

LOS GUASTAVINO Y LA BÓVEDA TABICADA EN NORTEAMÉRICA

(THE GUASTAVINOS AND TILE VAULTS IN NORTH AMERICA)

John Ochsendorf (*)

Profesor Asistente de Tecnología de Construcción en el Massachusetts Institute of Technology (MIT)

Fecha de recepción: 2-III-05

ESPAÑA

109-28

RESUMEN

Rafael Guastavino Moreno (1842-1908) y su hijo Rafael Guastavino Expósito (1872-1950) son conocidos por haber construido bóvedas tabicadas en más de 1.000 edificios significativos en los Estados Unidos desde la década de 1880 hasta la de 1940 (Fig. 1). Su obra ha recibido creciente atención durante los últimos años por parte de los historiadores de la ingeniería y la arquitectura. Este artículo sitúa el trabajo de los Guastavino en su contexto histórico, ilustrando las innovaciones técnicas desarrolladas por ambos. El objetivo es mostrar que el éxito de las bóvedas Guastavino dependió, en gran medida, de sus aportes innovadores que mejoraron las técnicas de construcción tradicionales de la bóveda tabicada española.

SUMMARY

Rafael Guastavino Moreno (1842-1908) and his son Rafael Guastavino Expósito (1872-1950) gained fame for having built tile vaults in over 1,000 significant buildings in the United States from the 1880s to the 1940s (Figure 1). Engineering and architecture historians have shown a growing interest in their oeuvre in recent years. This paper discusses the Guastavinos' work in its historic context, illustrating the technical innovations they introduced. The objective is to show that these vaults owed their success largely to the designers' innovative improvements on the traditional construction techniques used to build Spanish tiled vaults.

1. INTRODUCCIÓN

El historiador de la arquitectura George Collins marca un hito en nuestro entendimiento de la obra de Guastavino (Collins, 1968). Fue Collins el primero en hacer un inventario sistemático de los edificios de Guastavino en el mundo, y en mostrar el significado que la familia Guastavino tuvo para la historia de la arquitectura y la ingeniería. Quizás más importante que esto, fue Collins quien rescató los archivos de la *Guastavino Company*, que ahora son la base de la Colección Guastavino en la Biblioteca Avery de la Universidad de Columbia. En los últimos 20 años, el amplio interés en la obra de Guastavino

(*)Estudió ingeniería estructural en Cornell University y Princeton University, y obtuvo su PhD en ingeniería en Cambridge University. Pasó un año en España como becario de la comisión Fulbright, y actualmente escribe un libro sobre las bóvedas de Guastavino, que será publicado en 2008.



Figura 1.- Ejemplos de cúpulas construidas por los Guastavino.

culminó en 2001 con la exposición *Las bóvedas de Guastavino en América* realizada en España. El catálogo de la exposición, editado por Huerta (2001), provee una bibliografía completa hasta la fecha así como numerosos ensayos importantes. A partir de 2002, se publica un catálogo editado por Salvador Tarragó, el cual reproduce el ensayo capital de Collins sobre Guastavino (1968) y otro ensayo importante escrito por Jaume Rosell (1995), así como varios originales de anuncios de prensa de la compañía. La profesora española Mar Loren completó la primera tesis doctoral sobre la obra de Guastavino el año pasado (Loren, 2004). El estudio de la obra de Guastavino se está transformando en un campo más amplio y de creciente interés, yendo más allá de las contribuciones iniciales de George Collins. Para 2008, académicos de los Estados Unidos planean una serie de eventos públicos para celebrar el centenario del fallecimiento de Rafael Guastavino Moreno.

La construcción de Guastavino tiene un importante lugar en la historia de la arquitectura norteamericana. Edificios importantes como la Biblioteca Pública de Boston, la Corte Suprema de los Estados Unidos, la catedral de St. John the Divine, la sala de registro de la isla de Ellis, *Grand Central Station*, el *Carnegie Hall*, y muchos otros, contienen el trabajo de la compañía Guastavino. A pesar de la evidente importancia de esta compañía, no todas las obras de Guastavino en los Estados Unidos han sido identificadas aún. Un grupo de investigación en el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) ha localizado 72 proyectos en las vecindades de Boston, pero hay seguramente muchos otros edificios en distintos lugares del país que no han sido descubiertos, y pasarán años antes de que todos sean reconocidos.¹ La importancia histórica de estos edificios puede resumirse con una cita del ensayo de George Collins.

En 1900 se hizo una encuesta entre los arquitectos norteamericanos acerca de los diez edificios más bellos de los Estados Unidos. Entre los que no eran anteriores a la llegada de Guastavino padre al país, todos menos dos incorporaban construcciones de Guastavino, y además la Compañía también había participado en los añadidos a dos de los de fecha anterior. Cuando en septiembre de 1967 la delegación de Nueva York del Instituto Norteamericano de Arquitectos (AIA), para celebrar su centenario con una exposición, hizo una selección de los 38 edificios más destacados de Manhattan en los cien años anteriores, de los 22 que se construyeron durante los años de actividad de Guastavino, más de la mitad están en el inventario de la Compañía. Y, como antes, los Guastavino habían construido bóvedas tabicadas en una modificación hecha a uno de los cuatro edificios exhibidos en la exposición que eran anteriores a su empresa.

