

Puentes de arco del sistema Melan

Holger Eggemann
Karl-Eugen Kurrer

El sistema de construcción Melan, patentado en 1892, reconocido hoy como sistema de puentes de arco, originalmente fue un sistema de construcción de pisos, titulado en la patente: «Arcos de hierro en combinación con bóvedas de hormigón». El sistema Melan utiliza como parte de la armadura de la bóveda, vigas de arco de acero capaces de soportar cargas, es decir una, así llamada, armadura rígida (Mörsch 1954, 235).

En éste artículo se investigan las condiciones y circunstancias de las que pudo nacer esta invención; además, la aplicación, difusión y alcance del sistema Melan en Austria, Hungría, Alemania y América del norte al fin del siglo XIX, hasta llegar a su reconocimiento máximo durante los años 20 y 30 del siglo XX. En España, hubo un desarrollo paralelo del sistema Ribera durante el primer tercio del siglo XX. Se llega a la actualidad con el redescubrimiento del sistema Melan a finales del siglo XX en Europa, demostrando que el conocimiento de la historia de la construcción tiene importancia para el sector de construcciones de hoy.

RELACIÓN A LA ACTUALIDAD

Las dos ventajas principales del sistema Melan tienen diferentes aplicaciones. La primera ventaja es su enorme capacidad de carga, valorada en la construcción de edificios. Dos años después de la invención y hasta 1894, ya fueron construidos más de 100.000

m² de edificios y almacenes del tipo Melan en Austria. La otra ventaja es la posibilidad de ahorrar las cimbras, por lo que los arcos de hierro pueden sostener los elementos de encofrado. Esta ventaja ha sido aprovechada sobre todo en la construcción de puentes. Pero también se pueden aprovechar las dos ventajas en ambas aplicaciones.

En 2000, el ingeniero austríaco Peter Schallaschek recordó las ventajas del sistema Melan, cuando estaba encargado del diseño de las cimbras para un puente nuevo sobre el río Lesach en la provincia Carintia



Figura 1
Puente sobre el Lesach, antes de cerrar el arco (Peter Schallaschek)

de Austria, llamado «Stampfgrabenbrücke», de 70 m de luz. Propuso la aplicación del sistema Melan sin cimbras y así, redujo los costos por unos 75.000 Euros (Schallaschek 2004, Zimmermann 2003). En la figura 1 se ven los perfiles de acero, antes de cerrar el arco. Otros ejemplos actuales se pueden encontrar en Italia, Japón y China, entre ellos un puente sobre el Yangtze, de 400 m de luz (Ewert 2003).

JOSEPH MELAN (1853–1941)

El inventor, Joseph Melan (fig. 2), nació en Viena el 18 de noviembre de 1853. Allí estudió ingeniería civil de 1869 a 1874 en la Escuela Técnica Superior. Después, fue asistente del Profesor Emil Winkler (1835–1888) en la cátedra de ferrocarriles y construcción de puentes, donde obtuvo su habilitación en 1880 con la tesis:¹ «Theorie des Brücken- und Eisenbahnbaues». Simultáneamente, trabajaba en las oficinas técnicas de varias empresas constructoras en Viena. En 1890 fue nombrado catedrático de mecánica y estática gráfica en la Universidad de Brünn (hoy:

Brno, República Checa), lo que había enseñado hasta entonces como profesor titular. En 1895, cambió a la cátedra de construcción de puentes en la Universidad de Praga, que ocupó de 1902 a 1923. Murió en Praga el 6 de febrero de 1941 (Kurrer 2002, 480; Emperger 1941).

Joseph Melan está considerado el ingeniero más importante en el sector de la construcción de puentes en Austria. En 1888 determinó como primero los efectos de la teoría del II. orden (Melan 1888). Este libro fue traducido al inglés por D. B. Steinman en 1912. Como experto reconocido, Melan recalculó algunos de los grandes puentes colgantes de Nueva York (Kurrer 2002, 72–74; Fritsche 1941, 89).

Entre otros numerosos reconocimientos, en 1920 recibió el doctor honoris causa de la Escuela Técnica Superior de Aquisgrán por sus méritos como profesor y científico en el sector de la construcción de puentes y por sus progresos como inventor de un nuevo tipo de puentes de hormigón armado (Melan 1920).

DESDE UN SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DE BÓVEDAS HASTA EL PRIMER PUENTE

La formación del primer Comité Austríaco de Bóvedas (1889–1890)

En 1882, dos amigos, el barón Adolf Pittel y el ingeniero Víctor Brausewetter, decidieron fusionar sus empresas constructoras para trabajar juntos, bajo el nombre «Pittel & Brausewetter».² La fusión fue el resultado de una serie de colaboraciones en el nuevo campo del hormigón. Adolf Pittel había construido varios proyectos militares en hormigón apisonado hasta entonces, pero, como constató Brausewetter (1925, 213): «les faltaba el conocimiento de las condiciones estáticas». Así, en 1879, Brausewetter ya había realizado las primeras pruebas de bóvedas de hormigón sin armadura en su taller en Preßburg (hoy: Bratislava, Eslovenia).

El 23 de marzo de 1889 dio una charla ante la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de Austria (ÖIAV) sobre sus experiencias con el nuevo material, y pidió al colegio que ejecutara:³ «eingehende Parallelversuche zwischen Gewölben aus Stampfbeton und solchen nach dem System Monier unter sonst gleichen Verhältnissen» (Brausewetter 1925, 214).



