladas con barras de hierro forjado, idea que tuvo alguna que otra consecuencia catastrófica, como en el caso del puente de Dee, que se derrumbó en 1847 al paso de un tren y causó la muerte de cinco personas.

El accidente más grave ocurrió en 1879 en Escocia, en el puente de Tay, situado entre las localidades de Dundee y Wormit. Un año y medio después de construido, su sección central se derrumbó sobre el río durante una violenta tormenta justo en el momento en que lo atravesaba el ferrocarril. Murieron 60 personas.

En España, el primer puente de hierro se construyó en 1830, sobre la ría del Jardín del Capricho en la Alameda de Osuna, si bien se trata de una obra menor sin gran trascendencia técnica, al estar formado por rampas y escaleras de madera con barandillas metálicas apoyadas en un arco de hierro. Por el contrario, tiene mucho más valor el puente de Triana de Sevilla (1852), también llamado de Isabel II, que cuenta, además, con la característica de ser el único que queda en el mundo construido mediante el sistema Polonceau. Este ingeniero francés fue el diseñador del puente del Carrusel de París, desaparecido en la actualidad y en el que se basó el puente de Triana, que consta de tres arcos sobre dos pilares y dos estribos, entre los cuales hay

cinco cuchillos de hierro sobre los que se apoya el tablero en su parte central.

En nuestro país también vale la pena destacar el puente Colgante de Valladolid (1864) sobre el río Pisuerga, mal llamado “colgante” porque estructuralmente no lo es; el viaducto de Madrid (1860), primer puente de hierro en España para el paso del ferrocarril, que fue reemplazado por el actual de hormigón en 1930 y que acabaría convirtiéndose con el tiempo en el puente favorito de los suicidas de la capital; el viaducto de Redonela (1878), íntegramente de hierro (Pontevedra), y el puente Vizcaya (1893), cuya historia se relata con más detenimiento en un apartado de este reportaje.

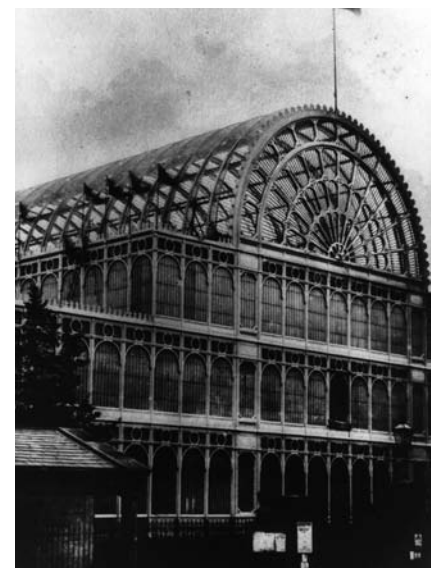
El hito del Crystal Palace

La biblioteca de Santa Genoveva, en París, erigida entre 1843 y 1850, se menciona como el primer edificio público de estructura metálica de hierro forjado desde los cimientos hasta el techo, aunque su exterior sea de estilo neorrenacentista. Fue obra de uno de los primeros arquitectos que no tuvo reparos en utilizar los nuevos materiales, Henri Labrouste, quien, de ese modo, puso en su contra a los academicistas. Sin embargo, la importancia de la biblioteca parisina no era nada en comparación de lo que estaba a punto de alzarse al otro lado del canal de la Mancha.

Con la organización de la primera Exposición Universal de 1851 en Lon-

dres, el Imperio Británico deseó asombrar al mundo levantando el edificio más grande que jamás hubiera existido. El problema es que disponía de tan sólo nueve meses para construirlo, así que se rechazaron por inviables las propuestas de los 245 competidores que se presentaron al concurso de ideas. Descartados los materiales tradicionales y con la presión del breve tiempo que quedaba hasta la inauguración del evento, apareció en escena un antiguo jardinero llamado Joseph Paxton que se había ganado fama como audaz creador de invernaderos. Su

Crystal Palace, en Londres (1851).



propuesta, basada parcialmente en el proyecto presentado a concurso por el francés Hector Horeau, podía realizarse con tiempo suficiente y por un precio más asequible que cualquier otro proyecto que hubiera sobre la mesa.

El hierro y el vidrio fueron los elementos claves del que fue el primer gran ejemplo de edificio prefabricado. El Crystal Palace, instalado en Hyde Park, medía 563 metros de largo por 124 de ancho y ocupaba una superficie superior a 70.000 metros cuadrados. Su altura alcanzaba los 41 metros. Constaba de 3.300 pilares de hierro, 2.224 viguetas y 300.000 vidrios sostenidos por 205.000 marcos de madera. Se consideró una de las grandes maravillas de la arquitectura de su tiempo, que además albergaba numerosos jardines, fuentes y cascadas. Finalizada la exposición, se desmontó en 1854 y se volvió a montar en Sydenham Hill, zona del sur de Londres, hasta que un incendio ocurrido el 30 de noviembre de 1936 lo destruyó en pocas horas.