Es un hecho que la compañía jugó un papel determinante en la creación de algunos de los que hoy son los espacios más importantes de los Estados Unidos. Sin embargo, tristemente, los edificios de Guastavino están siendo demolidos y reemplazados a lo largo y ancho de este país. De ahí la importancia de identificar y proteger los edificios restantes en el futuro próximo.

El interés de este artículo no es identificar los edificios de Guastavino, tampoco se concentra en edificios particulares. En vez de eso el artículo se centrará en las fuentes primarias, los escritos de Guastavino padre e hijo, con el fin de ilustrar la importancia de sus innovaciones para la historia de la construcción.

2. LLEGADA A LOS ESTADOS UNIDOS

Al terminar sus estudios en la Escuela de Maestros de Obras (1861-1865) Rafael Guastavino Moreno inició una exitosa carrera como arquitecto y constructor en Barcelona (Bassegoda, 1973). Jaume Rosell (1994) y Joan Bassegoda Nonell (2000) proporcionan una visión general de la obra de Guastavino en Cataluña. A pesar de que durante este período diseñó y construyó numerosos proyectos, se le conoce mejor por dos grandes obras: la Fábrica Batlló en Barcelona (1869-1875) y el teatro La Massa en Vilassar de Dalt (1881). (Fig. 2). Estos proyectos convirtieron a Guastavino en uno de los principales arquitectos catalanes de la época. Su trabajo era visionario en términos de construcción y diseño, aunque aún hay mucho por hacer en cuanto a verificar la originalidad de la obra de Guastavino en Barcelona en las décadas de 1860 y 1870. Sin lugar a dudas, la cúpula de La Massa exhibe la habilidad de un gran proyectista y constructor (Dilmé y Fabré 2002).

Son muchas las razones que pudieron traer a Guastavino padre a los Estados Unidos en 1881. Entre ellas el premio que le fue otorgado por su participación en la Exposición del Centenario de Filadelfia de 1876, y que pudo hacerle ver en Estados Unidos una atractiva oportunidad de negocios. El hecho mismo de haber participado en esta exposición es una muestra de su interés en tener un impacto

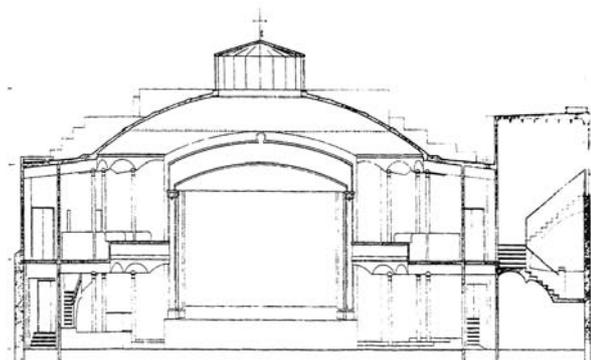


Figura 2.- Teatro "La Massa" de Guastavino (1881).

¹ Página Web: <http://www.guastavino.net>

más allá de las fronteras de Cataluña. Hay alguna evidencia de que su decisión de mudarse a los Estados Unidos tuvo que ver con la posibilidad de tener un mejor suministro de cemento Portland para sus proyectos. Sin embargo había una grave carencia de ladrillos adecuados para bóvedas tabicadas en los Estados Unidos, así que Guastavino hubo de pasar un tiempo bastante difícil buscando los materiales necesarios antes de poder comenzar a fabricar sus propias piezas. También hay indicios de que su venida a los Estados Unidos fue motivada por razones personales, ya que en febrero de 1881 su esposa e hijos habían emigrado a la Argentina. El hecho es que Guastavino llegó a los Estados Unidos con Rafael, su hijo mayor, su ama de llaves y sus dos hijas. Lo más probable es que su decisión de venir a Estados Unidos haya sido una combinación de todos estos factores.

A su llegada a los Estados Unidos Guastavino intentó forjarse una carrera como arquitecto, pero debido posiblemente a sus dificultades con el inglés o a su estatus de inmigrante sin muchos contactos, no tuvo mucho éxito. En 1885 participó sin éxito en un concurso para el proyecto del edificio del *Arion Club*; no obstante, el arquitecto ganador utilizó el sistema Guastavino de bóvedas tabicadas en la construcción definitiva de la obra (Austin, 1999). Es posible que unos años más tarde, al suceder lo mismo con la Biblioteca Pública de Boston, Guastavino decidiera especializarse como contratista de bóvedas tabicadas en lugar de como arquitecto diseñador. Capitalizó el interés público en la seguridad contra los incendios en las ciudades, y promovió el uso de la bóveda tabicada como un sistema de construcción “a prueba de fuego.”

La entrada triunfal de Guastavino en los Estados Unidos llegó con la oportunidad de construir las bóvedas de la Biblioteca Pública de Boston (Fig. 3). El arquitecto Charles McKim había iniciado la construcción del edificio en 1888 sin intenciones de utilizar el sistema, pero en marzo de 1889 Guastavino se ofreció a construir, sin costo alguno, los pisos del edificio con bóvedas tabicadas, en lugar de lugar de emplear los perfiles de hierro que ya habían sido comprados para este propósito.