Figura 2
Joseph Melan (1853–1941). (Nowak 1923, Frontispiece)

El colegio no solo aceptó la propuesta sino decidió realizar pruebas con los tipos más usuarios de bóvedas de esa época. El 22 de marzo de 1890 se constituyó el llamado «Gewölbeausschuß», entre los ilustres 21 miembros encontramos a Joseph Melan, reconocido como experto de la teoría de las bóvedas y de la construcción de puentes de hierro. En el comité obtuvo la tarea de la utilización de los resultados científicos (ÖIAV 1895, 1-2).

Primeras pruebas del Comité de Bóvedas (1891-1892)

Durante los veranos de 1891 y 1892 realizaron 17 pruebas con cuatro diferentes sistemas de bóvedas, entre ellos, el sistema Monier, bóvedas de ladrillo y de hormigón apisonado sin armadura. Las luces eran

de 1,35 m a 4,05 m (ÖIAV 1895, 1). Se puede suponer que Joseph Melan, al trabajar en este entorno, surgió la idea de combinar el nuevo material con aquello de su experiencia anterior, el hierro.

Hierro + Hormigón = Sistema Melan

El 20 de diciembre de 1891 pidió una solicitud a la oficina de privilegios (hoy: patentes) en Viena, titulado:⁴ «Neuartige Deckenkonstruktion im Wesen bestehend aus der Verbindung von eisernen Bogenrippen mit Betongewölben» (Melan 1892). Según Melan, el carácter del sistema consiste en la reunión de arcos de hierro con una bóveda de hormigón, por lo que la bóveda está reforzada. Este refuerzo se constituye especialmente cuando aparecen tensiones de tracción causadas por cargas asimétricas.

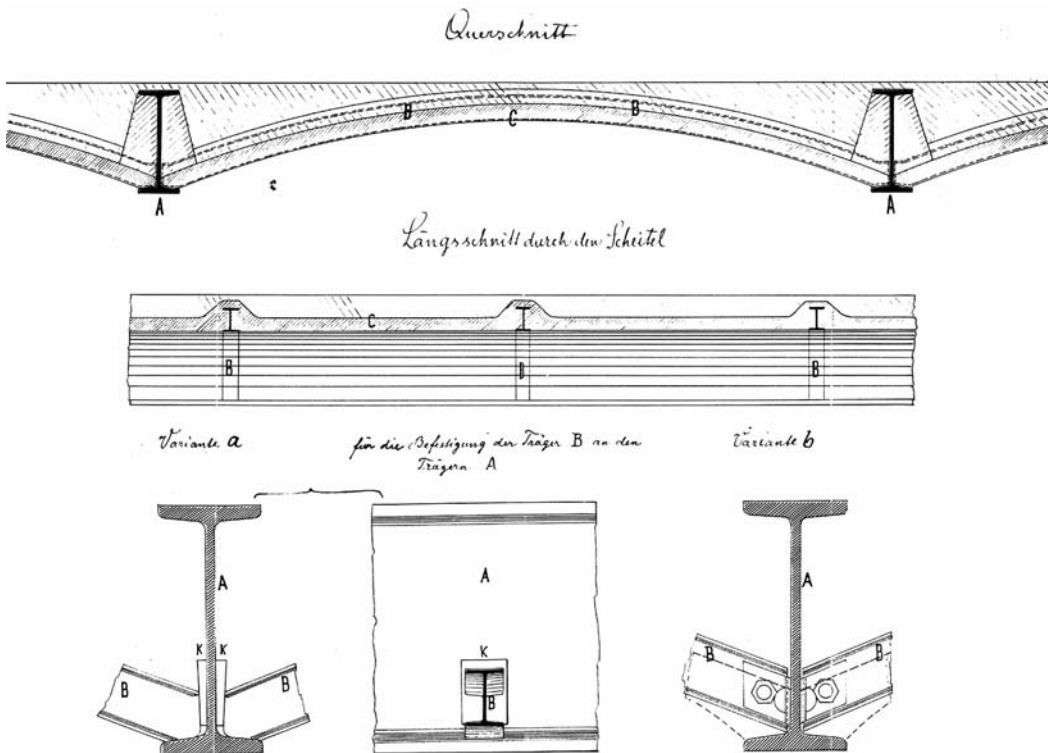


Figura 3
Privilegio de Melan (Melan 1892)

Además, los arcos permiten colocar los puntales de los encofrados para hormigonar la bóveda, a fin de que se ahorre el cimbrado, incluso con luces mayores. Melan describió cuatro ventajas principales del sistema como:

1. Menos peso comparado con bóvedas de ladrillo u hormigón usual, mientras la capacidad de carga se queda igual o se aumenta.
2. Aumento de la luz libre.
3. Una construcción rígida que resiste también a las cargas asimétricas sin apuntalamiento adicional.
4. Ejecución ligera y barata, particularmente por evitar las cimbras.

Melan reconoció en su solicitud todas estas ventajas que se han demostrado como partes importantes en la historia del sistema. Lo que reivindicó Melan como aspecto nuevo de la patente, era:

1. La reunión de arcos de hierro, montados entre transversales, con una bóveda de hormigón, envolviendo los arcos parcial-, completamente o apoyándose en ellos.
2. La manera de empotrar los arcos mediante cuñas o ángulos remachados.

Se ve que la primera anotación está muy amplia, mientras la segunda casi no tiene importancia. Como constató (Brausewetter 1925, 250), el sistema Melan, en su forma primitiva, demuestra su aptitud para la aplicación en la construcción de puentes. Esto se puede verificar, como veremos en los siguientes capítulos.

