

# El Puente Colgante de Valladolid

## Propuesta para la incoación del Puente Colgante de Valladolid como Bien de Interés Cultural



*«Es un bello ejemplar de la arquitectura en hierro, temprano cronológicamente en relación al resto de España y que ejercerá en la ciudad una influencia notable, pues se observa cómo paulatinamente aumenta la participación del hierro en las construcciones a partir de esa fecha.»*

Valladolid en el siglo XIX,  
María Antonia Virgili Blanquet

## Índice

1º.- Introducción .....	2
2º.- Descripción General.....	3
3º.- Medio Físico.....	5
4º.- Morfología .....	6
5º.- Historia .....	9
6º.- Obras e intervenciones .....	24
7º.- Valoración patrimonial .....	26
8º.- Propuesta de delimitación de BIC .....	31
9º.- Plan de Restauración .....	33
10º.- Bibliografía y fuentes .....	35
11º.- Anexo Gráfico .....	38
12º.- Anexo Documental histórico.....	48

## 1º.- Introducción

La presente memoria constituye una recopilación sucinta de la información descriptiva, histórica y cultural asociada al **Puente Colgante de Valladolid**, así como del conjunto de valores que reúne desde múltiples enfoques, su relevante interés artístico, histórico y técnico. El Ayuntamiento de Valladolid entiende que estas características hacen que este puente reúna, de forma singular y relevante, los valores recogidos en el artículo 1.2 de la Ley 12/2002, de 11 de julio, de Patrimonio Cultural de Castilla y León; unos valores que justificarían la incoación de la tramitación de su declaración como **Bien de Interés Cultural** a la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Consejería de Cultura y Turismo de la Junta de Castilla y León, en la categoría de **Monumento**, e incluirlo en el Registro de Bienes de Interés Cultural de Castilla y León, todo ello conforme se establece en los capítulos I y II del Título II de la Ley 12/2002, de 11 de julio.

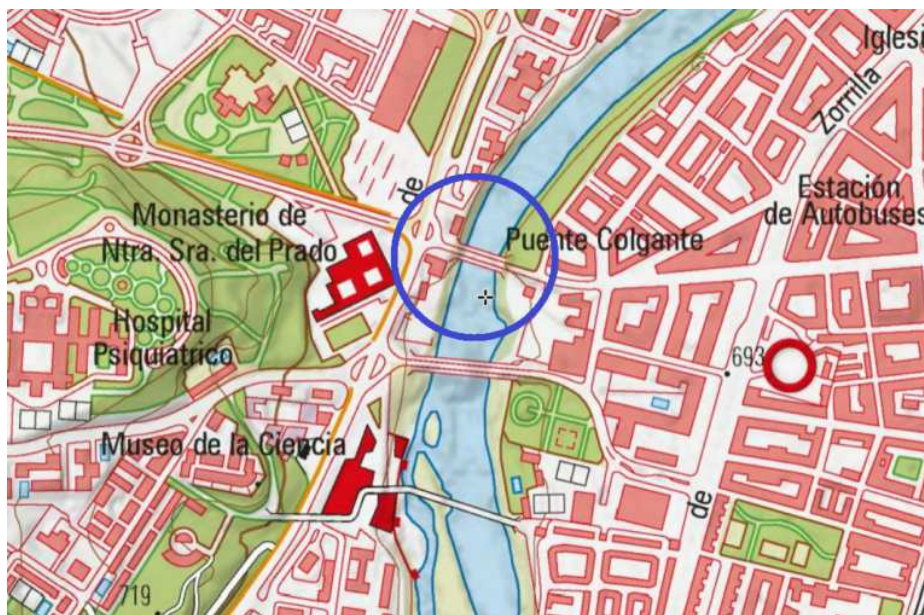
Tal y como se refleja en el art. 8 de dicha Ley, tienen la consideración de Monumento *«la construcción u obra producto de actividad humana, de relevante interés histórico, arquitectónico, arqueológico, artístico, etnológico, científico o técnico, con inclusión de los muebles, instalaciones o accesorios que expresamente se señalen como parte integrante de él, y que por sí solos constituyan una unidad singular»*.

Así mismo se acompaña de una serie de propuestas para su valorización, un conjunto integral de acciones que el Ayuntamiento de Valladolid prevé realizar sobre esta importante construcción, con el objeto de ponerla en valor y que mantenga la relevante importancia que ha tenido en la historia de la ciudad. Estas propuestas conllevan la investigación y análisis de este puente de cara a su protección y conservación, lo que posibilitará su conocimiento por los ciudadanos y que pueda ser una herencia para las generaciones futuras.

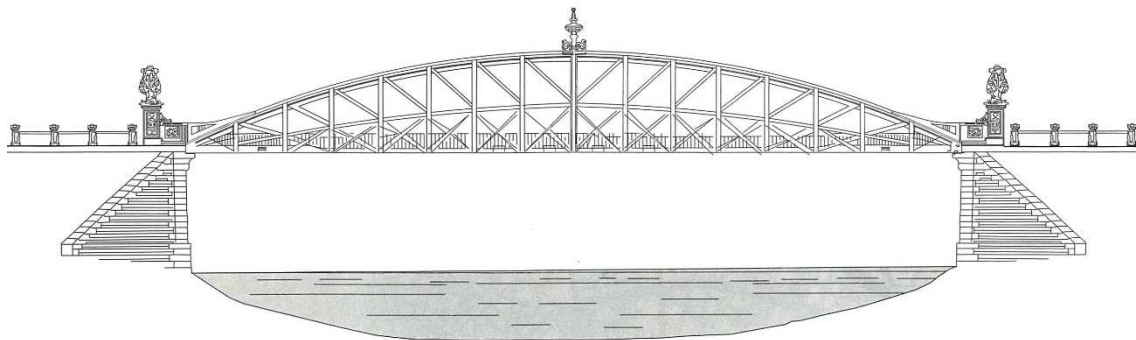
Esta memoria está redactada por el arquitecto municipal Óscar Burón Rodrigo, vocal representante del Ayuntamiento de Valladolid en la Ponencia Técnica de la Comisión Territorial de Patrimonio Cultural de Castilla y León.

## 2º.- Descripción General del Puente Colgante

El Puente Colgante sobre el río Pisuerga en Valladolid, llamado originariamente también Puente de Prado y Puente de Hierro, se sitúa en las coordenadas 41º 38' 27,49" N, 4º 44' 35,88" W y una altura del tablero sobre el nivel del mar de 689,95 metros<sup>1</sup>, dentro del núcleo urbano de la ciudad, si bien está situado a las afueras del casco histórico.



De los 12 puentes y dos pasarelas peatonales con los que cuenta la ciudad en la actualidad sobre el río Pisuerga<sup>2</sup> fue el segundo en ser construido para dar una conexión alternativa al núcleo urbano; pese a que la elección del lugar y el primer proyecto se remontan al año 1851, tras varias vicisitudes fue inaugurado el 20 de abril de 1865 bajo un proyecto distinto. Su tipología corresponde a la denominada “Arquitectura del Hierro”, una estructura de hierro forjado en tipología de *arco atirantado* sobre apoyos laterales de fábrica de sillería y pedestales de fundición. Tiene un tablero de 75,70 m de largo y 7 m de anchura, salvando un único vano de 67,7 m mediante un suelo que en origen era de madera de pino, hoy rejilla electrosoldada en la calzada y soleras de hormigón conformando aceras.



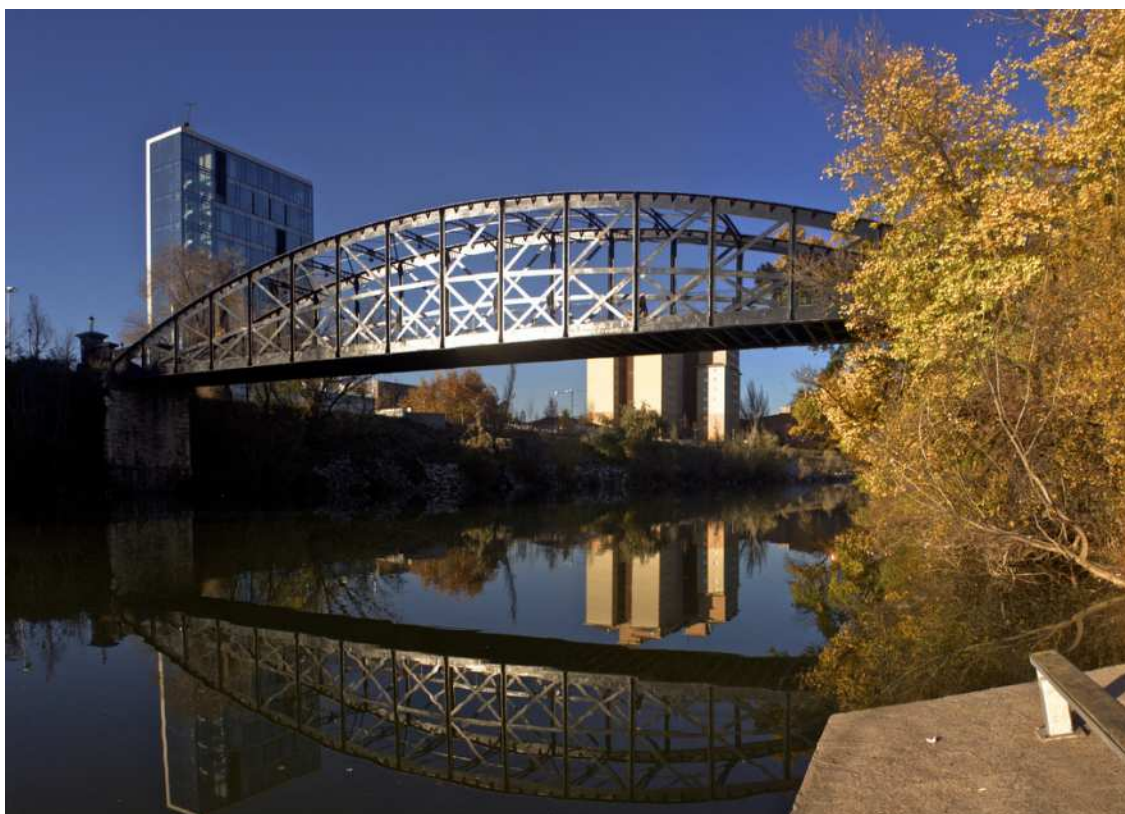
<sup>1</sup> Instituto Geográfico Nacional, visor IBERPIX v. 4.4.5

<sup>2</sup> Existen otros 15 puentes y 13 pasarelas sobre el río Esgueva, y dos puentes más sobre el río Duero en el barrio de Puente Duero, más un conjunto extenso de pequeños puentes sobre el Canal del Duero.

Constituye uno de los elementos urbanos históricos de primer orden en Valladolid, pues se trata de uno de los símbolos más característicos de la ciudad para los vallisoletanos, en buena medida por el alto valor artístico e histórico de este puente, de gran belleza.

El Puente Colgante se encuentra incluido en el Catálogo de Bienes Protegidos del vigente Plan General de Ordenación Urbana de Valladolid<sup>3</sup>, bajo la **ficha EC-21** con un **nivel de protección P2** “Protección Integral”, nivel que caracteriza a aquellos edificios e infraestructuras que, poseyendo un gran valor arquitectónico y un interés en la historia de la ciudad, no alcanzan el valor monumental propio de los Bienes de interés Cultural.