Esto supuso un riesgo para Guastavino, un riesgo necesario para establecer la bóveda tabicada como un método viable de construcción de grandes edificios públicos como éste. Para el final de 1889, en Boston ya se prestaba mucha atención al sistema de bóvedas tabicadas, y Guastavino ofreció conferencias públicas en dos ocasiones a la Sociedad para las Artes de MIT. Éstas habrían de volverse la base de su primer libro, *Ensayo sobre la teoría e historia de la construcción cohesiva*, publicado en Boston en 1892.

Guastavino usó siete formas distintas de bóveda en la Biblioteca pública de Boston; éstas le sirvieron para publicitar sus habilidades y llevaron a nuevos clientes a encargarle bóvedas en otros importantes proyectos.



Figura 3.- La Biblioteca Pública de Boston (1889).

Pasados 10 años de su llegada a los Estados Unidos, Guastavino ya había establecido firmemente en el país el sistema de la bóveda tabicada. En 1887 llevó a cabo una prueba de carga en MIT, y presentó una tabla de cálculos hecha por un profesor de Ingeniería de ese instituto como muestra de los métodos científicos utilizados para respaldar la solidez del trabajo de su compañía. En 1889 fundó la Compañía Constructora a Prueba de Incendios (*Fireproof Construction Company*) en Nueva York, la cual se expandió rápidamente por el país abriendo sucursales en varias ciudades. Un hecho importante fue el respaldo obtenido de Charles Follen McKim, en ese entonces un importante arquitecto, quien escribió una carta dirigida a otros arquitectos en 1892 dando cuenta de su “entera confianza en el sistema Guastavino” (Mroszczyk, 2004, 47).

3. PATENTES DE LOS GUASTAVINO EN LOS ESTADOS UNIDOS

Además de las pruebas de carga y del despliegue de edificios terminados, la Compañía Guastavino se valió de artículos y anuncios de prensa como la forma principal de publicidad para su sistema de construcción. Las patentes obtenidas por Guastavino, padre e hijo, fueron también esenciales para asegurar la confianza de los posibles clientes y, desde una perspectiva histórica, permiten ver de cerca la evolución del sistema Guastavino; ilustran los méritos intelectuales del sistema, así como las innovaciones introducidas por Guastavino, padre e hijo. El boletín *Association of Preservation Technology* (APT) reprodujo todas las patentes Guastavino en una edición especial en 1999, y más recientemente, el contenido de las patentes fue revisado por el Tercer Congreso Nacional de la Historia de la Construcción realizado en Sevilla (Redondo, 2000).

Aunque la bóveda tabicada ha sido usada en muchos países y su origen exacto todavía se desconoce, suele vérsela como una técnica tradicionalmente española, o específicamente catalana (Collins, 1968 y Bannister, 1968). En palabras de Torroja:

La bóveda catalana tan congenital en su tierra como el algarrobo de sus campos y tan maravillosa en sus realizaciones, que difícilmente alcanzan los actuales conocimientos teóricos a explicar y medir su fenómeno resistente, genialmente intuido por constructores desaparecidos bajo la tierra con que fabricaron sus ladrillos hace siglos (Fernández Ordóñez, 1999, 30).

Obtener una patente por algo que es bien conocido, como las bóvedas tabicadas en España en la década de 1880 parece imposible. ¿Cómo entender entonces que Guastavino padre e hijo hayan recibido 24 patentes por invenciones relacionadas con la bóveda tabicada? ¿Vinieron a los Estados Unidos y patentaron una técnica tradicional española como si fuera de su invención? No parece ser este el caso. Las constantes innovaciones que los Guastavino padre e hijo introdujeron muestran nuevos desarrollos -muy significativos- en la tecnología y la construcción de la bóveda tabicada tradicional. Sus innovaciones extendieron el método a magnitudes sorprendentes, más allá de cualquier otra desarrollada en España. Es importante analizar las patentes en detalle porque ellas esclarecen el interés de los Guastavino en establecer la singularidad de su trabajo.

La segunda patente de Guastavino parecería más familiar a los ojos de los constructores de la España de la década de 1880. En su patente nº 336 047 de 1886, Guastavino presenta el diseño de una escalera "a prueba de incendios." (Fig. 4) Esta escalera difiere de la escalera abovedada tradicional en dos importantes aspectos. Primero, Guastavino especificó una pieza de hierro en forma de ángulo en dos puntos (*a* y *b* en Fig. 4) como un medio de proteger y reforzar la escalera. Esto muestra cómo desde sus primeros trabajos en Estados Unidos Guastavino especificó los refuerzos metálicos como un componente importante de sus construcciones. Segundo, Guastavino especificó el uso del cemento sumado a un minucioso cuidado en el traslape de las uniones, de tal forma que la construcción ganara mayor cohesión, o capacidad de tracción en el material. Aunque para ese momento algunos constructores en España hayan usado un sistema similar, Guastavino es el primero en haberlo tratado como un sistema moderno de ingeniería, usando nuevos materiales y detallando rigurosamente sus métodos de construcción.

De todas las patentes de Guastavino, padre e hijo, la patente de la escalera de 1886 parece ser la menos original. Y aun así, contiene innovaciones dignas de mención. ¿Tomó Guastavino un sistema conocido en España para venderlo al incauto público estadounidense como si fuera su invento? Guastavino se ocupa de contestar directamente esta pregunta en su libro sobre construcción cohesiva.