Otras pruebas del Comité de Bóvedas (1893)

Durante el verano de 1893, el Comité de Bóvedas realizó una prueba de una bóveda del tipo Melan. La prueba no se destruyó por cargas simétricas, sino por cargas asimétricas. La bóveda Melan cargó tres a cuatro veces más que los otros sistemas investigados (ÖIAV 1895). Así, bóvedas del sistema Melan fueron oficialmente valoradas, un avance importante para su aplicación.



Figura 4
Bóveda del sistema Melan, después de la rotura (ÖIAV 1895, fig. 12)

Primeros edificios y puentes en Austria

En 1892 ya, Melan dio a Brausewetter el derecho de construir sus sistemas en Austria, Hungría y Alemania (Brausewetter 1925, 250). Para Brausewetter, eso era el acceso a construir en hormigón armado, como los sistemas de Hennebique y Monier estaban en licencia de otros empresarios. Hasta 1894 la empresa «Pittel & Brausewetter» construyó unos 100.000 m³ de edificios y almacenes con bóvedas así como tres puentes de carretera de luz pequeña. Los tres puentes estaban situados en Neustadt, de 7,05 m, en Oderberg, de 11,85 m, y en Rostock,⁵ sobre el río Moldau, 6 luces de 19,50 m (Emperger 1894, 456–57).

El éxito del sistema Melan se puede explicar por la colaboración científica empresarial, representados por Melan y Brausewetter. Pero aún faltaba el representante del gobierno, para autorizar el permiso en la construcción de puentes más grandes.

ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA MELAN EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES

La transferencia de la tecnología a América por Fritz von Emperger

El 4 de abril de 1894, el ingeniero austríaco Fritz von Emperger (1862–1942) dio una conferencia ante la

Asociación de Ingenieros Civiles (ASCE) en Nueva York, titulada: «The development and recent improvement of concrete-iron highway bridges» (Emperger 1894). En ella, describió las ventajas del nuevo material para la construcción de puentes, e informó a sus colegas sobre las pruebas del «Comité de bóvedas» y los primeros puentes del sistema Melan en Europa. Al fin, dio la visión de que puentes de este tipo pudiesen alcanzar luces como los puentes de hierro. Para eso, se necesitaría «The right man and the right place, but also a third one, a right official, who will give his permit. Those three have not yet met [en Europa] . . . and on this account the engineers of this country have a good opportunity to surpass European structures» (Emperger 1894, 457).

Esta visión se realizó de pronto, ya que Emperger se había reservado los derechos para el sistema Melan por EEUU. Fundó una empresa constructora, llamada «Melan Arch. Constr. Company» y construyó los primeros puentes en el verano de 1894. Entre ellos, el puente sobre el río Housatonic en Stockbridge, Mass., de 30 m de luz. En la figura 5 se ve el puente con los puntales del andamio.



Figura 5
Puente en Stockbridge, Mass. 1894, con andamio ligero (Spitzer y Nowak 1908, 73)

En 1897, Emperger regresó a Viena, pero su empresa siguió construyendo, bajo el nombre «Concrete Steel Engineering Co.» (Foerster 1908, 33–34; Kleinlogel 1932). En el oeste de EEUU, Edwin Thacher fue representante de Emperger, y construyó el primer puente con arcos de celosía sobre el río Kansas en Topeka, 1896/97, con 5 luces de 30 m a 38 m (Emperger 1896, 337). Más tarde, Emperger inventó

un sistema propio de puentes de arco, con armadura de hierro fundido zunchado (Emperger 1913). Hasta 1924, fueron construidos más que 5.000 puentes con armadura rígida en EEUU, según Spangenberg (1924, 503).

El proyectista Joseph Melan

Emperger (1895, 1896) publicó su éxito con el sistema Melan en América en la revista de la ÖIAV, así acelerando el progreso en Austria. En 1897/98, el primer puente mayor de Austria fue erigido en Steyr. Proyectado por Melan y construido por Brausewetter, tenía 42 m de luz y solamente 1/16 de flecha, con tres articulaciones (fig. 6). El peso del encofrado y hormigón fresco fue cargado a los arcos por la mitad, la otra mitad tuvo que cargar un sistema de puntales.

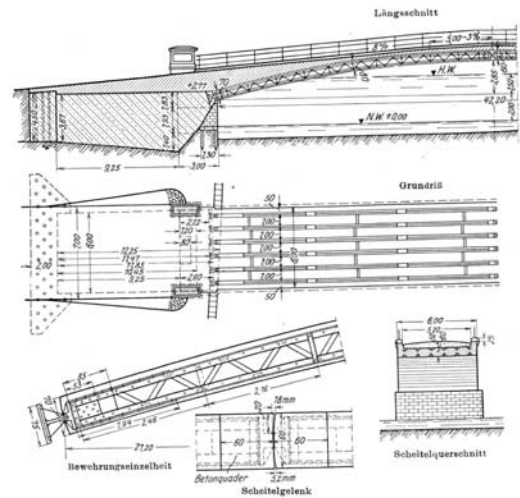


Figura 6
Puente en Steyr, Austria, llamado «Schwimmschulbrücke» (Spitzer y Nowak 1908, 49)

Junto con la empresa «Pittel & Brausewetter», Melan realizó numerosos puentes, por ejemplo en Laibach (Ljubljana), Payerbach, Bielitz, y Döberney (Melan 1911a, Prólogo). En 1900, el sistema Melan recibió la medalla de oro en la exposición universal en París.