Eiffel y la belleza tecnológica

El Crystal Palace marcó un antes y un después en la construcción de pabellones de exposiciones, grandes almacenes, mercados, fábricas y estaciones de tren, edificios en los que la amplitud de su superficie y la luz natural eran fundamentales.

Los grandes almacenes comerciales nacieron a mediados del siglo XIX, entre ellos el Bon Marché parisino, cuyo edificio diseñado por Louis Auguste Boileau en 1867, con fachada de piedra y estruc-

tura interior de hierro y vidrio, requirió el asesoramiento de la firma que el ingeniero Gustave Eiffel había fundado ese mismo año.

Aparte de diseñar puentes, estaciones y otras estructuras metálicas por todo el mundo, entre ellas la estructura metálica de la estatua de la Libertad y los muelles del canal de Panamá, está claro que el apellido Eiffel está ligado para siempre a la torre que se convirtió desde el primer día en nuevo símbolo de la capital francesa y, por extensión, de todo el país. Sus 300 metros de altura —324 contando la antena— la convirtieron en su momento en la construcción más alta de la historia, un récord que mantuvo hasta 1930, año en que se inauguró en Nueva York el edificio Chrysler.

Si los ingleses habían logrado el edificio más extenso con el Crystal Palace, los franceses quisieron protagonizar su propia hazaña tecnológica para su Exposición Universal de 1889 en París. Y del mismo modo que aquel enorme invernadero ideado por Joseph Paxton, la idea era, una vez clausurada la exposición, desmontar aquella “monstruosa” torre de hierro forjado que “tanto daño hacía a la vista”, en opinión de muchos parisinos. A pesar de ello, la torre Eiffel se quedó plantada sobre el Campo de Marte, y allí sigue acogiendo cada año a siete millones de visitantes.

Lo curioso, y que mucha gente no sabe, es que aquella torre fue pensada por su creador para levantarse en Barcelona durante la Exposición Universal de 1888, pero el Consistorio de la ciudad rechazó la idea por costosa y descabellada. Fue

tras aquel rechazo cuando Eiffel la propuso para la exposición de París.

Su diseño fue concebido por los ingenieros de Eiffel et Cie. Maurice Koechlin y Émile Nouguier. Más tarde colaboró el arquitecto Stephen Sauvestre, sobre todo en aspectos estéticos. Un total de 250 obreros levantaron toda la estructura en poco más de 27 meses. Eso significó ensamblar más de 18.000 piezas de hierro pудelado —variante del hierro forjado original de finales del siglo XVIII que contiene algo más de carbono— con más de medio millón de remaches. Eiffel la presentó como muestra del “arte del ingeniero moderno en el siglo de la industria y la ciencia”.

Otra de las edificaciones más impresionantes de la arquitectura del hierro se construyó también para la Exposición Universal de 1889. Fue la Galería de las Máquinas, levantada también en el Campo de Marte y diseñada por el arquitecto Louis Dutert y el ingeniero Victor Contamin. No era tan amplia como el Crystal Palace londinense, pero su audacia constructiva lo superaba, puesto que su cubierta, a 43 metros de altura, no se asentaba en ningún apoyo intermedio en toda su superficie (420 por 115 metros). Lamentablemente, esta obra, que junto al Crystal Palace y la torre Eiffel conforma el trío de edificios más significativos de la arquitectura del hierro, fue derribada en 1910.

Estaciones y mercados en España

La expansión del ferrocarril propició la creación de edificios de nueva tipología, las estaciones, en cuyo diseño iban a tener

Mercado del Born, una de las obras más representativas de la arquitectura del hierro en Barcelona (1876). / Óscar Giménez



un gran protagonismo los nuevos materiales arquitectónicos. Madrid, como nudo ferroviario principal del país, acogió algunas de las edificaciones más representativas, como la estación del Norte (1879), con cubierta de estructura de hierro a dos aguas, y la impresionante estación de Atocha (1889), proyectada por el ingeniero Saint James y el arquitecto Alberto de Palacio, quienes la concibieron como un casco de barco invertido y acristalado que cubre una superficie de casi 7.500 metros cuadrados sin apoyos intermedios.