(...)El 95 por ciento de los arquitectos y el 99 por ciento de los constructores en España no conocían o habían escuchado nada acerca del sistema; aparentemente lo mis-

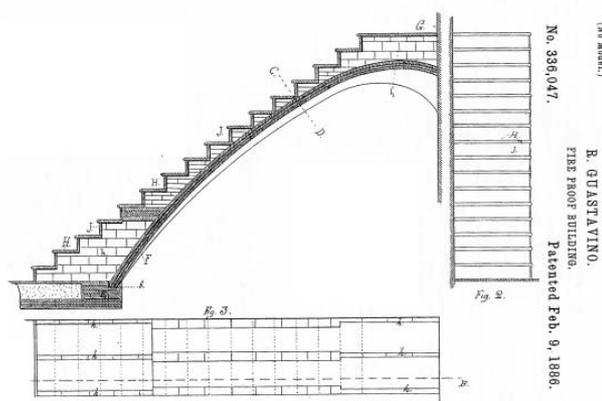


Figura 4.- Patente de construcción de escalera (1886)

mo sucedía en Italia (...) (...) Las piezas en arco se usan solamente en algunas provincias, en pequeños arcos para construcciones baratas y pequeñas (Guastavino, 1893, 20).

Guastavino, entonces, argumentaba que este sistema de construcción no era comúnmente usado en España y lamentaba que fuera así. También escribió que "el arco tabicado no es totalmente nuevo," y que se trataba de un sistema antiguo que se había ido desvaneciendo gradualmente en el siglo XIX (Guastavino, 1893, 21). Es cierto que las bóvedas tabicadas eran bastante conocidas en Barcelona en la década de 1860, más de lo que Guastavino llega a admitir. Por ejemplo el *Diario de Barcelona* describió en el año 1869 la construcción de la Fábrica Batlló como un sistema de "bóvedas tabicadas" (*Diario* 1869), lo cual demuestra que el sistema era tan común que la frase *bóvedas tabicadas* era aceptable en un periódico de la época. Además, Ramon Gumà Esteve ha mostrado en su tesis doctoral sobre las fábricas de textiles en Cataluña que algunos edificios desde la década de 1840 utilizaban bóvedas tabicadas, veinte años antes de la construcción de la Fábrica Batlló hecha por Guastavino (Gumà, 1996). También es cierta que casi todas las escaleras en Barcelona eran hechas por el método de bóvedas tabicadas desde hace siglos. Es evidente entonces que más de un pequeño porcentaje de los constructores de los constructores en España conocían el sistema de bóvedas tabicadas en 1881. Es probable que la verdad esté entre los dos extremos. Guastavino tenía razón en que el sistema no era tan conocido como antes pero sin duda era más conocido que él admite. Este asunto necesita más investigación en España. Ciertamente el caso es que Guastavino revivió la bóveda tabicada y extendió su uso a nuevas aplicaciones.

Las innovaciones de la Compañía Guastavino pueden clasificarse en tres categorías: material, estructural, y constructiva. Las siguientes secciones tratarán de ilustrar cómo Guastavino, padre e hijo, extendieron la tradicional bóveda tabicada en estas tres categorías más que cualquier constructor anterior.

4. LAS INNOVACIONES ESTRUCTURALES DE LOS GUASTAVINO

Padre e hijo hicieron contribuciones sustanciales al desarrollo de la bóveda tabicada tradicional como sistema estructural. Como parte de sus esfuerzos en construir un sistema constructivo moderno, Guastavino padre llevó a cabo una serie de ensayos de materiales en el MIT en 1887. Los resultados de estos ensayos, obtenidos en conjunto con el profesor Lanza de la escuela de Ingeniería de este instituto, fueron usados para desarrollar tablas de cálculo para el diseño de sus arcos, las cuales fueron publicadas en su primer libro. Como parte del proceso constructivo de la Biblioteca Pública de Boston, Guastavino también llevó a cabo una prueba de carga en sus bóvedas, a la cual llamó “la primera prueba de carga a colapso jamás hecha” (Mroszczyk, 2004, 33). Más adelante nuevas pruebas de carga fueron realizadas para promocionar el rigor del método constructivo, así como para fomentar la confianza del público en el aún desconocido sistema de Guastavino (Fig. 5). Al parecer las pruebas de carga fueron llevadas a cabo en su mayoría por el padre, antes de su muerte en 1908.

Una importante innovación estructural fue el uso de refuerzos metálicos como parte integral del sistema constructivo. Como se mencionó anteriormente, Guastavino padre introdujo los refuerzos metálicos en las bóvedas tabicadas en la década de 1880, o probablemente antes. En 1910 Guastavino hijo recibió la patente n° 947 177 de los Estados Unidos en la cual ilustró su uso de refuerzos metálicos entre distintas capas de ladrillo para arcos, muros, y bóvedas (Fig. 6). Guastavino hijo usó esta clase de refuerzos en la cúpula de la Catedral de St. John the Divine, cuya luz sobrepasa los 30 metros, lo que la convierte en una de las cúpulas de fábrica más grandes jamás construidas. Tal sistema forma aún parte de la tradición de la bóveda tabicada, pero también es una versión temprana de las delgadas cáscaras construidas más adelante en el siglo XX por Dischinger, Torroja y otros ingenieros. La bóveda tabicada reforzada tiene la ventaja de no requerir de encofrado, como en el caso del hormigón armado (Ochsendorf y Autuñá, 2003).