En 1901, Melan ganó el concurso del ayuntamiento de Lausana para un puente sobre el valle del Flon. El viaducto tiene una longitud total de 227 m y debía conectar el sur de Lausana con el norte (fig. 7). Trabajaba juntos con los ingenieros «Vallière & Simon» de Lausana y la empresa «Bellorini & Rochat». La calzada tiene una anchura de 18 m, la estructura consiste en dos bóvedas de 5,8 m. Los arcos de hierro están empotrados. En la figura 8, se ve el ensamblaje de los arcos de hierro. De este puente, Melan publicó su cálculo de los esfuerzos y momentos del arco según la teoría elástica, con la relación de los módulos de elasticidad $E_{\text{hierro}} \div E_{\text{hormigón}} = 11$. Las tensiones máximas para el dimensionamiento de la sección del arco fueron calculadas en el estado II (Melan 1906, 17–24).



Figura 7
Puente «Chauderon-Montbenon», en Lausana, Suiza (Melan 1906, 5)

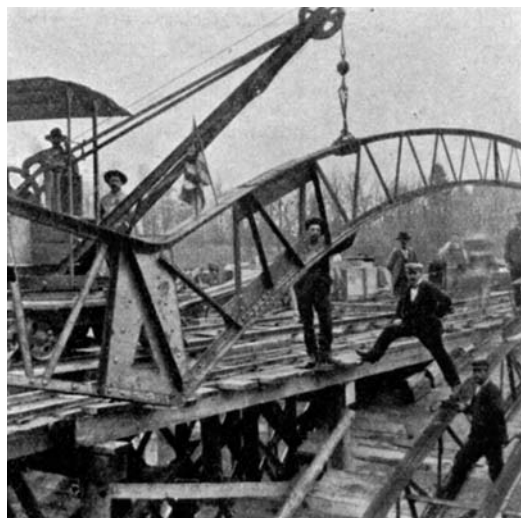


Figura 8
Puente «Chauderon-Montbenon», ensamblaje de los arcos de hierro (Melan 1911a, 7)

Mejoramiento del sistema Melan por Heinrich Spangenberg

En 1924, en una conferencia ante la junta general del «Deutscher Beton-Verein» en Berlín, Heinrich Spangenberg (1879–1936) explicó las ventajas del sistema Melan, entre ellas la posibilidad de evitar las cimbras, aplicado por ejemplo en el puente Grande Eau cerca de Les Planches en Suiza, que proyectó Melan. Los arcos de acero fueron erigidos mediante un andamio ligero, que fue desmontado después de cerrar los arcos. Así, se ahorraron 30 % de los costos. Pero Spangenberg criticó que no se podía determinar exactamente la distribución de las tensiones entre el hierro y el hormigón, porque los esfuerzos del arco crecían durante el hormigonado, y así el hormigón en los sectores primeros, ya fraguados, recibía más tensión que en los demás. Propuso un mejoramiento importante para evitar esta incertidumbre. Según él, sería útil precargar el arco de hierro con una cantidad de grava correspondiente al peso de la sección de la bóveda. Así, se pretensaría el hierro de una manera bien controlada, y se podría sustituir la grava por el hormigón fresco sector según sector, sin cambiar el estado de las tensiones dentro del hierro (Spangenberg 1924, 503–04).



Figura 9
Puente de Echelsbach, la estructura de acero con una parte del encofrado. (Duell y Gerhart 1929, 57)

Este procedimiento fue aplicado en el puente sobre el Ammer en Echelsbach, Baviera, en 1929. El arco tiene dos articulaciones, 130 m de luz y 31,8 m de flecha. En fig. 9 se ve la suspensión del encofrado a los soportes de acero del arco. El puente sobrevivió la guerra y está en servicio todavía, una placa informa al público que es el puente más grande del sistema Melan en Alemania.

EL SISTEMA RIBERA EN ESPAÑA: PARALELISMOS Y DIFERENCIAS

José Eugenio Ribera (1864–1936), ingeniero de Caminos

José Eugenio Ribera (fig. 10) nació el 6 de octubre de 1864 en Lisboa, hijo de Pedro Ribera y Griñó, ingeniero civil de Tortosa, y de Jeanne Dutasta Berger, de Burdeos, Francia. Su conocimiento natural del francés le sirvió mucho en su vida profesional. Terminó la carrera en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid en 1887 con la calificación de «Bueno», y empieza a trabajar en la Jefatura de las Obras Públicas de Oviedo, donde proyectó puentes de hierro como el de Ribadesella de 300 m de longitud, y el viaducto del Pino, sobre el Duero, con un arco de 120 m de luz (Ribera 1939, 533). El último no se realizó hasta 1915. En 1895, publicó su primero libro sobre la construcción de puentes de hierro. En 1899, ya concesionario del francés Hennebique en España, dejó el servicio del Estado, para fundar la empresa: «Sociedad J. Eugenio Ribera y Cía.», con los hermanos Manuel y Luis Gomendio (CICCP 1982, 119).

J. Eugenio Ribera es considerado una de las figuras más importantes en la introducción del hormigón armado a España. Entre muchas obras más, proyectó en total unos 500 puentes. De 1918 a 1931, fue profesor de la asignatura «Puentes de fábrica y de hormigón armado» en la Escuela de Madrid. Los gobiernos de Francia y España le otorgaron las condecoraciones más altas de sus países, entre ellas las grandes cruces de Isabel la Católica. Ribera murió el 17 de mayo de 1936.