Este puente se encuentra fuera del ámbito declarado Conjunto Histórico-Artístico de Valladolid el 15 de julio de 1978, y también fuera del ámbito regulado por el vigente Plan Especial del Casco Histórico de Valladolid<sup>4</sup> aprobado en 1996. Tampoco se encuentra dentro de la delimitación del ámbito de protección equivalente regulado en la Revisión del Plan General de Ordenación Urbana, a día de hoy en tramitación con una segunda exposición pública finalizada en enero de 2019.



---

<sup>3</sup> Orden FOM/1084/2003, de 18 de agosto (B.O.P. de Valladolid de 27 de febrero de 2004) que aprueba la *Modificación del Plan General de Ordenación Urbana de Valladolid para su adaptación a la Ley 5/1999, de 8 de abril, de Urbanismo de Castilla y León*, aprobado en pleno en el Ayuntamiento de Valladolid el día 18 de agosto de 2003, y publicado en el B.O.C.y L. número 165 de 27 de agosto de 2003.

<sup>4</sup> Plan Especial del Casco Histórico de Valladolid, aprobado por el Pleno del Ayuntamiento de Valladolid de 7 de mayo de 1997 (B.O.P. de Valladolid de 3 y 19 de junio de 1997)

### 3º.- Medio Físico

El término municipal de Valladolid recoge, además del río Esgueva, el curso de dos grandes ríos de importancia nacional, el Pisuerga y el Duero, afluente el primero en el segundo pese a aportar un mayor caudal medio. Si en el Medievo el Duero sirvió como marca de batallas y delimitador de fuerzas con los musulmanes, el Pisuerga siempre fue sinónimo de camino y conexión desde la Antigüedad. Caudaloso al recibir importantes aportes de las provincias palentina y burgalesa, necesitó la construcción de fuertes e importantes puentes para salvarle en la Edad Media, como el Puente Mayor y los puentes de Simancas y Cabezón, que fueron acompañados mucho más tardíamente por otros puentes modernos como este que nos trae aquí, el Puente Colgante de Valladolid.

Precisamente esta circunstancia es la que ha dificultado la construcción de nuevos puentes, la existencia de avenidas de cierta importancia cada pocos años, que obligaban al reparo constante de los puentes de piedra que existían en Valladolid y en los municipios cercanos, como el de cabezón, Simancas, Tordesillas o el de Puente Duero. Por citar ejemplos de riadas producidas sobre la ciudad a lo largo de la historia, podemos citar las primeras conocidas en los años 1168, 1203, 1258, 1286, 1403, 1435, y 1488<sup>5</sup>.

Cuando fue construido, el entorno de este puente estaba casi completamente vacío de edificaciones, se situaba junto al Monasterio de Prado, que desde 1851 era un presidio y más tarde, en 1899, fue manicomio; el objetivo era unir los caminos de Salamanca-Zamora con el



de Calatayud-Zaragoza, dando además accesibilidad a la estación de ferrocarril que ya se pretendía realizar por aquellos momentos. Sin embargo, hoy, el contexto es muy diferente del que lo vio nacer, ha pasado a ser un ámbito antrópico y absorbido por la ciudad moderna, si bien aún se

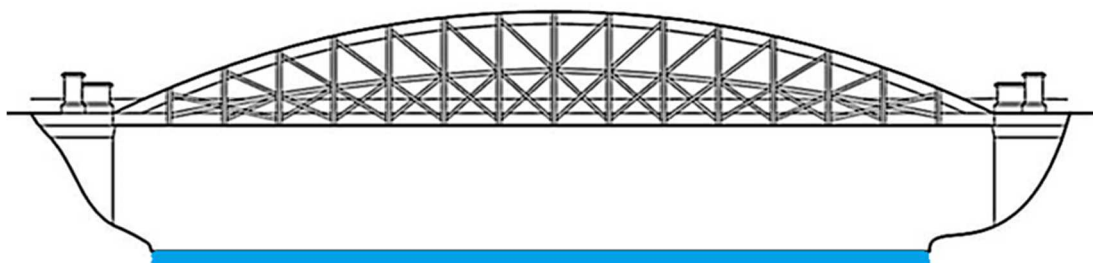
mantienen en buena medida las condiciones de bosque de ribera que existe en sus orillas con cierto valor natural y paisajístico, favorecidas por las intervenciones que se han venido realizando en las últimas décadas sobre las riberas, tanto por el Ayuntamiento de Valladolid como por la Confederación Hidrográfica del Duero.

---

<sup>5</sup> Ver el trabajo de Daniel de Cortázar “Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Valladolid” en el libro *Memorias de la Comisión del Mapa geológico de España*. PP. 29-42.

## 4º.- Morfología

Hemos de comenzar aclarando que, curiosamente, su denominación es incorrecta, pues su estructura no es colgante, sino que es un sistema de “arco atirantado” o *Bow-String* en el que el tablero está sostenido en sus dos flancos laterales por dos grandes estructuras –cuchillos– de hierro forjado formadas por una viga en arco superior y otra viga curva intermedia, atirantadas ambas en sus extremos por una viga horizontal inferior; cosiendo las tres vigas de cada flanco se dispone un entramado de perfiles verticales y diagonales en celosía, todo ello con uniones roblonadas en caliente con palastros. Sobre el cordón inferior de esas vigas horizontales se sujetan las barandillas de fundición y el tablero, de vigas de madera, soportado por viguetas de hierro transversales dispuestas cada metro. Entre ambos cordones superiores se sitúan otros perfiles transversales para el arriostramiento.



Los apoyos en los estribos irán, en cambio, en hierro fundido, formando en su conjunto una estructura de casi 35 toneladas de acero tratado; bajo dichos apoyos en los extremos el peso se reparte entre los estribos, realizados en fábrica de sillería caliza de gran calidad.



*Le pont en fer sur la Pisuerga, foto coloreada de J. Lévy et Cie, 1888.*

Un **puente en arco atirantado** es una estructura en la que las fuerzas horizontales de la cuerda superior en arco son compensadas por la tensión de la cuerda inferior formada por tirantes, en lugar de hacia los apoyos del puente. Los empujes hacia abajo en el tablero se convierten por tracción en fuerzas verticales del tablero hacia el arco curvado superior, tendiendo a aplanarlo y presionando, por tanto, sus extremos hacia los estribos extremos; pero la cuerda inferior funciona como tirante entre dichos extremos evitando el movimiento hacia afuera. La forma de cada cuchillo lateral responde, con honestidad estructural, al momento flector que debe soportar, que es mayor en el centro del puente y casi nulo en los extremos.

Dadas sus características, este tipo de puente permite que sea montado por completo fuera de su ubicación final y posteriormente ser colocado en su sitio, como así ocurrió con el Puente Colgante de Valladolid.

El proyecto original que se preveía construir en 1851 era el de un puente colgante, y pese a que terminó construyéndose un proyecto con un sistema diferente, este puente, que en principio se llamaba “de Villa de Prado” terminará por recibir el nombre erróneo de “Puente Colgante” y trasladándose así al callejero municipal.

Aunque la longitud salvada por este puente es menos de la mitad de la del Puente Mayor, tiene la ventaja de no tener apoyos intermedios que obstaculizan el curso del agua, por lo que al final el caudal pasa por él más fácilmente que en el puente medieval. Considerando una velocidad de 10 km/h para la corriente de agua, permite un paso de 1.808 m<sup>3</sup> por segundo<sup>6</sup>.

En España podemos encontrar otros ejemplos antiguos de puentes con esta técnica Bow-String, entre otros el Puente de Monzón (Huesca) construido en 1875, el Puente de Riola (Valencia) en 1900, el Puente de Cullera (Valencia) en 1905, el Puente de Villafer (León) en 1908, el Puente de Abilio Calderón (Palencia) en 1911, y el Puente de La barca de La Florida (Cádiz) en 1926. En la actualidad siguen construyéndose puentes con este sistema, como el puente de la Barqueta que, a finales de los años 80, diseñó Juan José Arenas para la Expo de Sevilla de 1992<sup>7</sup>.



Puente Colgante, postal Ediciones Guillén, año 1908.

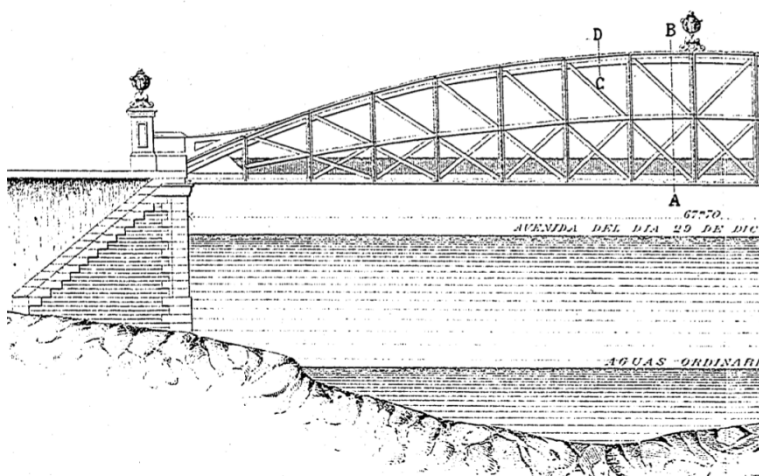
otros dos eran advertencias que intentaban evitar una posible entrada en resonancia de la estructura del puente, que pusiera en peligro su integridad y estabilidad ante movimientos rítmicos acompasados: “Prohibida la circulación de grupos o tropas marcando el paso” y “Caballerías y carruajes al paso” (para evitar que pasaran por el puente al trote o al galope).

En fotos antiguas puede observarse cartelas en los frentes de los pilares del puente; en ellas podían leerse cuatro mensajes distintos; dos de ellos iban dirigidos a evitar el exceso de peso: “Se prohíbe el cruce de carruajes” y “Prohibido el paso de carros de un solo eje cuyo peso con carga exceda de 6000 Ks”; y

<sup>6</sup> Elena Ortega y Tomás Ortega: “los puentes del Pisuerga en la ciudad de Valladolid” en *Suma. Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*, Nº 43, 2003, págs. 47-57.

<sup>7</sup> Ver el trabajo de Félix Daroca Santos y José Ramón Sola Alonso “El Puente Colgante de Valladolid”. En *Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas*. Año 2017, Número 409. Pp 20-25.