Otra importante innovación estructural de los Guastavino fue el uso de nuevos métodos de cálculo estructural. Aunque el padre muchas veces habló de las bóvedas tabicadas como un sistema “cohesivo” con una resistencia a tracción significativa, asumió generalmente que estas estructuras actuaban a compresión. (Huerta, 2003), en un excelente repaso de la historia de la teoría estructural de la bóveda tabicada, ha expuesto esta “esquizofrenia” que existía en la mente de Guastavino. A pesar de la confusión sobre el exacto comportamiento estructural de su sistema, Guastavino padre demostró un entendimiento sofisticado de las posibles líneas de empuje de sus bóvedas, y diseñaba principalmente de acuerdo al equilibrio de éstas. Su descripción de las líneas de empuje debidas a cargas



Figura 5.- Imagen de una prueba de carga en una bóveda tabicada.

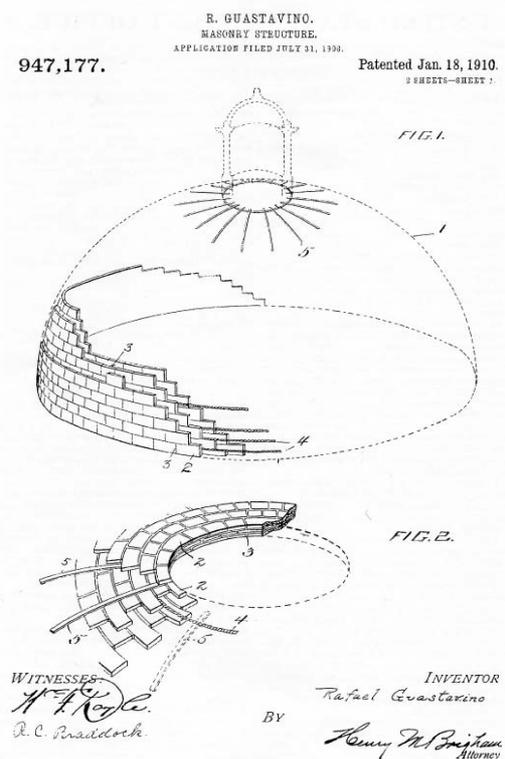


Figura 6.- Patente de la bóveda tabicada reforzada de Guastavino hijo.

vivas en una bóveda son un ejemplo temprano del “teorema de seguridad” del diseño estructural (Guastavino, 1893, 63). De manera similar, Rafael Guastavino hijo usaba en sus cálculos métodos de equilibrio, y sus contribuciones al análisis gráfico de cúpulas son particularmente interesantes. Parece ser que Guastavino hijo estudió ingeniería informalmente en los Estados Unidos, y estuvo siempre entre los primeros en adaptar novedades en el uso de sistemas gráficos para sus proyectos de diseño y construcción. Tales métodos de análisis son adecuados para el cálculo de estructuras de fábrica, dada la baja magnitud de las tensiones en esta (Heyman, 1995).

Los Guastavino hicieron incontables contribuciones al desarrollo de nuevos sistemas estructurales en ladrillo, y los pocos ejemplos presentados ofrecen solo un breve repaso de las más significativas. En todo caso, sus contribuciones más importantes en los Estados Unidos fueron posiblemente en el campo de los materiales y la construcción.

5. INNOVACIONES EN LOS MATERIALES

La principal innovación en los materiales hecha por la *Guastavino Company* fue el uso de materiales industriales para estandarizar su propio sistema. Además de los refuerzos metálicos, Guastavino padre introdujo el cemento Portland para incrementar la solidez y la resistencia al agua de las bóvedas tabicadas tradicionales, creando un sistema mucho más fuerte que el mortero tradicional. Padre e hijo invirtieron un tiempo y esfuerzo considerables en la fabricación de los ladrillos, lo cual había sido una barrera inicial para su trabajo en los Estados Unidos. Para algunos de sus primeros proyectos se vieron forzados a importar ladrillos de España, pero llegado el momento construyeron una fábrica y produjeron su propio ladrillo en Woburn, Massachusetts. La patente n° 548 160, obtenida por el padre en 1895 describe una técnica para la fabricación de seis ladrillos en un bloque, lo cual redujo los costos de producción. Las piezas podían ser separadas del bloque con “un suave golpe de martillo.” Estas innovaciones en la producción de ladrillo fueron cruciales para el éxito de la compañía en los Estados Unidos (Fig. 7).

La compañía también invirtió tiempo en explorar las posibilidades decorativas de las bóvedas tabicadas. Una patente obtenida por el padre en 1888 describía techos abovedados con un “alto grado de ornamentación”, logrados anclando paneles decorativos de hormigón a la cara inferior de las bóvedas. Aunque no está muy claro cuántas de estas bóvedas fueron construidas, la compañía se puso como meta proveer a sus clientes una amplia variedad de posibilidades decorativas. Tuvieron la oportunidad de colaborar estrechamente con arquitectos como Bertram Goodhue en el diseño de patrones de mosaicos en color para las bóvedas, como puede verse de manera espectacular en el Capitolio estatal de Lincoln, Nebraska (Fig. 8).