En relación con los puentes metálicos, vemos que Ribera tenía experiencias similares a esas de Melan a finales del siglo XIX. Así, Ribera también tuvo la idea de combinar arcos de hierro con el material nuevo, el hormigón.



Figura 10

José Eugenio Ribera (1864–1936). (CICCP 1982, 55)

El sistema Ribera como liberación del sistema «Hennebique»

En 1902, Ribera obtuvo una patente titulada: «Un procedimiento de construcción propio y nuevo, aplicable a bóvedas y puentes de hormigón armado». Esto fue «principalmente caracterizado por la introducción en las bóvedas ó arcos de hormigón de vigas de doble T, de alma llena ó celosía, arriostrados entre sí, empotrados en los apoyos ó articulados en la clave y los arranques, envolviendo en ciertos casos estas vigas, con tejido metálico» (Ribera 1902, 3).

En el dibujo de la patente (fig. 11), se ve que el sistema Ribera, en la aplicación a bóvedas, tiene mucha similitud al sistema Melan, pero también hay la novedad de un puente de dos arcos gemelos con armadura rígida. El aspecto constructivo describió así: «Consiste en constituir la armadura metálica de las bóvedas por vigas en doble T, sencillas ó armadas . . . que tengan por sí solas resistencia y solidaridad suficiente para sostener el peso muerto del hormigón en que han de envolverse. El hormigón entonces, una vez fraguado tendrá que resistir a los esfuerzos pro-

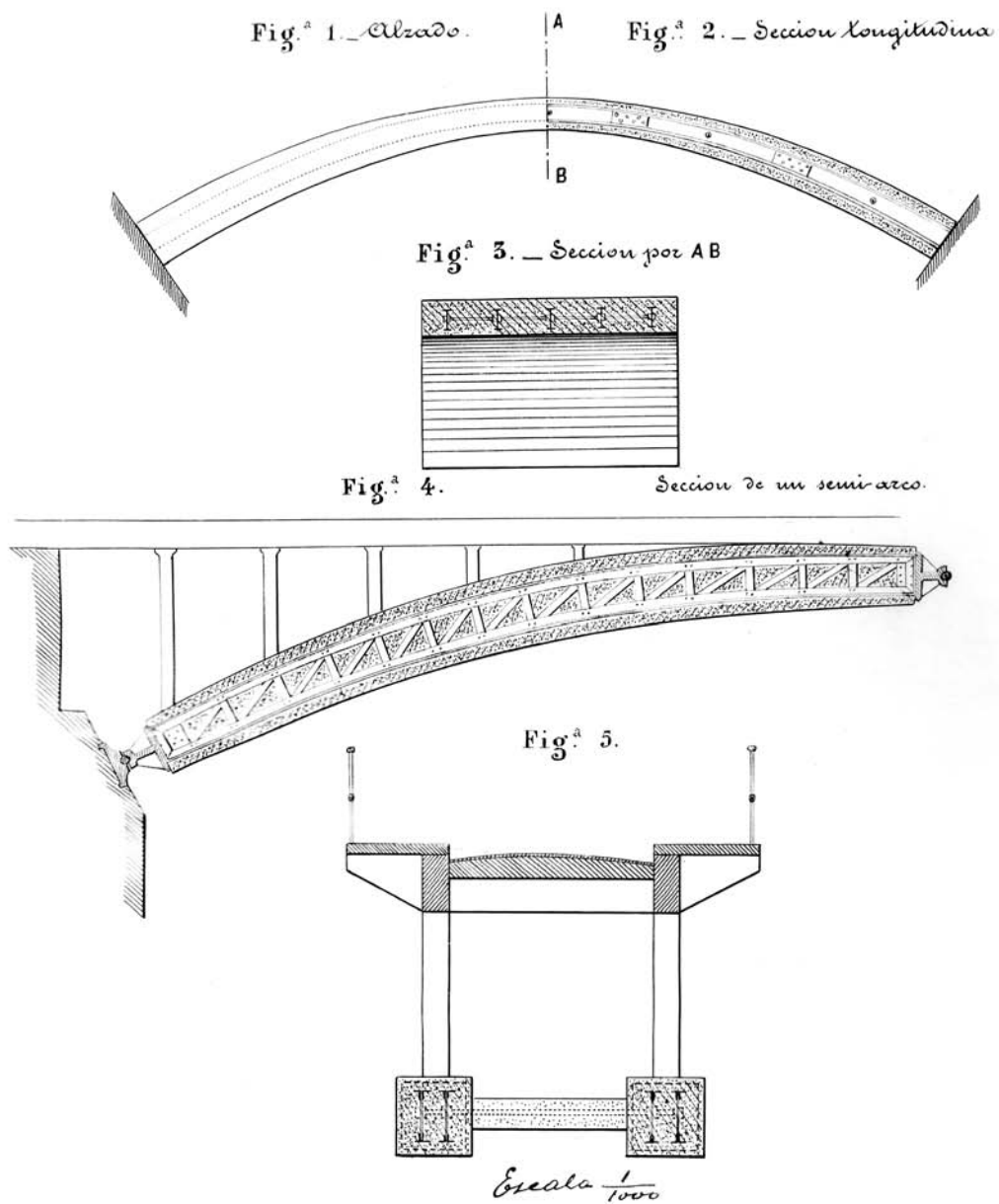


Figura 11
Patente de Ribera, 1902

ducidos por el peso muerto del tablero y el de las sobrecargas» (Ribera 1902, 2).