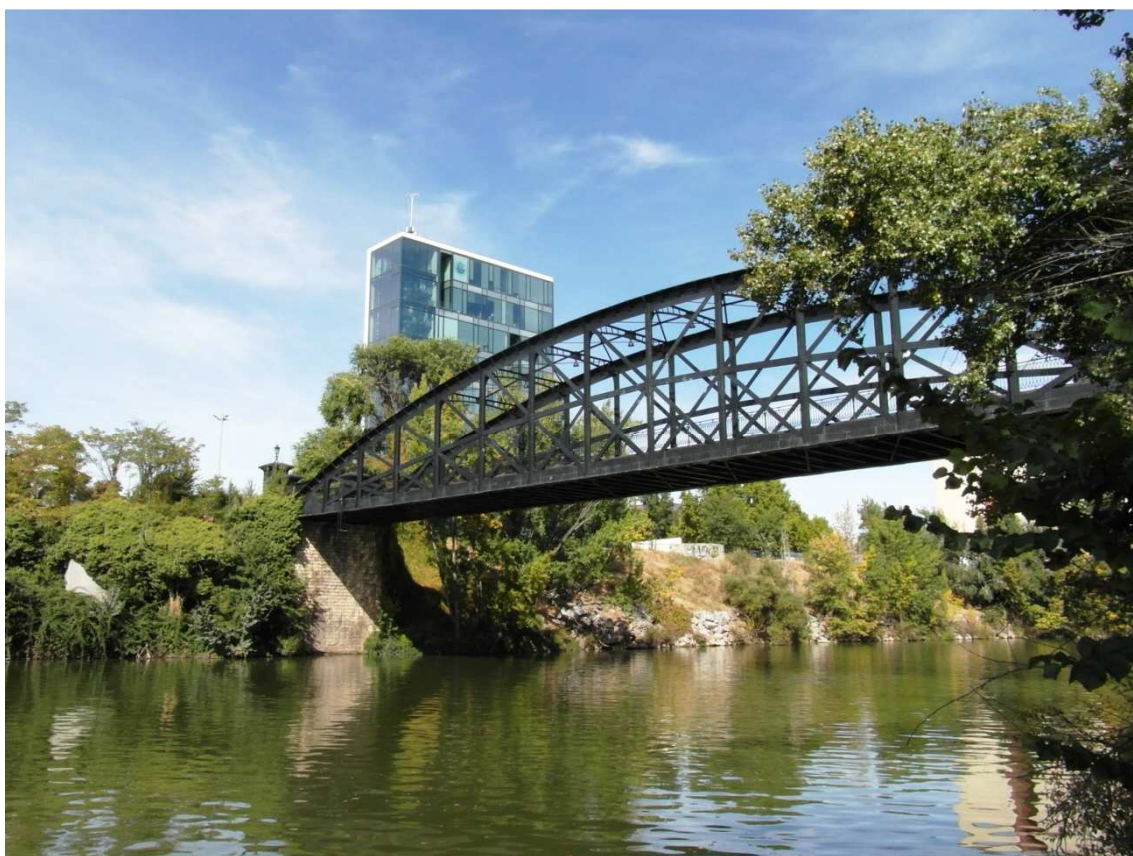




En los planos del proyecto del puente que aparecieron en la Revista de Obras Públicas en junio de 1866<sup>8</sup> se observan detalles que estaban previstos originalmente y que no terminaron por ser colocados; son adornos aparentemente de copas o florones, seguramente de hierro fundido, colocados sobre las 4 pilas de los

extremos, así como en el centro de cada uno de los cuchillos o flancos del puente.

Todo da a entender que estos adornos parecen una concesión del proyectista al *horror vacui* estético de un puente realizado con unas líneas tan sumamente puras, que hace superfluas las posibles concesiones ornamentales. Es de agradecer que no fuesen colocados finalmente, pues hubiesen camuflado de forma irremediable la limpieza de las formas del puente, que atienden únicamente a las necesidades estructurales del material respondiendo a una necesidad: la de salvar el cauce de un río.



<sup>8</sup> [Revista de Obras Públicas](#), Tomo XIV. Número 12. 1866.

## 5º.- Historia

Después de 800 años con un único paso sobre el río Pisuerga, el del Puente Mayor, el Puente Colgante de Valladolid fue el segundo en ser construido, inaugurándose en 1865.

Varios libros y documentos históricos relatan las vicisitudes que acarrió el proyecto de construcción de este puente, 14 años desde que se definió su necesidad y la elección del lugar, hasta su inauguración. En el año 1900 Casimiro González García-Valladolid resumía sucintamente la historia del puente de la siguiente manera<sup>9</sup>:

*“TAN hermosa obra moderna honra á Valladolid y á cuantas personas intervinieron en su construcción. Es todo de hierro, sistema Bow String.*

*Atraviesa el rio Pisuerga en la calzada que desde la estación del ferrocarril conduce á la de Zamora, frente al exconvento de Prado, hoy Manicomio Provincial, y mide una extensión de sesenta y cinco metros de largo de estribo á estribo, por siete de ancho.*

*Fué dirigido por los inteligentes ingenieros Don Carlos Campuzano y D. Antonio Borregón: se construyó el año 1864, en los talleres de J. H. Porter, de Birmingham (Inglaterra), y ascendió su coste á un millón ochocientos mil reales<sup>10</sup>.*

*Acordó su construcción el Ayuntamiento de esta Ciudad, el año 1851, y en 1852 S. M. la reina Doña Isabel II, dispuso que se hiciese por cuenta del Estado<sup>11</sup>.*

*Sus sólidos y hermosos muros fueron construidos el año 1853 por el contratista Don José de Salamanca; luego sufrieron reformas los planos y diferentes modificaciones los contratos, rescindiéndose por fin el hecho con dicho contratista y reanudándose las obras en 1861.*

*El día 19 de Abril de 1865 tuvo lugar su solemne bendición por el Excmo. Sr. Dr. Don Juan Ignacio Moreno, Arzobispo de Valladolid, y desde aquel día quedó prestando servicio.”*

Si queremos profundizar en las complejidades de cómo se gestó y acometió el proyecto, debemos de conocer la situación general de la época y otras cuestiones fundamentales que afectaron a su desarrollo. Para ello vamos a acudir a varias publicaciones que, complementariamente, nos ofrecerán una visión amplia y detallada de su historia, como el libro de José Miguel Ortega del Río *El siglo en que cambió la ciudad. Noticias artísticas de la prensa vallisoletana del XIX*; los diversos trabajos de Pedro Navascués Palacio sobre la

---

<sup>9</sup> Casimiro González García-Valladolid: *Valladolid sus recuerdos y sus grandezas. Religión, historia, ciencias ...* (1900-1902). Tomo I, p. 245.

<sup>10</sup> Ver también *Arquitectura ecléctica y modernista de Valladolid*. Marta Herrero de la Fuente. Universidad de Valladolid, 1976. P. 13.

<sup>11</sup> Ver también J. Ortega y Rubio, *Historia de Valladolid*. 1881. p. 218; y también C. Carabias: *Valladolid artístico y comercial, guía para 1896*, p. 14.

Arquitectura del Hierro en la España del siglo XIX<sup>12</sup>, y el trabajo *La construcción del territorio. Caminos y puentes en Castilla y León* de Tomás Abad Balboa y Pilar Chías Navarro<sup>13</sup>; así como el gran trabajo de María Antonia Virgili Blanquet<sup>14</sup> sobre el urbanismo de estos años.

### **La gestación del proyecto.**

La articulación en nuestro país de un sistema de comunicaciones moderno fue algo que se comenzó a realizar a finales del siglo XVIII con el reformismo borbónico, un proyecto fundamental para el impulso de la economía nacional, que intentaba dar apoyo a la incipiente industrialización del país. Paralizado por la invasión francesa hasta la posterior recuperación, el



Zona sur de Valladolid en 1852, Planos del Itinerario del camino a Baños (Salamanca). Biblioteca Virtual de Defensa.

definitivo estímulo a las obras públicas llegó tras la primera Guerra Carlista<sup>15</sup> y en concreto a las carreteras con el Plan General de Carreteras del Reino (1840) y la posterior Instrucción para promover y ejecutar Obras Públicas (1845)<sup>16</sup>; en Valladolid se tradujo en realidades que mejoraron las comunicaciones existentes y crearon otras nuevas, como la carretera hacia Madrid por Olmedo, la de Zaragoza por Soria, a León por Medina de Rioseco, y la que más nos interesa para entender la gestación del Puente Colgante, la que va hacia Salamanca aprovechando el antiguo camino hacia el Monasterio de Prado, paralelo a la orilla derecha del Pisuerga.

El Consistorio pronto ve la necesidad de construir en la ciudad un nuevo puente que descongestionara el tráfico del Puente Mayor, y que permitiese unir las recién reformadas carreteras de Salamanca y Zaragoza por la zona Sur de la ciudad, materializándose en una iniciativa de José de Salamanca y Mayol, marqués de Salamanca,<sup>17</sup> que propuso al Estado en

<sup>12</sup> Navascués Palacio, Pedro (1988): *Arquitectura y urbanismo*. En: "La época del romanticismo (1808-1874)". *Historia de España*. Ramón Menéndez Pidal, coord. V.II, (XXXV). Espasa-Calpe, Madrid, pp. 571-676. También *Arquitectura del hierro: Símbolo de la cultura industrial. La arquitectura del hierro en España durante el Siglo XIX*. Francisco Calvo Serraller, Pedro Navascués Palacio. Monografía en *Revista CAU: construcción, arquitectura, urbanismo*, Nº 65, 1980, pág. 39.

<sup>13</sup> Ver el trabajo de Pilar Chías Navarro y Tomás Abad Balboa "La construcción del territorio. Caminos y puentes en Castilla y León". En *Historia de las Obras Públicas en Castilla y León: Ingeniería, Territorio y Patrimonio*. Pp. 299-414.

<sup>14</sup> María Antonia Virgili Blanquet: *Desarrollo urbanístico y arquitectónico de Valladolid (1851-1936)*. Ayuntamiento de Valladolid, 1979.

<sup>15</sup> P. ALZÓLA, *Historia de las Obras Públicas en España (1899)*, Madrid, ed. Tumer, 1979, págs. 359 y sigs.

<sup>16</sup> Ver el trabajo de Germán Rueda Hernández "Demografía, economía y sociedad" en *Valladolid en el siglo XIX*. Historia de Valladolid, tomo VI. Ateneo de Valladolid, 1985.

<sup>17</sup> Fue un importante e influyente hombre de negocios y político de la época.

1851 ubicarlo junto al Monasterio de Prado, a unos 800 m de la desaparecida Puerta de Madrid, y conectado con los terrenos en los que ya se barruntaba la posibilidad de construir las instalaciones ligadas al ferrocarril; su llegada era esperada en Valladolid, pues en 1850 ya se creaba en nuestra ciudad una comisión de 16 personas que trabajaban para su puesta en marcha, dadas las importantes repercusiones económicas que tendría. Esos años fueron



Talleres del Ferrocarril del Norte en 1864, Valladolid. Fotografía de Auguste Muriel en *Magasins du chemin de fer*.

cruciales para la economía de la ciudad, en 1857 surgía el Banco de Valladolid y la Compañía General de Crédito de España abría una sucursal en 1860, constituyéndose inmediatamente toda una serie de sociedades de crédito vinculadas a grandes proyectos como el del ferrocarril; todo ello auspició el crecimiento de una burguesía emprendedora que

hizo evolucionar la economía de la ciudad. Valladolid pasará de tener 41.943 habitantes en el año 1857 a tener 57.365 en 1860.

Este impulso fue fundamental, culminando con una Ley aprobada el 14 de noviembre de 1855 que autorizaba la subasta del ferrocarril que uniría Madrid con Irún, que se celebró el 20 de febrero de 1856 para el tramo comprendido entre Valladolid y Burgos. La noticia fue trasladada ese mismo día por telegrama a la ciudad, y el júbilo fue tal que desencadenó fiestas populares y el acuerdo municipal de conceder el título de “Veinte de febrero” a una calle que por entonces se abría, uniendo las calles actuales de María de Molina con Isabel la Católica.