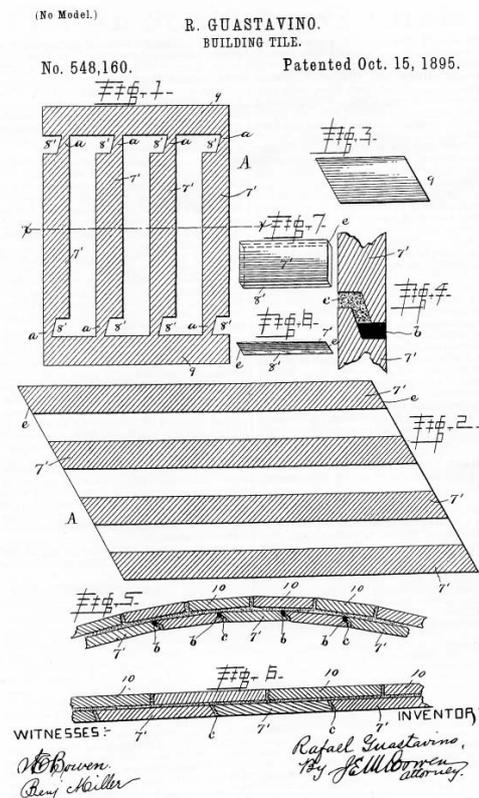


Figura 7.- Diseño del bloque de seis ladrillos de Guastavino Moreno.

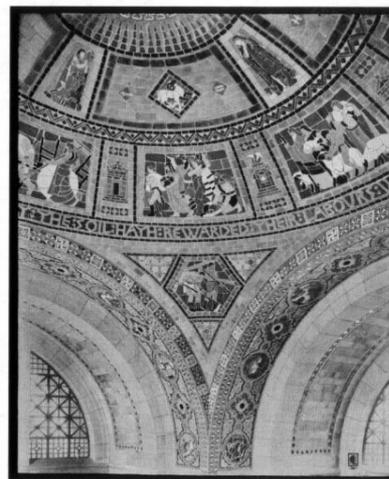


Figura 8.- Publicidad del mosaico de la bóveda del Capitolio estatal de Nebraska.

Estas posibilidades decorativas fueron desarrollos nuevos de la bóveda tabicada tradicional.

En colaboración con Wallace Sabine, un físico de Harvard especializado en acústica, Rafael Guastavino hijo hizo im-

portantes y tempranos avances en el desarrollo de materiales acústicos para la construcción. En 1911 idearon ladrillos especiales como el *Akoustolith*, que tenía excelentes propiedades para la absorción del sonido, y que podía ser usado para “afinar” el comportamiento acústico de los grandes espacios construidos por la *Guastavino Company* (Fig. 8). En palabras de la historiadora Emily Thompson, esto hizo posible construir una “Catedral Gótica con un sonido distintivamente moderno” (Thompson, 2002, 180). Guastavino hijo patentó también varios tipos de yeso con propiedades acústicas, y siete de sus trece patentes describen invenciones en las que el mejoramiento acústico es un aspecto importante de la invención. De hecho el hijo obtuvo cuatro patentes en 1892 -cuando apenas contaba con 19 años- y la primera de ellas sugería un sistema de bóvedas tabicadas para absorber el sonido de tal manera que el ruido “proveniente de un apartamento no fuese escuchado en los apartamentos superior o inferior” (US Patent nº 466 536). Por tanto, Guastavino hijo mostró desde muy temprano su interés en la acústica. Además, estas mejoras efectuadas en los materiales fueron una parte integral del éxito de la compañía. A través de la constante innovación y oferta de nuevos productos, la *Guastavino Company* respondía a las demandas de sus clientes en los Estados Unidos, y para comienzos del siglo XX las propiedades acústicas y decorativas del sistema estructural de bóvedas tabicadas se habían desarrollado significativamente más allá de la bóveda tabicada tradicional tal como se conocía en España.

6. INNOVACIONES CONSTRUCTIVAS DE LOS GUASTAVINO

En su apogeo, la *Guastavino Company* ejercía el control sobre todo el proceso constructivo, desde la fabricación de los materiales a su puesta en obra. Por esta razón había de por parte un interés económico en la optimización del proceso, y una búsqueda constante de mejoras en la construcción. Muchas de las 24 patentes estadounidenses obtenidas por los Guastavino se enfocaban en detalles constructivos que mejoraban los costos, durabilidad, y agilidad en la construcción. La primera patente de Guastavino hijo, obtenida en 1892, propuso un sistema de pisos prefabricados que “puede ser construido en la fábrica o taller y llevado al edificio completo, para ser instalado evitando las demoras y otras desventajas propias de los métodos usuales de construcción de techos y pisos” (US Patent nº 466 536).

El uso de piezas con reborde (Fig. 7) permitió mayor limpieza y durabilidad en las juntas de mortero de las superficies expuestas de la bóveda, limitando así el uso de yeso. Además, en varias de las patentes se identifican nuevas aplicaciones para cierres metálicos que agilizan el proceso constructivo. Estas innovaciones en la construcción fueron a menudo publicitadas por la compañía para popularizar y llamar la atención a su sistema constructivo. Para mantenerse competitivos en un período de rápidos desa-

rollos técnicos, como el uso temprano del acero y el hormigón, era esencial continuar innovando y publicitando sus innovaciones.