El motivo de su invención describió en el tomo 4 de su obra maestra *Puentes de fábrica y hormigón armado*, en una nota: «Para facilitarnos la construcción de los arcos de H. A. y liberarnos al mismo tiempo de la onerosa tutela de las patentes de Hennebique, de que era entonces uno de los concesionarios, el autor obtuvo en 1902 patente de invención por veinte años (ya caducada) por este sistema de armaduras para arcos» (Ribera 1932, 73).

Así encontramos la razón principal para el desarrollo de un sistema propio. Ribera quería liberarse de Hennebique para poder construir en hormigón armado por su cuenta. Así como había aprovechado Brausewetter la invención de Melan para entrar en el mercado del hormigón armado en Austria. Por otro lado, las partes de Melan y Brausewetter, científico (o sea proyectista) y empresario, fueron unidas en Ribera en una sola persona.

Una invención paralela

En su patente, Ribera describió el proceso de la invención: «Demostrada por otra parte la solidaridad perfecta que ofrecen los elementos hierro y cemento en los pilares de hormigón armado, en los que el hierro trabaja a la compresión simultáneamente con el hormigón de cemento, se comprende la conveniencia de aplicar igual sistema a la construcción de bóvedas y principalmente a puentes. . . . Un minucioso estudio de la cuestión me ha llevado a imaginar un sistema que a mi juicio mantiene toda la economía y ventajas inherentes a la combinación racional de hierro y cemento en las bóvedas, sin el inconveniente de sus excesivos costes de mano de obra y cimbras» (Ribera 1902, 1).

En relación al sistema Ribera constató Juan José Arenas (2002, 2: 965): «Es un procedimiento que en sus aspectos básicos proviene del patentado por el ingeniero austríaco Melan, como el propio Ribera reconoce». Pero en la dicha nota, menos que reconocer, Ribera se dio cuenta del sistema Melan así: «Posteriormente se enteró de que el ingeniero austríaco Melan aplicó igual procedimiento en algunos puentes, cuyo empleo se extendió en Alemania y América con el nombre de sistema Melan, aunque con menores ventajas que en España por ser en aque-

llos países mucho más barata la madera» (Ribera 1932, 73; similar Ribera 1928, 345).

Es verdad que Melan, a pesar de describir la posibilidad de evitar las cimbras en su privilegio, en la mayoría de los puentes utilizaba un andamio para erigir los arcos de hierro. Pero se puede suponer que Ribera no conocía la invención de Melan al pedir su patente. Hasta 1902, los primeros puentes Melan fueron publicados solamente en las revistas de ingeniería en Austria y América, mientras Ribera, con su experiencia en la construcción de puentes de hierro y en el sistema «Hennebique», solamente tenía que juntar los dos para llegar al sistema Ribera.

Se puede añadir que Ribera evitaba en la mayoría de los casos, mencionar el nombre de Melan en sus publicaciones, tal como lo describió Juan José Arenas (2002, 2: 974), refiriéndose a un artículo de Ribera (1936): «Como puede verse, no hay ninguna referencia a Melan». Para colmo, en relación con el puente de Echelsbach escribió Ribera (1932, 177): «Con armaduras rígidas para dos arcos gemelos, todo ello de nuestro tipo, . . . es casi una reproducción de nuestro proyecto de puente viaducto de Pino Únicamente difiere en que se han envuelto en hormigón los entramados metálicos de arcos, palizadas y tableros.» Eso no necesita comentario, excepto que no mencionó el mejoramiento de Spangenberg en este caso. Por otro lado, Melan (1911) tampoco hizo referencia al sistema Ribera en su libro «Der Brückenbau». En 1928, en el II Congreso de Ingenieros de Puentes en Viena, se encontraron los tres: Spangenberg presentó el mejoramiento del sistema «Melan», este mismo presentó un puente, y Ribera (1929) dio una ponencia sobre la aplicación de cajones de hormigón armado en los cimientos. Pero dejemos estas controversias para volver a los puentes.

El primer puente construido sin cimbras

El primer puente de hormigón con armadura rígida construido sin ningún tipo de cimbras es el acueducto del Chorro, Málaga, de 1904, según Ribera (1928, 344). En otro lugar informa que era el puente de Golbardo, Santander, de 1902 (Ribera 1932, 78), pero existe una foto de este puente en construcción, donde se ven los andamios ligeros, como los utilizaba también Melan en sus proyectos (CICCP 1982, panel



Figura 12
Acueducto del Chorro, Málaga (Ribera 1932, 266)

22). El acueducto del Chorro, proyectado y construido en solamente tres meses, atraviesa en 100 metros de altura la garganta con paredes verticales, fig. 12. El proceso del ensamble de la armadura mediante cables y el procedimiento del hormigonado están descritos precisamente en (Ribera 1932, 80–81).

El éxito del sistema Ribera en España

El puente de San Telmo en Sevilla publicó Ribera (1922) en la revista alemana «Beton und Eisen». Explicó allí que se ocupaba siempre de la ejecución de las obras, por que tiene más influencia a los gastos que la minimización de las secciones o del acero. También informó al público alemán hablante que propuso su sistema para las carreteras del estado. En 1922, la Dirección general de obras públicas encomendó a Ribera la redacción de modelos oficiales de puentes en arco para caminos vecinales y carreteras de tercer orden. «La facilidad de construcción que habíamos comprobado en nuestros puentes de Gorbardo y Ganzo, que merced a sus armaduras rígidas

permitieron su montaje con ligerísimos andamios, nos impulsó a adoptar una disposición parecida, si bien sustituyendo las viguetas en doble T en aquellos puentes empleadas, por cerchas con celosía de angulares, que posteriormente aplicamos» (Ribera 1932, 95). Entonces, con la adaptación del sistema Ribera a los modelos oficiales, el éxito estaba completo.