La primera locomotora llegó a Valladolid el 8 de julio de 1859 por la línea Madrid-Irún de la Compañía de Ferrocarriles del Norte, que hizo de nuestra ciudad un punto neurálgico de comunicaciones, con la construcción de unos talleres asociados de enorme importancia para la construcción y montaje de maquinaria, y en general de la incipiente industria vallisoletana. Pese a que Valladolid fue ajena a las ciudades que vivieron más de cerca el proceso industrial de principios del XIX, también contó con realizaciones y proyectos de interés que utilizaron las ventajas de la tecnología del hierro, que día a día desechaba, ensayaba y escogía la solución óptima, la más económica, la más resistente.

Es precisamente este espíritu de selección lo que marcó la evolución del proyecto del puente que el Ayuntamiento de Valladolid decidió construir sobre el Pisuerga, puente que la reina Isabel II apadrinó en 1851 ordenando su construcción con cargo a la Administración un año

más tarde<sup>18</sup>, y para el que rápidamente fue escogida una ejecución en hierro, un puente colgante, por la rapidez de construcción y su bajo coste.

### **La introducción de la Arquitectura del Hierro en España.**

Los primeros puentes importantes de la arquitectura del hierro en España estuvieron inicialmente en manos de ingenieros franceses, cuya presencia en nuestro país fue incluso anterior al desarrollo del ferrocarril. Aprovechando las concesiones hechas por el gobierno español para poner en explotación una serie de puentes en las principales vías de comunicación, algunas compañías francesas llegaron a invertir, hacia 1840, importantes sumas de dinero en nuestro país. Como claro ejemplo tenemos a la importante casa francesa **Jules Seguin**, que llegó a formar en 1840 una Sociedad de Puentes Colgantes en Madrid.

La mayoría de estos puentes colgantes de hierro construidos en aquellos años estaban montados con materiales traídos de Francia, al igual que los técnicos que dirigían su construcción, como el ingeniero **Lamartinière**, que dirigía la construcción de los puentes de Seguin. El sistema en todos los casos era el mismo, un tablero de madera colgado de cables y péndolas de hilos de hierro, que a su vez eran sostenidos por cuatro soportes de hierro colado y móviles en su base. La imagen de estos puentes sería muy parecida al primer puente colgante francés construido en 1825 sobre el Ródano en Tournon, obra del propio Marc Seguin. Gracias a estos avances franceses, al final del período isabelino en España nuestros ingenieros se fueron incorporando a la nueva arquitectura del hierro, no sólo como directores de obra, sino también como difusores de las nuevas tecnologías<sup>19</sup>.

### **El primer proyecto**

Después de que en 1851 el Ayuntamiento solicitase la construcción del nuevo puente, Isabel II impulsó la iniciativa escogiéndose para ello un proyecto de **Andrés de Mendizábal**, que consistía en un diseño de puente colgante clásico, de 68 m de luz, 6,70 m de ancho y 12 m de altura sobre el nivel de las aguas ordinarias. En ambos estribos disponía sendos macizos de amarre y los correspondientes pilares de fundición. Para mejorar las operaciones de conservación se preveía la colocación de depósitos de agua para refrescar las maderas del suelo en verano, así como para atajar posibles incendios; y también un andamio volante para recorrer el tablero por el trasdós y posibilitar la siempre incómoda tarea de apretado de las tuercas, operación imprescindible para mantener la unión del tablero y la rigidez de la barandilla.

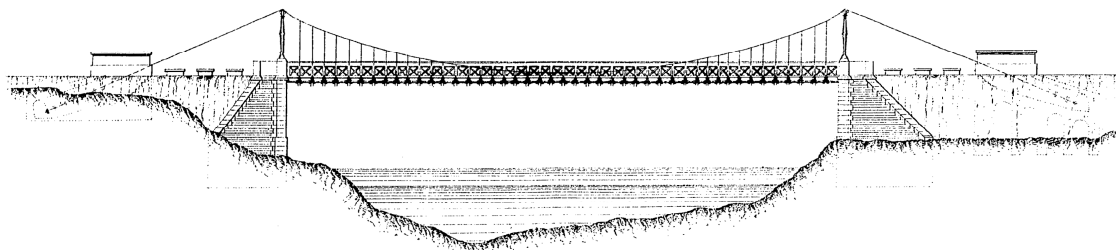
En la memoria Mendizábal analizaba la desconfianza que este tipo de puente producía en su momento debido a su excesiva flexibilidad, exponiendo que *«para que la adopción de estos puentes sea tan general como merece serlo por sus especiales ventajas»* adoptaba una

---

<sup>18</sup> M. HERRERO DE LA FUENTE, *Arquitectura ecléctica y modernista en Valladolid*, Valladolid, 1976, páginas 13-14.

<sup>19</sup> Entre ellos destaca el ingeniero y arquitecto Eduardo Saavedra, profesor de la Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y autor, entre otros muchos trabajos, de una Teoría de los puentes colgados (Madrid, 1856), primer texto de un autor español sobre este tema.

disposición a base de unas parábolas más tendidas con «*menos flecha que la de costumbre para los cables de suspensión, madera fuerte y pesada para el entablonado del piso y las barandillas... y por último péndolas de barras en lugar de alambre*». <sup>20</sup>



Proyecto de puente colgante de Mendizábal, publicado en la Revista de Obras Públicas en 1853

Las obras, adjudicadas al mismo promotor de la iniciativa, el marqués de Salamanca, comenzaron en octubre de 1852, pero fueron suspendidas por la Comisión de Puentes de Hierro en 1854, cuando únicamente estaban concluidos los estribos a una altura de 19 m sobre el fondo del cauce. La causa aducida fue técnica: la posible falta de rigidez del puente colgante podía traer en un futuro graves inconvenientes, ya que las sobrecargas podían causar importantes flechas y vibraciones capaces de romper la estructura.

Las grandes ventajas que hasta entonces habían impulsado la construcción de los puentes colgantes, fueron equilibrándose con los graves problemas de su mantenimiento y seguridad, hasta el punto de plantearse el abandono del sistema en España, precisamente cuando en Estados Unidos comenzaban las experiencias y propuestas más atrevidas, como la del puente colgante para el ferrocarril del Niágara (1855), de Roebling. Sin embargo, en nuestro país a mediados del siglo XIX había construido unos diez puentes colgantes, de los que tres se habían hundido (Fraga, Monzón y Zaragoza) y dos amenazaban ruina, en buena medida por falta de un mantenimiento adecuado<sup>21</sup>.

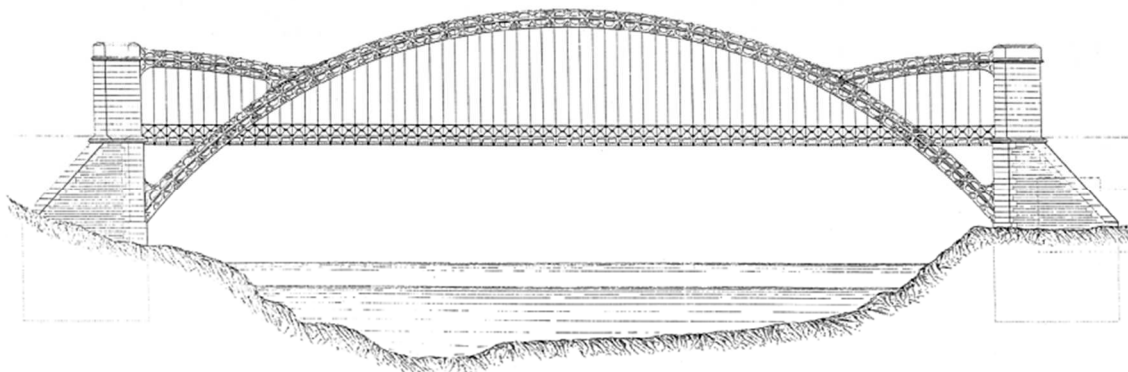
## El segundo proyecto

Esta problemática situación aconsejó evaluar nuevos sistemas, y justo en el tiempo en que se paralizó el proyecto se estaba desarrollando el innovador sistema del ingeniero francés **Vergniais**, que pretendía aunar las ventajas del puente colgante con las del puente rígido en forma de arco con hierro fundido. A los puentes que siguieron esta solución se les conocía como *puentes de Hércules* por la solidez de su estructura y, tras difundirse por Francia, Alemania e Inglaterra, llegaron a España en 1854, cuando el propio Vergniais abrió aquí una sucursal; pronto le llegaron múltiples encargos, siendo uno de ellos precisamente el que se redactó para el marqués de Salamanca con el objeto de impulsar la reanudación del proyecto con este otro tipo de puente; fue presentado públicamente en 1854 mediante su publicación

<sup>20</sup> [Revista de Obras Públicas](#). Tomo I. Número 12. 1853. Ver Anexo Documental.

<sup>21</sup> ARENAS, J. J., *Caminos en el aire. Los puentes*, Madrid, Colegio de Ingenieros, Caminos, Canales y Puertos, 2002, pp. 625-654.

en la Revista de Obras Públicas, en un artículo firmado por Mendizabal en el que se analizaba la solución propuesta.<sup>22</sup>



Propuesta de puente con «sistema Vergniais» para Valladolid, publicado en la Revista de Obras Públicas en 1854

Mendizábal, que recordemos era un gran defensor de los puentes colgantes, analizó este nuevo proyecto realizado con este sistema Vergniais, que recordaba bastante al puente de la Bahía de Sidney, y aprovechaba los estribos ya ejecutados del primer proyecto abandonado. El novedoso proyecto consistía en un gran arco escarzano en cada alzado, de dovelas de hierro fundido, en nuestro caso con una luz de 68 m y una flecha de 17m, radio de 42,50 m, y los riñones contrarrestados por dos arcos botareles del mismo radio, que apoyaban sobre pilastras que se levantaban sobre los estribos ya ejecutados. Los arcos estaban arriostrados entre sí mediante otros arcos transversales de fundición. Las péndolas, de hierro forjado, que soportaban el tablero se disponían espaciadas cada metro, y el arriostramiento de éste era por debajo. El pavimento proyectado era a base de piedra machacada sostenida con armadura de hierro, sobre la cual se extendía la correspondiente capa de asfalto.

Una vez enumeradas las ventajas del proyecto presentado con este sistema, Mendizábal lanzaba una queja amarga sobre el descrédito que producían los puentes colgantes en algunos sectores. Analizaba las causas y concluía que *«ningun otro sistema hay que esté tan sometido á la ciencia, ni en que, por consiguiente, trabaje el material de un modo tan conocido y preciso como en los puentes colgados» pero esta ventaja llevada a un límite que no se exige en otros tipos resulta especialmente perjudicial cuanto que el inconveniente capital de este sistema es la movilidad, y no es esta por cierto la manera mas adecuada de remediarlo»*.

Destacaba también su coste más reducido, y concluyó que *«de uno y otro abuso han resultado, como no podía menos, puentes que más parecen construcciones provisionales que obras permanentes»*. Y, finalmente, se lamentaba de esta manera:

*“Pero ¿á qué esforzarnos más? demasiado saben las personas entendidas que el sistema de puentes colgados es un buen sistema, y puede satisfacer con todas las condiciones y garantías del mejor, las mayores exigencias del tránsito. Si sobre ello pudiera abrigarse alguna duda, ahí está el país que marcha á la cabeza de los*

<sup>22</sup> [Revista de Obras Públicas](#). Tomo II. Número 5. 1854. Ver Anexo Documental.