Para implementar sus novedosos sistemas en edificios reales, Guastavino, padre e hijo, trabajaron de cerca con importantes arquitectos. La maestría de los Guastavino fue esencial en muchos de estos proyectos, y era común que los arquitectos modificaran sus proyectos basándose en los conocimientos constructivos de los Guastavino. Por ejemplo en 1899, durante la construcción de la Biblioteca Pública de Boston, un asistente de Charles McKim que trabajó con Guastavino en una importante bóveda de la entrada del edificio, le escribió a McKim que “hay varios puntos en los que creo que [Guastavino padre] la ha mejorado” (Mrosczyk, 2004). Aunque Guastavino, padre e hijo, rara vez trabajaron como arquitectos en el contexto de los Estados Unidos, su pericia en la construcción y su habilidad de trabajar muy de cerca con el arquitecto principal de cada proyecto fue un factor importante de su éxito.

En sus construcciones los Guastavino normalmente no utilizaban encofrados como en el caso de la construcción de una cáscara de hormigón. Pero es evidente que, en muchos casos, los Guastavino utilizaban guías de madera para controlar la geometría de la bóveda. Huerta (2001) ha publicado muchas fotos del proceso constructivo. En algunas cúpulas hicieron los casetones prefabricados de ladrillos en piezas grandes (1m x 1m) como en el caso del *Christian Science Church* de Cambridge Massachusetts. La gran cúpula de *St. John the Divine*, en Nueva York, la hicieron sin encofrados y la terminaron con 29,9 m de luz en sólo 14 semanas en 1909. Este proyecto fue muy publicado y conocido en su época como una maravilla de construcción.

La última patente de Guastavino Moreno, obtenida póstumamente en 1909, describió una enorme estructura de ladrillo y acero (Fig. 9). Uno de los aspectos más interesantes del diseño de este edificio es el uso de un elaborado sistema de rieles para transportar los materiales a lo

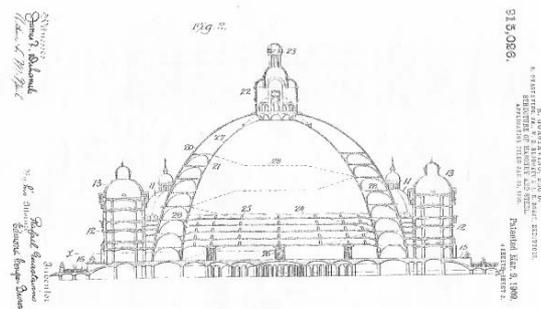


Figura 9.- Estructura de ladrillo y acero por Guastavino padre. (US Patent nº 915 026, 1909).

largo de esta gran estructura, como puede ser el caso de una librería o un almacén. Aunque Guastavino no menciona específicamente el uso de estos rieles metálicos como una parte integral del método constructivo del edificio, indudablemente lo habría aprovechado durante la construcción si un edificio semejante se hubiera llegado a ejecutar. Este último proyecto ilustra el hecho de que Guastavino padre era un verdadero maestro de obras, capaz de diseñar y construir edificios de gran tamaño.

7. CONCLUSIONES

Este artículo ha intentado ilustrar las significativas innovaciones introducidas por los Guastavino, y que les llevaron a tener éxito en los Estados Unidos. En una época de rápido desarrollo tecnológico en la construcción de edificios, padre e hijo desarrollaron juntos importantes innovaciones en la bóveda tabicada tradicional, todas las cuales fueron dignas de ser protegidas por patentes en los Estados Unidos. Más de 100 años después podemos aún aprender de la originalidad e ingenio de su trabajo; me-

dante sus experimentos en estructura, materiales, y construcción, la *Guastavino Company* estandarizó un método tradicional y desarrolló nuevas posibilidades para la arquitectura de fábrica.

Hay muchos aspectos desconocidos de la historia de la *Guastavino Company* y su amplio éxito. Sin embargo, los notables logros de Rafael Guastavino, padre e hijo, continúan atrayendo interés creciente en todo el mundo, y con los esfuerzos combinados de académicos en España y los Estados Unidos, un día tendremos un cuadro mucho más completo de sus logros. Al expandir la bóveda tabicada tradicional a una escala sin precedentes, padre e hijo se establecieron entre los grandes maestros constructores de la historia de la arquitectura y la ingeniería. Como otros grandes maestros, controlaron el proceso constructivo, usaron métodos básicos de equilibrio para el diseño estructural, e innovaron constantemente para permanecer competitivos. Muchos de sus grandes edificios todavía se erigen como un testimonio de su habilidad, e incontables trabajos de la *Guastavino Company* aguardan a ser redescubiertos en las ciudades de Norteamérica.



Figura 10.- Ellis island registry hall.

Anexo del Director del Monográfico

Un equipo de investigadores de MIT está buscando nuevas aplicaciones de las bóvedas tabicadas en la arquitectura contemporánea. El *Pines Calyx* es un nuevo edificio cerca de Dover en Inglaterra para el *St. Margaret's Bay Trust*. Los muros son de la tierra local y las dos cúpulas son de bóvedas tabicadas de tres hojas de ladrillo. Las cúpulas tienen una luz de 13 m, con una flecha de 1,4 m y un espesor total de 15 cm. El diseño conceptual es por Alistair Gould, Issy Benjamin y Phil Cooper. El cálculo

de las cúpulas está hecho por John Ochsendorf, Michael Ramage y Wanda Lau (Fig.A). Fueron construidas sin encofrados en el verano de 2005 por un equipo norteamericano-ingles-español bajo la dirección de Michael Ramage, Sarah Pennal y Maxí Portal.