En cuanto a los mercados, el prototipo europeo era el de Les Halles, en París, que fue imitado por toda nuestra Península. En Madrid se levantaron los desaparecidos mercado de la Cebada y de los Montes (1870-1875), mientras que en Barcelona destacan el del Born y el de Sant Antoni. El primero, inaugurado en 1876, es una viva muestra de la influencia que tuvo la arquitectura del hierro en Cataluña. Obra del arquitecto Josep Fontseré i Mestre y del ingeniero Josep Maria Cornet i Mas, está inspirado en Les Halles en cuanto a su disposición y consta de una planta rectangular de tres naves, así como de persianas fijas en los lados que aseguran la ventilación y la luz natural. Por su parte, el mercado de Sant Antoni (1882) fue diseñado por Antoni Rovira i Trias para quedar integrado en una de las manzanas del ensanche proyectado por Ildefons Cerdà, con planta en forma de cruz de San Andrés.

Por último, es obligado citar otra obra maestra que ha llegado hasta nuestros días, el Palacio de Cristal del Buen Retiro, un gran invernadero que diseñó Ricardo Velázquez Bosco para albergar plantas exóticas en la Exposición de Filipinas de 1887 y que sirve de ejemplo como nuevo edificio integrado en el paisaje que lo rodea.

Fin de una época

La evolución tecnológica que había dado pie a la arquitectura del hierro fue también la responsable de su abandono con la llegada de otros materiales. El hierro sustituyó a las columnas de madera y piedra, permitiendo crear magníficas construcciones, pero, a su vez, fue sustituido por el más elástico y resistente acero, que comenzó a producirse industrialmente a mediados del siglo XIX, y por el hormigón armado, descubriendo también en el mismo periodo. Las proezas conseguidas gracias al hierro dieron paso a otras bien distintas en las décadas posteriores, no sin dejar patente que fueron erigidas desde la admiración por el progreso y la ciencia y que hoy en día son recordadas como símbolos de la revolución industrial y arquitectónica del siglo XIX.

El Puente de Vizcaya, ejemplo de creatividad técnica

Sobre la ría del Nervión se encuentra una de las obras que mejor combinan belleza, estética y funcionalidad. El puente de Vizcaya, también conocido como puente Colgante, de Portugalete y de Palacio, en honor a su diseñador, une la orilla de Portugalete con el barrio de Las Arenas de Getxo.

Una barquilla colgante permite a la gente cruzar de un margen a otro desde que se inauguró en 1893 para unir las localidades balnearias que había a los lados de la ría sin entorpecer la navegación, ya muy activa a finales del siglo XIX, pues Bilbao era uno de los puertos fluviales con más tráfico de Europa.

En junio de 2006 el puente de Vizcaya fue declarado patrimonio mundial por el Comité Mundial de la Unesco. Se convirtió en el primer patrimonio mundial del País Vasco y en el primer patrimonio industrial reconocido en España. El comité basó su decisión en que esta obra tecnológica centenaria constituye una "adición espectacular y estéticamente agradable al estuario del río", así como una "excepcional expresión de creatividad técnica, reflejando una relación totalmente satisfactoria entre forma y función". La Unesco también cita que "mediante el desarrollo del mecanismo del transbordador y su fusión de la tecnología del hierro con el empleo de nuevos cables de acero, creó una nueva forma de construcción que influyó en el desarrollo de puentes en todo el mundo".

El puente de Vizcaya se considera hoy día uno de los exponentes más interesantes de la arquitectura del hierro por su carácter innovador y su fuerza estética. De hecho, fue el primer puente transbordador del mundo de estructura metálica. Su diseñador fue el arquitecto Martín Alberto de Palacio y Elissague, que había participado en la construcción del Palacio de Cristal en el madrileño parque del Retiro y en el diseño y construcción de la estación de Atocha. Para el puente de Vizcaya contó con el francés Ferdinand Joseph Arnodin como jefe de obras, un ingeniero gran especialista en puentes atirantados.

De Palacio, que había sido alumno y amigo personal de Gustave Eiffel, había propuesto la construcción del puente en 1888, obra que nació fruto de una iniciativa privada encabezada por el empresario bilbaíno Santos López de Letona. Los balnearios veraniegos de la zona atraían cada vez a más turistas y la única forma de cruzar la ría en aquella época era en barco de remos, un medio que utilizaban medio millón de pasajeros al año.

La orografía representaba uno de los problemas más importantes para el diseño del puente, dado que una orilla era rocosa y escarpada y la otra baja y arenosa. Tras ser designado responsable del proyecto, De Palacio tuvo en cuenta múltiples opciones, que iban desde transbordadores sobre carriles a puentes giratorios, levadizos y hasta submarinos.

Al final, se decidió por el puente que hoy conocemos, con una barquilla sujeta por cables de acero verticales a una estructura basada en dos vigas horizontales que se apoyan en las cuatro torres situadas los muelles de las dos orillas. Sin embargo, un contratista francés de la época llamado Dubois se enfrentó a De Palacio asegurando que la barquilla sería inestable. El enfrentamiento entre ambos acerca de los cálculos realizados por el arquitecto fue largo y costoso para la compañía y requirió, finalmente, el veredicto del propio Eiffel, quien consideró correctos los cálculos de De Palacio, eso sí, a cambio de una muy suculenta cifra de francos-oro por dar su opinión.