*adelantos, construyendo puentes colgados de extraordinaria magnitud para caminos de hierro.”*

Pese a la presentación de esta nueva solución para Valladolid, la situación del país se complicó con la Revolución de 1854 del general Leopoldo O'Donnell, que puso fin a la Década Moderada (1844-1854) y dio paso al Bienio Progresista (1854-1856); estos sucesos, junto a la habitual falta de fondos del Estado, hicieron que las obras fueran languideciendo hasta morir definitivamente hacia 1858.

Pero la obra del nuevo puente era absolutamente necesaria para Valladolid, ya que descongestionaría tanto el Puente Mayor, aguas arriba, como el Puente de Simancas, aguas abajo, ambos de origen medieval y de escasa capacidad circulatoria. Así, en 1860 el gobernador civil Castor Ibáñez de Aldecoa, personaje clave para las obras públicas en nuestra ciudad mientras tuvo aquí su residencia, reactivó definitivamente la idea de construir el puente iniciado años antes, favorecido al poseer ya el favor real del proyecto anterior, lo cual era un hecho de especial importancia que allanaba decididamente los trámites administrativos. Para ello el gobernador civil pidió al inspector del Cuerpo de Ingenieros, **Lucio del Valle**, que iniciara los estudios para encargar un nuevo proyecto, una vez desechado el anterior.

En ese momento la Comisión de Estudio de los Puentes de Hierro, que en ese momento estaba compuesta, además del propio Lucio, por los ingenieros Víctor Martí y Ángel Mayo, procedió a



Puente en viga de celosía. Viana de Cega, 1864. Auguste Muriel.

la evaluación de todas las posibles tipologías de puentes que se utilizaban en el momento. Después de un sesudo análisis finalizó juzgando dos alternativas viables: la primera era una viga celosía de cordones paralelos, y la segunda un novedoso sistema de puente denominado *Bow-String* (traducible literalmente por “arco atirantado”) que sería finalmente el escogido.

En su decisión pesaron cuestiones técnicas, argumentando que el segundo proyecto *“aventaja al primero en tres condiciones: con menor cantidad de hierro (...) tiene igual resistencia que el de celosía; su coste es más económico...”* Pero también cuestiones estéticas, defendiendo que el segundo *“su aspecto es más bello y de carácter más monumental y más apropiado para una capital tan importante como la de Valladolid”*.

Estas palabras suponen una gran trascendencia, pues para un funcionario ingeniero de caminos del siglo XIX, cuyo objetivo principal era el de garantizar la justificación del buen uso de los ajustados fondos públicos, el argumento estético se situaba en un segundo lugar frente



a la justificación económica de la solución a adoptar, cuando tocaba escoger entre varias opciones. En el tipo de puente Bow-String escogido, la decisión aparentemente conjugaba ambos requisitos fundamentales, y en palabras de la Comisión «*se trata de una obra que, si no llega á ser excepcional, es sin embargo muy notable é importante por su magnitud y demás circunstancias...*»

## El proyecto definitivo

Este proyecto, aparentemente diseñado por **Lucio del Valle**, el presidente de la comisión de puentes, es de tipología Bow-String, un sistema que fue defendido en 1855 con gran éxito por



Puente del ferrocarril en Windsor construido en 1849 por Isambard Kingdom Brunel, de 57,25 m de luz.

el constructor Isambard Kingdom **Brunel** en la Exposición Universal de París, siendo por entonces lo más avanzado de la ingeniería inglesa; como claro ejemplo del sistema está su diseño de puente del ferrocarril en **Windsor**, Berkshire (Inglaterra), construido en 1849<sup>23</sup> y que aún se mantiene en pie, cuya filiación estética con el Puente Colgante de Valladolid es más que evidente.

En nuestro caso, la descripción del proyecto fue reflejada en dos números de la Revista de Obras Públicas, en junio<sup>24</sup> y julio<sup>25</sup> de 1866: *“cada alzado lateral del puente está formado por una viga superior “doble T” de canto variable, con cordón superior en arco y recto el inferior, del que surgen péndolas verticales que soportan el tablero horizontal. Estos dos alzados incluyen sendos cordones curvos intermedios que rigidizan las péndolas con el complemento de triangularizaciones con perfiles de gran pureza geométrica. Por otro lado la cabeza superior se une en sus extremos a la inferior por medio de dos planchas de palastro roblonadas. El canto de cada cuchillo en el centro del vano es de 8 m (...) El piso era de madera y la barandilla de fundición.”*

Pero no sólo el sistema era inglés, sino que, al optar por un material tan poco común en la España de la época para la construcción de este puente, el hierro forjado y fundido, se recurrió a su fabricación en Inglaterra. Estos trabajos fueron autorizados por una Real orden de 15 de octubre de 1861, por un importe de 8.001 libras y 10 chelines, a John Henderson Porter & Co. en los talleres de Ebro Works, en Tividale, cerca de Birmingham<sup>26</sup>. Empresa que, hasta hace

---

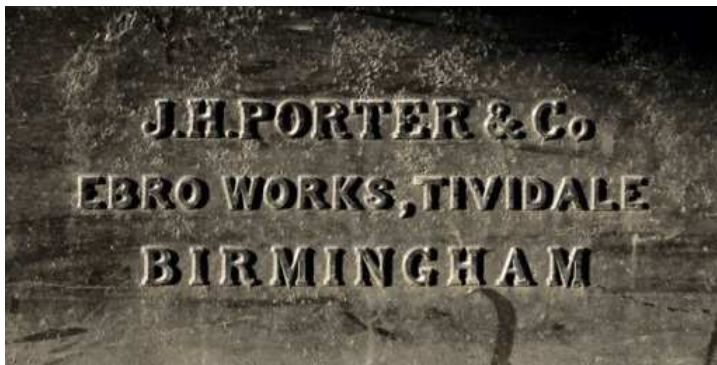
<sup>23</sup> A. SEALEY, *Bidges and aqueducts*, Londres, 1976, pág. 118.

<sup>24</sup> [Revista de Obras Públicas](#). Tomo XIV. Número 12. 15 de junio de 1866. Ver Anexo Documental.

<sup>25</sup> [Revista de Obras Públicas](#). Tomo XIV. Número 14. 15 de julio de 1866. Ver Anexo Documental.

<sup>26</sup> Ver artículo de Félix Daroca Santos y José Ramón Sola Alonso “El Puente Colgante de Valladolid”.

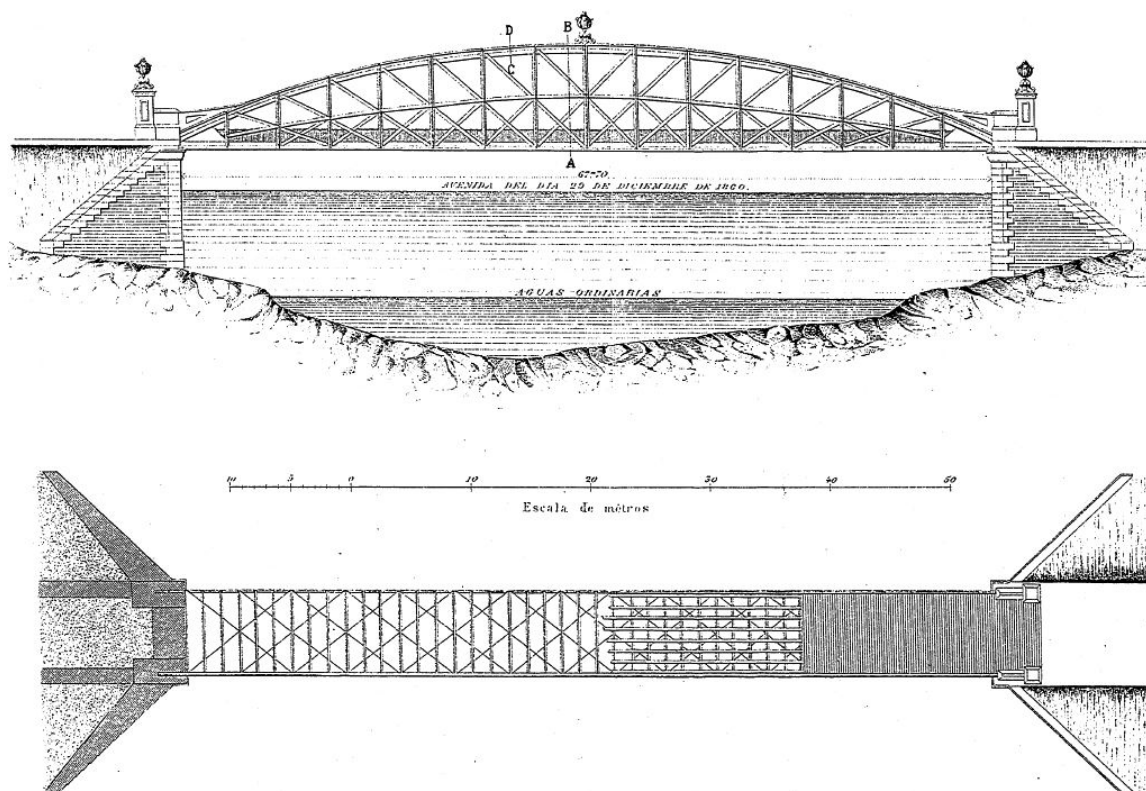
pocos años, aún se dedicaba a la fabricación y galvanizado del metal. Su autoría quedó patente en dos inscripciones en el puente con las palabras “J. H. Porter & Co. Ebro Works, Tivdale. Birmingham”.



Firma del taller de John H. Porter en la estructura del Puente Colgante

Se mantuvieron las dimensiones iniciales de anchura del tablero, 7 m entre ejes de las vigas y 6,20 entre barandillas, 67,70 m de luz, y una longitud total del puente de 71,80 m; su peso terminó siendo de 400 toneladas, 60 más de las que figuraban en el proyecto inicial, y terminó con

un presupuesto de 991.000 reales, bastante más bajo que el inicial. De forma prácticamente inmediata entraron en el proyecto los ingenieros Carlos Campuzano, el ingeniero jefe de la provincia, y Antonio Borregón, que fueron los que realizaron la vigilancia facultativa de la



Alzado y planta del puente finalmente construido, publicado en la Revista de Obras Públicas en 1866

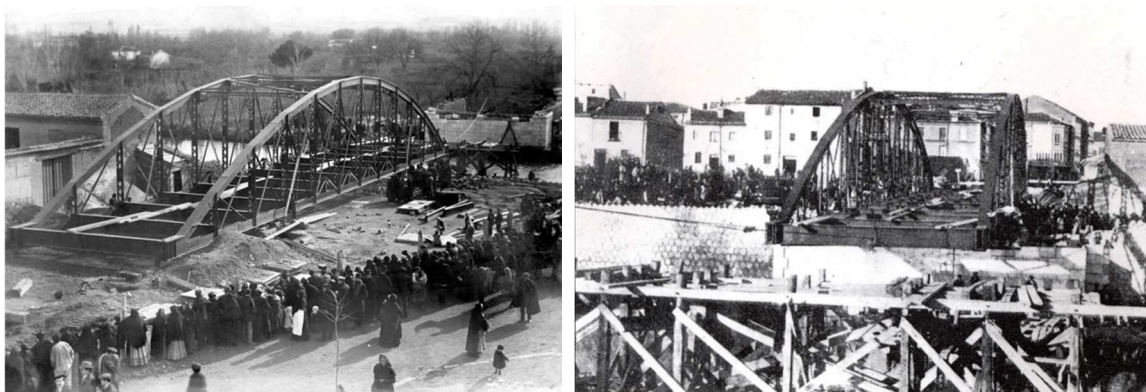
correcta ejecución del proyecto.