Terminamos el capítulo con un ejemplo del ingenio de Ribera en la ejecución de sus obras. En la figura 13 se observa el montaje de los arcos mediante una grúa flotante. Se trata del puente de San Telmo en Sevilla, con dos arcos de 44 m de luz, sistema Ribera y un tramo central levadizo, sistema Scherzer, de 50 m (fig. 14). La disposición general de los arcos es la empleada en los modelos oficiales (Ribera 1932, 130).

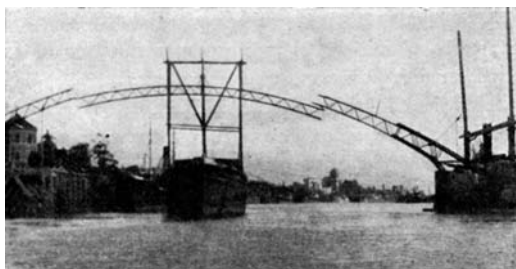


Figura 13
Montaje del puente de San Telmo. (Ribera 1932, 87)



Figura 14
El puente de San Telmo en Sevilla. (Ribera 1932, 131)

RESUMEN

El sistema Melan, originalmente fue valorado por su capacidad de carga. Pero dentro de poco tiempo, sobre todo en la construcción de puentes, lo aplicaron más por las ventajas en la ejecución de las obras, con potencial enorme de reducir los costos. Eso sobre todo en América, donde el trabajador especializado ya tenía un sueldo importante a finales del siglo XIX. Ahora, esta ventaja es la más importante, demostrado por el ejemplo del «Stampfgrabenbrücke». El sistema tiene ventajas aprovechables en valles profundos y en luces muy grandes. Así pues, la aplicación del sistema Melan requería y todavía requiere empresas constructoras con conocimientos de ambos materiales, de hormigón armado y de acero.

Al lado de una pequeña controversia, hemos llegado a la conclusión de que se puede considerar el sistema Ribera como invención paralela, que tenía tanto éxito en España por reunir las tres partes más importantes en la persona de Ribera: la del científico-proyectista, la del empresario y la del gobierno por participar y adaptar su sistema en los modelos oficiales. En 1908 ya, en el «Handbuch für Eisenbetonbau», se distinguió nada menos que cinco sistemas de puentes de arco de hormigón con armadura rígida, llamados por sus inventores: Wunsch, Melan, Ribera, von Emperger y Möller (Spitzer y Nowak 1908, 79). El ingeniero alemán Gesteschi (1911, 359) consideró el sistema Ribera muy similar al sistema Melan, pero con diferencias importantes en la erección de los arcos mediante cables. Comparando las partes ingeniosas de Melan y Ribera, parece claro que Melan era más científico-teórico, mientras Ribera era más ingeniero-práctico, debido a que él mismo se ocupaba mucho de la ejecución de sus proyectos. Las dos partes se pueden aprovechar hoy en día en el relanzamiento de la armadura rígida.

NOTAS

1. «Teoría de la construcción de puentes y sistemas ferroviarios»
2. La empresa constructora «Pittel & Brausewetter» todavía existe hoy, tiene su sede capital en Viena.
3. «Pruebas paralelas entre bóvedas de hormigón apisonado y bóvedas del sistema Monier, por lo demás de las mismas condiciones»
4. «Nuevo tipo de construcción de pisos formado por arcos de hierro en combinación con bóvedas de hormigón»
5. Neustadt en Silesia se llama hoy Prudnik, está en el sudoeste de Polonia, Oderberg se llama hoy Bohumín, está en el este de la República Checa, y el mencionado Rostock se llama hoy Roztoky, está al norte de Praga (DuMont Weltatlas. Köln: DuMont 1997).

LISTA DE REFERENCIAS

- Arenas de Pablo, Juan José. 2002. *Caminos en el aire: los puentes*. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería 57. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Brausewetter, Victor. 1925. Erinnerungen an die Entstehung und Entwicklung der Beton- und Eisenbetonbauweise in der Zeit von 1867 bis 1925. *Beton und Eisen* 24: 212–15; 250–52.
- CICCP. 1982. J. Eugenio Ribera: *Ingeniero de Caminos 1864–1936*. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería 14. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Duell, Ferdinand; Gerhart, Rudolf: Die Echelsbacher Brücke. Berlin: Ernst & Sohn 1931.
- Emperger, Fritz von. 1894. The development and recent improvement of concrete-iron highway bridges. En *Transactions, ASCE*, Vol. 31, No. 703, 437–57.
- Emperger, Fritz von. 1895. Betonbrücken, «System Melan», in Nordamerika. *ZÖIAV* 47: 552–53.
- Emperger, Fritz von. 1896. Eine monumentale Betonbrücke. *ZÖIAV* 48: 336–37.
- Emperger, Fritz von. 1913. *Neuere Bogenbrücken aus umschnürten Gußeisen, System Dr. Ing. Fritz Edler von Emperger*. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn.
- Emperger, Fritz von. 1941. Joseph Melan †. En *Beton und Eisen* 40: 110.
- Ewert, Sven. 2003. *Brücken: die Entwicklung der Spannweiten und Systeme*. Berlin: Ernst & Sohn.
- Foerster, M. 1908. Die Grundzüge der geschichtlichen Entwicklung des Eisenbetonbaus. En *Handbuch für Eisenbetonbau, Erster Band*. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn.
- Fritzsche, J. 1941. Prof. J. Melan †. En *Bauingenieur* 22: 89–90.
- Gesteschi, Theodor. 1911. Bogenbrücken und Überwölbungen. En *Handbuch für Eisenbeton*. 2. Neub. Aufl. Sechster Band: Brückenbau. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn.
- Kleinlogel, A. 1932. Zum 70. Geburtstag F. von Empergers. En *Beton und Eisen* 31: 1–2.
- Kurrer, Karl-Eugen. 2002. *Geschichte der Baustatik*. Berlin: Ernst & Sohn.
- Melan, Joseph. 1888. Theorie der eisernen Bogenbrücken und der Hängebrücken. En *Der Brückenbau. Handbuch*