La construcción

Los puentes colgados de cables, desarrollados a mediados del siglo XIX, habían sido una de las innovaciones de la moderna ingeniería. De Palacio la combinó con la tecnología de grandes vehículos mecánicos que funcionaban con máquinas de vapor. De ese modo, el diseño final cumplía todos los requisitos exigidos, pues además de permitir cruzar la ría a los viajeros con sus bultos sin entorpecer el tráfico de barcos, su coste de construcción entraba en lo razonable y su funcionamiento aseguraba un servicio regular.



El puente de Vizcaya se alza sobre la ría del Nervión. / Pictelia

Tras la aprobación del Ministerio de Fomento, las obras comenzaron en abril de 1890. Primero se preparó el terreno en la orilla de Portugalete, sobre la que se levantaron las torres de 61 metros de altura con la ayuda de un andamiaje de madera. Tras completar las otras dos torres en la orilla de Getxo, el paso siguiente fue montar las vigas horizontales de 165 metros de longitud apoyadas sobre las torres a una altura de 45 metros. Este proceso, considerado el de mayor complejidad, se llevó a cabo izando la estructura por tramos desde una gabarra.

Levantando el puente se inició la construcción de la barquilla. Originalmente, era de madera con refuerzos metálicos donde se anclaban los cables de suspensión. Las diferencias sociales de la época determinaron que hubiera primera y segunda clase separadas. Los de primera iban en bancos cubiertos en los extremos, mientras que los de segunda ocupaban el centro junto al ganado, las mercancías y los carruajes.

Tras los satisfactorios ensayos a distintas velocidades y con una carga cuatro veces superior a lo que se consideraba normal, el puente se inauguró el 28 de julio de 1893, con misa a bordo incluida. Desde entonces, ha funcionado casi ininterrumpidamente, salvo en la época de la Guerra Civil, cuando fue destruido en junio de 1937 por el Batallón de Ingenieros del Ejército del Norte ante la inminente llegada de las tropas franquistas. Dos años más tarde se aprobó el proyecto de su reconstrucción, con algunas modificaciones del sistema de suspensión, el tablero y las vigas transversales y el carretón superior. Tras un paréntesis de cuatro años, en junio de 1941 volvió a estar en funcionamiento.

Una obra innovadora

Dado que las técnicas de soldadura no estaban suficientemente desarrolladas en la época, el modo de armar todas las piezas de hierro fue mediante remaches al rojo vivo. El uso de grandes cables de acero es clave en este tipo de construcción. Hay cuatro de ellos en cada orilla del puente, anclados en bloques de cimentación que se encuentran a más de 100 metros de las

torres, así como otros cables que parten de las torres en dirección paralela a la ría, anclados a unos 60 metros de distancia.

Hasta 70 cables de acero —péndolas— sostienen el gran travesaño horizontal del que cuelga la barquilla. Ese travesaño no está soldado ni remachado a las torres, sino tan sólo sujetado con esos cables, que son los que soportan casi la totalidad del peso. La estructura se apoya en una especie de capiteles —ménsulas— que hay adosados a las torres y que permiten resistir el peso del travesaño de forma equilibrada. Precisamente, por esto se dice que el puente es colgante —y no por la barquilla—, ya que es todo el travesaño lo que realmente está suspendido por cables.

La barquilla cuelga de un carro de 36 ruedas y 25 metros de longitud que se desplaza por los carriles del travesaño. Al principio utilizaba un sistema de cables y poleas accionado por una caldera de vapor situada en una de las torres, hasta que se instaló por primera vez un motor eléctrico en 1901. Gracias al suministro de electricidad, el mismo año se montó un ascensor en una de las torres. El carro actual fue fabricado en 1999, año en que se llevó a cabo una reforma de varias partes del puente, y utiliza 12 motores eléctricos. Por cierto, la barquilla actual es la quinta en la historia del puente y dista bastante de parecerse a aquella de madera que separaba a los pasajeros de primera y segunda mediante redes. En la actual caben seis coches y 200 personas, además de unas cuantas motos y bicicletas.

La sociedad que se hizo cargo de la concesión en 1995 es la responsable de estos cambios que han modernizado la instalación, entre ellos algunos que ya soñó en su día Alberto de Palacio, como los ascensores panorámicos en los pilares de las torres y la pasarela peatonal.

Hoy hace a diario más de 300 viajes de orilla a orilla y alcanza una media anual de cuatro millones de peatones y medio millón de vehículos transportados.

Lo que está claro es que desde la misma fecha de su inauguración, el puente de Vizcaya se alzó rápidamente como un arco de triunfo, como un símbolo de la revolución industrial que vivió la ría del Nervión.