En agosto de 1862 El Norte de Castilla informa del viaje a esta empresa de Carlos Campuzano para incentivar los trabajos y supervisar la fabricación; en estas fechas ya estaban concluidos los dos grandes cuchillos o estructuras laterales que forman la base fundamental del puente, y en los últimos días de septiembre de 1862 finalizaron los trabajos del resto de las piezas.

Tras concluir las piezas del puente en los talleres ingleses estas se enviaron vía marítima desde Liverpool hasta España, donde llegaron en dos fletes; el primero llegó al puerto de Santander el 21 de febrero de 1862, y el segundo llegó el 21 de enero de 1863 al puerto de Bilbao. Y aunque se licitó su transporte hasta Valladolid el 20 de marzo de 1863, las piezas no llegaron hasta pasado un año, barajándose varias razones para explicar esta dilación de tiempo. En primer lugar, parece ser que los estribos de fábrica de sillería, los que fueron construidos para el primer puente en 1853, debían de ser modificados para adaptarse a las distintas características del nuevo proyecto, y se conoce que se realizó una subasta para esas obras el día 20 de febrero de 1863. Y, por otro lado, hay que tener en cuenta que por aquellas fechas aún estaban incompletas las líneas de ferrocarril que permitieron el traslado entre Bilbao y Valladolid. El coste del material de hierro del puente puesto en un barco de Liverpool fue de 360.000 reales.

Las piezas finalmente llegaron a Valladolid en abril de 1864 cuando los estribos ya estaban preparados, y con ellas llegó un ingeniero inglés apellidado Moon que, tal y como se debió acordarse en las condiciones facultativas, ayudó en los primeros compases a los ingenieros Campuzano y Borregón hasta que se inició el montaje y roblonado de las piezas de hierro, que se ejecutó en la orilla derecha, la del lado del Monasterio de Prado. Este montaje se llevó a cabo en siete meses, durante la segunda mitad del año 1864, con la dificultad propia de que las uniones de las piezas debían hacerse con remaches roblonados en caliente, algo para lo que aún no había costumbre de hacer en España; aunque se realizó también sin utilizar grandes medios para la puesta en obra ni con un elevado número de operarios.

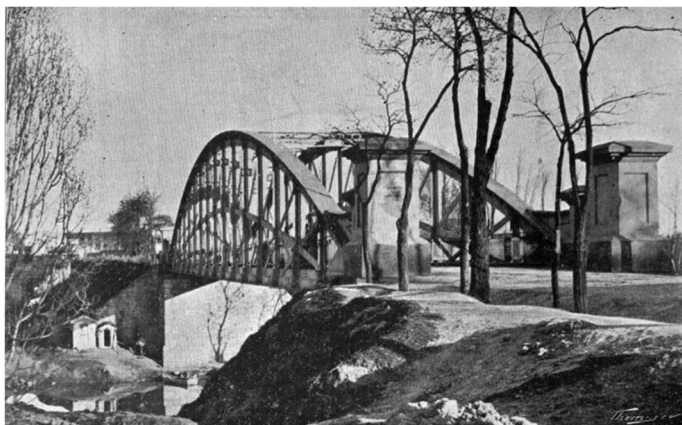
Una vez montado el puente en la orilla se construyeron tres caballetes provisionales de madera para que el puente fuera deslizando por ellos apoyado desde un estribo, hasta colocarse en su posición definitiva. Existen dos fotografías del año 1911 que recogen la instalación de otro puente también de arco atirantado, el de Abilio Calderón en Palencia, desplazado mediante el mismo sistema con solo un apoyo provisional de madera intermedio.



Colocación del Puente de Hierro o de Abilio Calderón en Palencia, el 27 de marzo de 1911.

En febrero de 1865 se daba cuenta en la prensa local del pintado de la estructura del nuevo puente, y por fin, el día 11 de abril de 1865 se realizó la prueba de carga en el puente, resultando un completo éxito. Se colocaron 33.000 arrobas de piedra machacada encima de todo el tablero a lo largo de ese día y el siguiente, es decir, 171 toneladas, repartidas a razón

de 400 kg/m<sup>2</sup>; la prueba resultó totalmente satisfactoria con una insignificante y calculada inflexión del tablero y los estribos<sup>27</sup>.



Postal de la fototipia Thomas, 1900.

La inauguración tuvo lugar el día 20 de abril de 1865<sup>28</sup> con la asistencia de todas las autoridades locales y provinciales, con una misa que dio el arzobispo en una improvisada capilla; posteriormente se dio un banquete en la ribera, desde donde todos pudieron disfrutar de la vista del nuevo puente. Hace cuatro años se cumplió el 150

aniversario de aquel momento. Sin embargo, y pese a la prueba de resistencia superada, el estado del puente pronto comenzó a resentirse y tuvo que realizarse una reparación del piso de madera en 1869, tan solo cinco años después de su apertura.

Desde ese momento el puente continuó cumpliendo su función perfectamente hasta que en septiembre de 1890 la prensa local recoge el mal estado que mostraba, en concreto se fija la atención en el deterioro que había sufrido las maderas que formaban el suelo por donde circulaban tanto las personas como los carruajes. No obstante, este problema menor y de fácil solución se ve veía empequeñecido por la afirmación de que algunos de los remaches del puente habían saltado totalmente, lo que creó gran alarma sobre su estabilidad.



Por este motivo el paso de carruajes se vio paralizado o, cuanto menos controlado y ralentizado durante algún tiempo, problema mitigado gracias a la apertura del recién ampliado Puente Mayor. Será en el verano de 1892 cuando se ejecutan obras de importancia en el puente colgante con el fin de solucionar estos problemas que, según el periódico La Libertad, se debían a

un error de cálculo en los apoyos transversales, tal y como había averiguado un periodista en la obra. Estas rectificaciones se llevaron a cabo sin mayores complicaciones.

<sup>27</sup> [Revista de Obras Públicas](#). Tomo XIV. Número 14. 1866. Ver Anexo Documental.

<sup>28</sup> 18 de abril según María Antonia Virgili en *Desarrollo urbano y arquitectónico de Valladolid (1851-1936)*, págs. 258-259. Y 19 de abril según Casimiro González García-Valladolid en *Valladolid sus recuerdos y sus grandezas*. Tomo I, p. 245.

Desde entonces se ha restaurado la práctica totalidad de su estructura y ha cambiado su color marrón por el negro en el año 2009, pese a que el original fue blanco; hoy en día el puente sigue funcionando, con las lógicas intervenciones continuas de mantenimiento, sobre todo en el tablero, y da servicio a un alto volumen de tráfico rodado y peatonal, lo que da cuenta de la resistencia de este tipo de estructuras si se mantienen adecuadamente.

## El constructor del puente

**John Henderson Porter** (1824-1895)<sup>29</sup> comenzó su carrera laboral trabajando a las órdenes de su padre en Southwark, hoy un barrio de Londres, y se remonta a los inicios del ferrocarril, lo que dio lugar a una gran demanda de estructuras de hierro para construir grandes espacios.

En 1842 regresó de París en donde estudió el proceso de la galvanización del hierro y sus aplicaciones para la industria, y con ayuda de trabajadores calificados franceses comenzó a operar en Inglaterra. Como la patente del ingeniero Walker para el hierro corrugado expiró en este momento, John Porter inmediatamente lideró la aplicación del hierro galvanizado corrugado para techos y otras finalidades.

En 1848 obtuvo varias patentes para vigas de hierro y para aplicar hierro corrugado en estructuras de forjados de pisos y techos, usando arcos de hierro corrugado colocados con hormigón y también con placas horizontales corrugadas de forma especial. Construyó ambos tipos de pisos tanto para las fábricas como para los puentes de hierro que comenzó a suministrar a países extranjeros, adelantándose en más de veinte años a varios inventos que fueron adoptados más tarde en esa misma línea.



Los talleres de Ebro Works en la actualidad. Google Earth©

Después de salir del negocio de su padre, Porter se trasladó a Tividale, Birmingham<sup>30</sup>, donde montó una empresa dedicada durante varios años a la construcción de piezas de hierro fundido, techos de hierro, puentes, muelles, portales e incluso faros, entre ellos varios para el gobierno ruso y otros para el gobierno español, como el famoso faro de Buda. Este uno de

los tres que proyectó también Lucio del Valle en el Delta del Ebro, encargo recibido por Real Orden en enero de 1861 pese a que comenzó a desarrollarse dos años antes. Tal es así que los tres faros fueron montados preliminarmente en el mismo taller de Tividale en 1861, con

<sup>29</sup> Ver la biografía de John Henderson Porter en la siguiente web sobre la Historia de la Industria Británica: [https://www.gracesguide.co.uk/John\\_Henderson\\_Porter](https://www.gracesguide.co.uk/John_Henderson_Porter)

<sup>30</sup> La dirección de la empresa **Ebro Works** es Dudley Road West, Tividale, West Midlands, B69 2HW, UK.

motivo de una reunión de la Institución de Ingenieros Mecánicos -de la que Porter era socio-. Conocemos que encima de la estructura Porter dio una conferencia sobre las características del faro<sup>31</sup>, lo que desmiente a los autores que citan la fabricación del faro en 1864 por Porter, y nos permite suponer un dato interesante: que el encargo español de la fabricación de las piezas del puente Colgante de Valladolid estuvo relacionado con el encargo de la fabricación de las piezas del faro de la Isla de Buda, coincidiendo fabricante y diseñador en ambos casos.

En 1861 figura junto con un tal Robert Porter (¿un pariente?) al frente de la empresa **Ebro Works**, fabricante de cubiertas de hierro y puentes, como el de Valladolid, en los talleres de la calle Gas en Tividale, un municipio cercano a Birmingham, en donde se fabricaron las piezas de nuestro puente colgante; prueba de que el encargo de los faros del Delta del Ebro ya era un hecho ese año.



Puente colgante de Lambeth, fotografía de Henry Taunt, finales del XIX

Además de piezas para puentes erigidos en el extranjero, Porter también fabricó las de otros en Inglaterra como el conocido puente colgante de Lambeth, construido sobre el Támesis en 1861-1862, con diseño de Peter Barlow. A partir de ese momento Porter se introdujo en otros sectores como la fabricación de azúcar a partir de remolacha, o de la depuración de agua a gran escala mediante sistemas que patentó en 1876.

En España se conocen otros puentes fabricados por él, como el de viga recta de Murillo de Gállego (fabricado en 1860)<sup>32</sup>, también diseñado por Lucio del Valle, y el puente de Zuera también sobre el río Gállego, validado en 1860 por la Comisión de Estudios de Puentes de Hierro con la misma solución de viga de celosía recta<sup>33</sup>.