- der Ingenieurwissenschaften*. II. Band. Vierte Abteilung. Eiserne Bogenbrücken und Hängebrücken, bearb. v. J. Melan u. T. Schäffer, hrsgn. v. T. Schäffer u. E. Sonne, 2., umgearb. u. verm. Aufl., 1–144. Leipzig: Engelmann.
- Melan, Joseph. 1892. Neuartige Deckenkonstruktion im Wesen bestehend aus der Verbindung von eisernen Bogenrippen mit Betongewölben. Privileg Nr. 42/3211. K. K. Privilegien Archiv.
- Melan, Joseph. 1906. *Die Beton-Eisen-Brücke Chauderon-Montbenon in Lausanne*. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn.
- Melan, Joseph. 1911. *Der Brückenbau*. II. Band: Steinernen Brücken und Brücken aus Beton-Eisen. Leipzig/Wien: Deuticke.
- Melan, Joseph. 1911. *Einige neuere Brückenausführungen in Eisenbeton nach Bauweise Melan*. (zus. mit Konrad Kluge von der Betonbau-Unternehmung Pittel u. Brausewetter). Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn 1911. 2. erw. Aufl.
- Melan, Joseph. 1920. Ehrendoktorat der RWTH Aachen. En *Würdigung seiner großen Verdienste als Lehrer und Forscher auf dem Gebiete des Brückenbaues und Verbundbaues und seiner hervorragenden Leistungen als Konstrukteur neuartiger Eisenbetonbrücken*. Archivo histórico de la Universidad Aachen (RWTH).
- Mörsch, Emil. 1954. Puentes abovedados. En *Manual teórico-práctico del hormigón*. Tomo 2: 210–62. Edición en castellano correspondiente a la 41ª edición del Beton-Kalender. Buenos Aires: El Ateneo.
- Nowak, August (Editor). 1923. *Joseph Melan zum siebzigsten Geburtstage. Gewidmet von seinen dankbaren Schülern*. Leipzig, Wien: Franz Deuticke.
- ÖIAV. 1895. Bericht des Gewölbe-Ausschusses. Veröffentlicht in der Zeitschrift des Österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, 1895, Nr 20–34. ÖIAV: Wien.
- Ribera, J. Eugenio. 1902. Un procedimiento de construcción propio y nuevo, aplicable a bóvedas y puentes de hormigón armado. Patente de Invención, Oficina Española de Patentes y Marcas. 9 de junio de 1902. Expediente 29.936.
- Ribera, J. Eugenio. 1922. Die Brücke San Telmo über den Guadalquivir in Sevilla. *Beton und Eisen* 21: 129–30.
- Ribera, J. Eugenio. 1928. Avantages des Armatures Rigides pour la Construction des Grands Arcs en Beton Armé. *ZÖIAV* 80: 343–45.
- Ribera, J. Eugenio. 1929. Fondation par caissons en béton armé. En *Report of the 2nd International Congress for Bridge- and Structural Engineering*. 678–82. Wien: Julius Springer.
- Ribera, J. Eugenio. 1932. *Puentes de Fábrica y Hormigón Armado*. Tomo 4: Puentes de Hormigón Armado. Madrid: Sucesores de Rivadeneyra.
- Ribera, J. Eugenio. 1936. Progresos constructivos de la ingeniería Española. ROP, n. 2.691. En *CICCP* 1982.
- Ribera, J. Eugenio. 1939. Necrologia en la Enciclopedia Universal Ilustrada Europeo-Americana, Suplemento Anual, 1936–1939, Primera Parte, 533–34.
- Schallasek, Peter. 2003. Die Stampfgrabenbrücke im Leisachtal/Kärnten – eine Melan-Bogenbrücke. *Stahlbau* 72: 196–99.
- Spangenberg, Heinrich. 1924. Eisenbetonbogenbrücken für große Spannweiten. *Bauingenieur* 5: 461–68; 503–12.
- Spitzer, J. Adolf; Nowak, August. 1908. Bogenbrücken und Überwölbungen. En *Handbuch für Eisenbeton. Dritter Band: Bauausführungen aus dem Ingenieurwesen*. Dritter Teil: Brückenbau und Eisenbahnbau. Berlin: Ernst & Sohn.
- Zimmermann, Welf. 2004. Der Bau der Stampfgrabenbrücke. *Beton- und Stahlbetonbau* 99: 304–10.