Una escalera tabicada proyectado y calculado por John Ochsendorf y Michael Ramage fue construida por Sarah Pennal en noviembre de 2005 (Fig.B).



Figura A.- Bóveda Tabicada de 13 m de luz, 1,4 m de flecha y 15 cm de espesor.



Figura B.- Escalera tabicada.

AGRADECIMIENTOS

Quiero mostrar mi agradecimiento sinceramente al Profesor Santiago Huerta, quien proporcionó el concepto inicial de este artículo; él ha sido una fuente permanente de nuevas ideas y un valioso colega. Quiero también agradecer a Christiane Crasemann Collins y Janet Parks por su apoyo continuo. Jose Luis González Moreno-Navarro y Salvador Tarragó me ayudaron mucho con el tema de la construcción Barcelonesa en el siglo XIX. Estoy también en deuda con Daniel Cardoso por la traducción de este artículo del Inglés al Español, y al Profesor Adell por su colaboración y constructivos comentarios.

BIBLIOGRAFÍA

Austin, P., "Rafael Guastavino's Construction Business in the United States: Beginnings and Development," *APT Bulletin*, Vol. 30, No. 4, 1999, pp. 15-19.

Association of Preservation Technology (APT) Bulletin, Vol. 3, No. 4, 1999 (reprodujo todas las patentes Guastavino).

Bannister, T., "The Roussillon Vault. The apotheosis of a 'folk' construction," *Journal of the Society of Architectural Historians*, Vol. 27, No. 3, 1968.

Bassegoda Nonell, J., *Los Maestros de Obras de Barcelona*, Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1973.

Bassegoda Nonell, J., "La obra arquitectónica de Rafael Guastavino en Cataluña," *Las bóvedas de Guastavino en América*, S. Huerta, (Ed.) Madrid, Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2001, 3-15.

Collins, G., "The Transfer of Thin Masonry Vaulting from Spain to America," *Journal of the Society of Architectural Historians*, Vol. 27, No. 3, 1968.

Diario de Barcelona, 10 de noviembre 1869, 11223.

Dilmé, L. y Fabrè, X., *Teatre 'La Massa' de Guastavino, Vilassar de Dalt 1881-2002*, Edicions UPC, 2002.

Fernández Ordóñez, J.A., *Eduardo Torroja, Ingeniero*, Ediciones Pronaos, Madrid, 1999.

Guastavino, R., *An Essay on the Theory and History of Cohesive Construction*, 2ª ed. Boston: Ticknor and Co., 1893.

Gumà Esteve, Ramon, "Origen i evolució de les tipologies edificatòries i característiques constructives dels edificis de la

indústria tèxtil a Catalunya (període 1818-1925), Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 1996.

Heyman, J., *The Stone Skeleton*, Cambridge University Press, 1995. (Publicado por el Instituto Juan de Herrera en castellano, *El Esqueleto de Piedra*, en 1999.)

Huerta, S., López, G., y Redondo, E., "Bibliografía seleccionada y comentada sobre Guastavino y la construcción tabicada," Huerta, S., (Ed.), *Las Bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2001.

Huerta, S., (Ed.), *Las Bóvedas de Guastavino en América*. Instituto Juan de Herrera, Madrid, 2001.

Huerta, S., "Mechanics of Timbrel Vaults: A Historical Outline," *Essays on the History of Mechanics*, Ed. Becchi, Corradi, Focce, y Pedemonte, Birkhauser Prensa, 2003.

Loren, M., "La Construcción de la Identidad Arquitectónica Norteamericana en el Cambio de Siglo 1880-1940. una Lectura desde el Intercambio y la Aportación Española: la Obra de la Compañía Guastavino en E.E.U.U, Tesis Doctoral, Historia, Teoría y Composición Arquitectónica, Universidad de Sevilla, 2004.

Mroszczyk, L., "Rafael Guastavino and the Boston Public Library," Undergraduate thesis, MIT Department of Architecture, Cambridge, MA, 2004.

Ochsendorf, J. and Autuñá, J., "Eduardo Torroja y la <<Cerámica Armada>>," *Actas del Primer Congreso Internacional de Historia de la Construcción*, Madrid, Instituto Juan de Herrera, 2003.

Redondo Martínez, E., "Las patentes de Guastavino and Co. en Estados Unidos (1885-1939)," *Actas del Tercer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Sevilla, Instituto Juan de Herrera, 2000, pp. 895-905.

Rosell, J., "Rafael Guastavino i Moreno: Inventiveness in 19th Century Architecture," en Tarragó, S., (Ed.) *Guastavino Company (1885-1962), Catalogue of Works in Catalonia and America*, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, 2002 (artículo publicado originalmente en 1995).

Tarragó, S., (Ed.) *Guastavino Company (1885-1962), Catalogue of Works in Catalonia and America*, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, 2002.

Thompson, E., *The Soundscape of Modernity, Architectural Acoustics and the Culture of Listening in America, 1900-1933*, MIT Press, Cambridge, 2002.