---

<sup>31</sup> Ver el libro de Samuel Downing *Elements of practical construction...* Vol. I. Structures in direct tension and compression. Pp. 256-260.

<sup>32</sup> Ver Pilar Biel Ibáñez: *La construcción de puentes metálicos en arco en España* (...) Artigrama, núm. 25, 2010, p. 508.

<sup>33</sup> Ver el trabajo de Fernando Sáenz Ridruejo "Biografía y semblanza del ingeniero de caminos Lucio del Valle" en el Catálogo de la exposición *Lucio del Valle (1815-1874): ingeniería y fotografía*.

## El diseñador

Varias fuentes adjudican la autoría del proyecto del Puente Colgante a **Lucio del Valle**<sup>34</sup>, si bien no parece existir una constancia documental cierta de ello<sup>35</sup>, salvo que el hecho de que



estaba al frente de la Comisión de Estudios de los Puentes de Hierro que lo aprobó en 1861. Por tanto, no puede descartarse una posible intervención de Brunel en su diseño, el ingeniero que había inventado el sistema Bow-String, e incluso la posible participación de John H. Porter en cuyos talleres se fabricaron las piezas, dada la singularidad de la innovación técnica del puente, así como por el prestigio que estaba alcanzando con la fabricación de los componentes de los faros del Delta del Ebro<sup>36</sup> y los puentes, entre ellos el Puente colgante de Lambeth.

Lucio del Valle (1815-1874) fue ingeniero de caminos y canales, y director durante tres años, y de forma simultánea, de la Escuela Especial de Ayudantes de Obras Públicas y de la Escuela de Ingenieros de Caminos desde 1865. Y también fue arquitecto, siendo director de la Escuela de Arquitectura de Madrid entre 1868 y 1869. Por sus méritos fue nombrado miembro de la Real Academia de San Fernando y la de San Carlos. En definitiva, Lucio reunía la doble condición y vocación de las dos disciplinas que iban a ser determinantes en la elección del tipo de puente que se construiría en Valladolid.

Lucio del Valle fue una figura extraordinariamente significativa en su momento para el



Puente-acueducto de la Retuerta, c. 1855. Charles Clifford.

desarrollo de la ingeniería en España<sup>37</sup>, conocido por sus dotes matemáticas y por su brillantez resolviendo problemas. Dirigió importantes obras públicas, como carreteras, puentes, pero sobre todo fue reconocido por su intervención al frente de dos de ellas: la primera es el proyecto y ejecución del Canal de Isabel II, de 76 kilómetros de largo, lleno de las

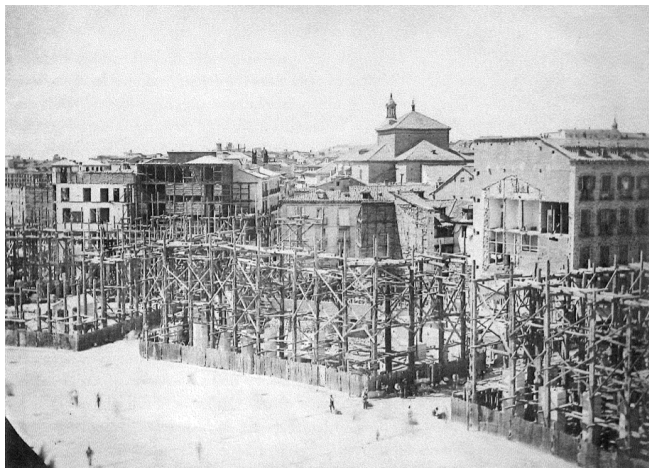
<sup>34</sup> Por ejemplo, Fraile Cuellar en el libro *Homenaje al Pisuerga y sus diez puentes*.

<sup>35</sup> José Ramón Navarro Vera incluso afirma que fue diseñado por ingenieros ingleses en *El Puente moderno en España* (T. I). Fundación Juanelo Turriano, p. 77.

<sup>36</sup> Ver el blog de Vicente L. Sanahuja: <https://vidamaritima.com/2007/04/torres-de-hierro-para-los-faros-del-ebro/>

<sup>37</sup> Ver el trabajo de Fernando Sáenz Ridruejo "Biografía y semblanza del ingeniero de caminos Lucio del Valle" en el catálogo de la exposición *Lucio del Valle (1815-1874): ingeniería y fotografía*. Marzo de 2015.

necesarias infraestructuras hidráulicas para salvar problemas orográficos, para llevar las aguas del río Lozolla a Madrid. Inaugurado en 1858, supuso una revolución en el acceso de los vecinos de la capital a un elemento básico tan necesario.

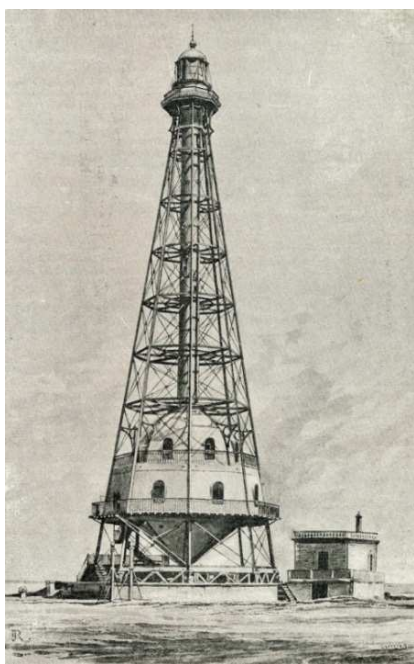


Fachadas de la Puerta del Sol en construcción. C. Clifford, c. 1860

Un año antes, en 1857, comenzarían las obras para crear una de las reformas urbanísticas de mayor importancia en la configuración moderna de Madrid, la Plaza del Sol. Transformó el antiguo ancho cruce de varias calles y callejuelas, de difícil tránsito, en una en una gran plaza ampliando en forma curva uno de los laterales, y renovando sus edificios con un nuevo frente de fachada. La operación tuvo tanto éxito que Lucio del Valle fue reclamado por el

ayuntamiento de Madrid para otras operaciones de alineaciones y aperturas viarias.

En la década de los 50 el polifacético Lucio del Valle comenzó a documentarse sobre faros y puentes de hierro, siendo comisionado en 1959 para viajar a Francia e Inglaterra para



El faro de la Isla de Buda en 1901.  
*El Mundo Naval Ilustrado.*

gestionar la contratación del puente de hierro sobre el río Eo. Estando allí es cuando recibe el encargo de redactar los proyectos de los faros del Delta del Ebro, entre los que destaca el de la isla de Buda, de 53 metros de altura, uno de los grandes logros de la ingeniería española del siglo XIX, que se levantaría en 1864 hincándolo en la arena del estuario con puntas helicoidales, como una sombrilla de playa. Gracias a logros como este, desde 1869 y hasta su muerte, Lucio sería presidente de la Comisión de estudios de Faros.

En octubre de 1860 fue nombrado presidente de la Comisión de Estudios de Puentes de Hierro, comisión en la que junto a Víctor Martí y Ángel Mayo se encargaba de formular proyectos e informar sobre los presupuestos de sus fabricantes. De sus análisis y estudios han quedado constancia varios proyectos en la Revista de Obras Públicas, como el puente de Zuera sobre el Gállego, el del río Víboras, en Jaén, el salmantino de Encinas sobre el Tormes y, por supuesto, el del Puente de Prado sobre el Pisuerga en Valladolid, nuestro Puente Colgante.

Murió prematuramente a los 59 años, víctima de una enfermedad reumática.



## 6º.- Obras e intervenciones

Dadas las características tan singulares del puente Colgante, su técnica y el material del que está hecho, a lo largo de su vida han sido necesarios continuos trabajos de mantenimiento y reparación puntuales, que se han repetido cada poco tiempo. Además de ellos, se citan a continuación las obras de mayor importancia que se han realizado en él:

- En 1889 se refuerzan las vigas del tablero.
- En 1916 se reforma la calzada.
- En 1994 se redacta el “Proyecto de obras complementarias, reparación del puente metálico sobre el río Pisuerga”, redactado por los ingenieros técnicos de Obras Públicas José Antonio Fernández Sáinz y Juan José Pérez Martín, de la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León, con un presupuesto de ejecución por contrata de 34.508.110 pesetas.
- En 1995 los ingenieros técnicos de obras públicas José Antonio Fernández Sáinz y Juan José Pérez Martín de la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León, redactaron el “Proyecto de obras complementarias. Pintura puente metálico sobre el río Pisuerga en N-403 interior (Paseo de Zorrilla) a N-620 interior, tramo Puente Colgante”, adjudicando los trabajos de ejecución de las obras a la empresa constructora José Luis González Rodríguez (OBRAS HERGONSA), en la cantidad de 32.437.624 pesetas.
- En septiembre se redacta el proyecto “Modificado número 1 de Obras complementarias, reparación puente metálico sobre el río Pisuerga”, por el Ingeniero Técnico de Obras Públicas Lucio Serrano Montes, del Servicio Territorial de Fomento de Valladolid de la Junta de Castilla y León, con un presupuesto adicional de adjudicación de 44.636.643 pesetas. Las obras ejecutadas consistieron en una restauración completa de la estructura para recuperar su brillo original y el tratamiento de corrosión de todas las partes metálicas, con el reemplazo de la placa inferior por un TRAMEX metálico para aligerar el peso. El 24 de enero de 1996 se abre nuevamente al tráfico después de 9 meses de obras para la pintura y el acondicionamiento del puente.
- En 2009 se realizó la última intervención importante en este puente, mediante las obras de rehabilitación y mejora de seguridad y movilidad en el Puente Colgante, ejecutadas por la empresa Imesapi, S.A., con un presupuesto de adjudicación de 416.534 euros (IVA incluido), pese a que terminó costando más del doble, manteniéndose cerrado al tráfico durante un año. Las obras incluyeron trabajos de reparación y pintura, el arreglo de barandillas y de las losas de acera desplazadas, entre otros; se chorreó con agua a alta presión los elementos metálicos y los paramentos de hormigón, se realizó un tratamiento de imprimación y pintado de la estructura metálica, tanto vigas, perfiles y barandillas, y el sellado de grietas y fisuras en las piezas de hormigón, estribos, tablero y pilares.

- En 2018 se detectan problemas de hundimientos en las losas de hormigón en las aceras, los agarres de las piezas de TRAMEX, si bien se han detectado también defectos en las estructuras; estos problemas hacen necesaria una intervención más profunda, que se pretende realizar a corto plazo.
- Hoy en día este puente permite el tránsito rodado, que si bien no es el de antaño, aún soporta una intensidad de tráfico de 7.500 vehículos/día en dirección al centro ciudad, y su acceso está limitado a vehículos pesados de más de 3 Tm. La fuerte crecida histórica del Pisuerga en 2001, que con un caudal de 2.345 m<sup>3</sup>/sg cubrió los ojos del puente Mayor, supuso un incremento de la superficie del agua en 7 metros, que no generó problema alguno en este puente.



## 7º.- Valoración patrimonial

La valoración del puente Colgante como elemento del patrimonio cultural es una cuestión que debe ser analizada no solo desde la perspectiva de la evaluación histórico-artística de este tipo de construcciones, que culmina en el generalizado –aunque reciente– reconocimiento al Patrimonio Industrial. En todo caso esta valoración excede de la que podría corresponder a una histórica infraestructura de paso, funcional, con una serie de valores estéticos representativos del momento histórico en el que se construyó, es algo bastante más; vamos a proceder a su análisis.

El debate sobre la consideración estética en los proyectos de puentes no es algo reciente como podríamos pensar, a finales del siglo XVI encontramos un claro ejemplo de que por entonces su belleza podía ser tan evaluada como la de otros edificios públicos: fue el concurso para el nuevo puente de Rialto en Venecia, convocado entre los proyectistas más importantes de su momento. Sin embargo, lo cierto que en nuestro país la estética en elementos tan funcionales y técnicos ha sido algo siempre secundario, e incluso vinculado al concepto de fortaleza: un puente era bello en la medida en que era fuerte, sólido y resistente.

La búsqueda estética de obras públicas de ingeniería, una búsqueda generalizada y no puntual, es algo que no llegará hasta el siglo XIX, una evolución que puede seguirse a través de la lectura de la Revista de Obras Públicas, la más valorada en esta materia que publicaba los proyectos técnicos más relevantes de su momento. Y en ella vemos cómo en la segunda mitad del siglo XIX se produce un cambio, la publicación de proyectos de puentes tradicionales de piedra va siendo sustituida por ligeros puentes metálicos, como el puente de Valladolid, en una evolución lógica que va de la mano de los avances técnicos del momento. La llegada a nuestro país de la tecnificación industrial vino acompañada de la búsqueda de materiales y tecnologías capaces de alcanzar mayores logros en las estructuras, así como el desarrollo del cálculo estructural que permitió la invención de nuevas formas de armazones, cubiertas, vigas y perfiles.

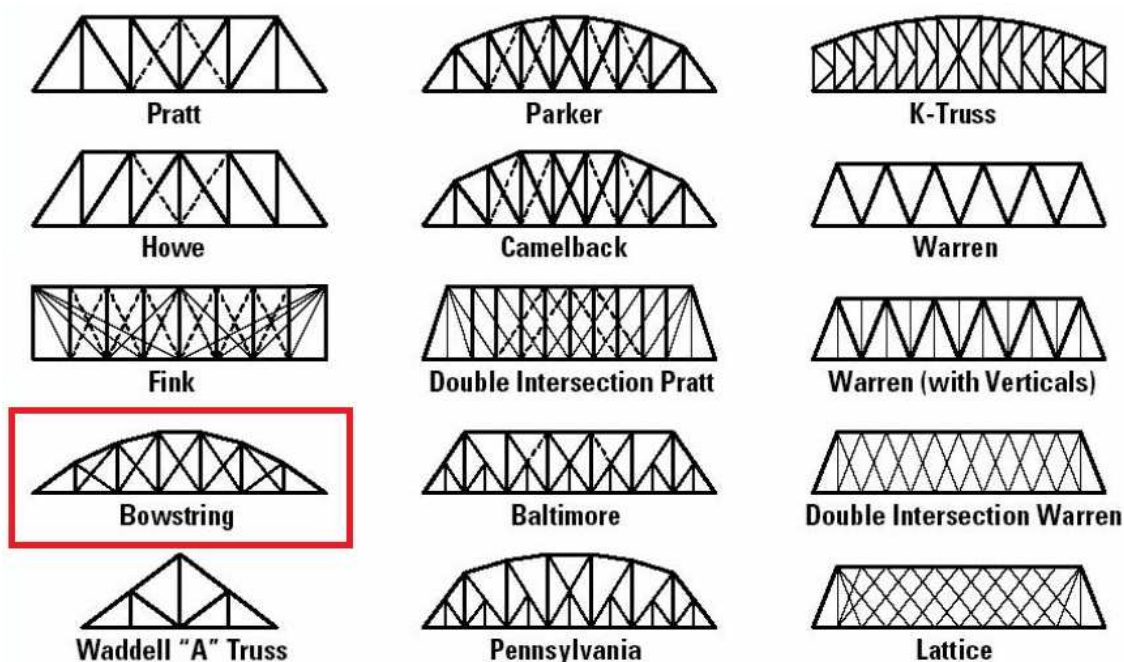
Todo ello revolucionó la ingeniería de su momento, la búsqueda de nuevas formas guiada por el objetivo de realizaciones mejores y más económicas, capaces también de transmitir una idea estética determinada e innovadora. Pronto se buscó también la unión de ambos conceptos, algo que conocemos por el testimonio de Fernando García Arenal, que decía a finales del siglo XIX que la cualidad estética en un puente, *“no es una cualidad accesoria, sino que debe ir unida a toda obra, cualquiera que sea su destino”*. En 1931 el gran ingeniero del hormigón José Eugenio Ribera realizaba una defensa parecida, manifestando que *“la hermosura de un puente debe solamente obtenerse por la silueta de sus formas y por la proporción de sus elementos”*.

Por lo tanto se ha venido consolidando que es la **estática** lo primero a lo que ha de responder un puente, la resistencia manifestada al exterior, y lo segundo es la **estética**, la búsqueda poética de la tensión creativa de la solución, escogida por la mente del proyectista de entre las

miles posibles, expresada mediante las formas, texturas, la composición de los volúmenes, el juego con las luces y las sombras, las proporciones en definitiva. El sabio juego de estos factores es el que aproximará el puente a la belleza.

Hoy en día evolucionamos en esa línea, nuestra percepción de la estética en las estructuras de puentes es aquella en la que ha de corresponder forma y función, en donde las líneas han de resultar de la expresión del material, de su capacidad estructural resistente frente al conjunto de tensiones que lo ponen a prueba. El puente Colgante de Valladolid es un claro ejemplo de esta dualidad, de lo imprescindible que fue en su momento el conocimiento profundo del material de hierro y sus mecanismos de respuesta, valores que el diseñador manifestó al exterior en una armonía de líneas y formas de gran pureza.

Se puede comprobar analizando la estructura de nuestro puente, el novedoso sistema Bow-String que aunaba resistencia, ligereza, belleza y economía.



Por lo tanto, si bien la estética de un puente es la manifestación al exterior de la búsqueda estructural de la resolución a un problema, el de salvar una distancia determinada, también es cierto que no todas las soluciones estructurales, por muy puras que sean, devienen en formas bellas. En primer lugar por la propia evolución del concepto de belleza por los continuos –y necesarios– cambios de estilo, que a lo largo de la historia van sucediéndose acompañando las diferentes culturas. Por ello el Puente Colgante no es un puente que responda la actualidad del siglo XXI, responde a las inquietudes estéticas de la arquitectura del hierro de mediados del siglo XIX, y en ese contexto ha de ser evaluado.

En segundo lugar, en la estética de un puente también es fundamental la creatividad del autor a la hora de dar una solución estructural atractiva y bella, de entre las miles que existen. Esto es algo que vemos con claridad en el proceso de selección que se realizó en el XIX para elegir la

propuesta del puente para Valladolid, cuando se escogió el tipo Bow-String frente a las otras propuestas rechazadas, la del primer proyecto de puente colgante, y las alternativas del puente con el sistema Vergniais y del puente en Viga de celosía. Y en la propuesta vencedora se buscaron valores que no dejan de ser los mismos conceptos atribuidos a Marco Vitruvio, en los que este arquitecto, ya en el siglo I antes de nuestra era, decía que debía descansar la obra pública: *firmitas, utilitas y venustas*, a los que también añadió otros; en nuestro caso, fundamentalmente, la *œconomia*.

En un proyecto la economía ha de entenderse como un equilibrio, el de los recursos respecto



Fotografía coloreada, anónima, años 30

del resultado, la gestión adecuada y sostenida del coste del material para obtener un elemento funcional perdurable, a través del conocimiento de todos los factores. El proyecto Bow-String de nuestro Puente Colgante fue elegido en gran medida por ser la opción más económica frente a puentes más tradicionales, principalmente de piedra, y otros de hierro diseñados con diferentes

sistemas; incluso teniendo en cuenta el coste que supuso el traslado hasta Valladolid de las piezas de hierro fabricadas en Birmingham, 370 km de viaje en tren y 1.300 km en barco<sup>38</sup>.

Pero no solo hay que resolver el problema estructural de cruzar el río con resistencia y durabilidad, y de hacerlo con economía de medios, el resultado también ha de alcanzar sentido estético, de monumentalidad. No en vano hay que recordar las palabras de la Comisión de estudio de los Puentes de Hierro que, tras analizar otras alternativas, fundamentan la solución escogida en base a los valores estéticos alcanzados, diciendo que «*se trata de una obra que, si no llega á ser excepcional, es sin embargo muy notable é importante por su magnitud y demás circunstancias...; y su aspecto es más bello y de carácter más monumental y más apropiado para una capital tan importante como la de Valladolid*». Es fácil entender estas palabras si pensamos que, durante la mayor parte de nuestra Historia, el puente Mayor se asoció a la ciudad antigua, y cuando en 1865 se inaugura el puente Colgante, rápidamente se convierte en un claro símbolo de la modernidad de la ciudad, símbolo que obviamente ha sido sustituido por otros hoy en día.

Este puente surgió como un proyecto ambicioso que, si bien contó con el apoyo directo de la reina Isabel II, le terminó pasando lo que a muchas obras de ingeniería, le afectaron los tres

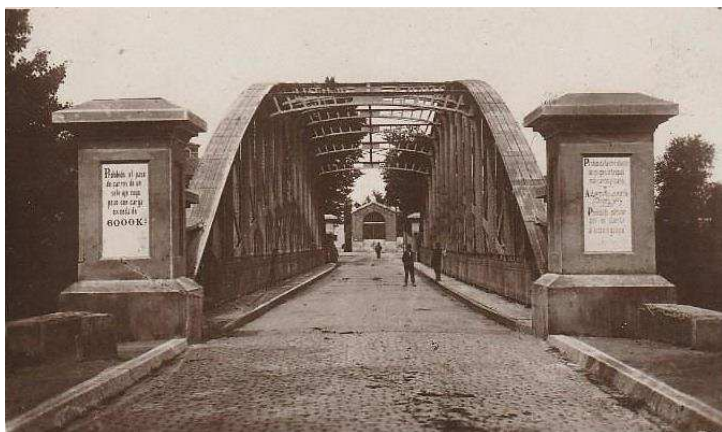
---

<sup>38</sup> La decisión de deslocalizar su fabricación en Inglaterra hoy sería un hecho evaluado negativamente desde una perspectiva de huella de carbono, algo que en su día era impensable.

problemas que suelen surgir: el reto técnico, el tiempo y el presupuesto. En nuestro puente Colgante de Valladolid fue así, al principio las dudas sobre la tecnología utilizada y la falta de presupuesto corriente hicieron que la ejecución se demorase, lo que dio tiempo para encontrar una nueva solución técnica, revolucionaria, que finalmente hizo que el proyecto ejecutado fuese especial.

Así, sin buscarlo, nuestro puente cronológicamente se convirtió en la primera estructura del país proyectada con este sistema en arco atirantado, y el cuarto en Europa, un modelo de puente que sería repetido con éxito por la geografía española, como por ejemplo en el hoy llamado puente de Hierro o de Abilio Calderón, abierto en 1911 en Palencia, de entre los varios citados en páginas anteriores.

No cabe duda que este puente de Valladolid es un magnífico ejemplo de la Arquitectura del Hierro en España, utilizándose una tecnología que, si bien para los logros de la ingeniería de



Postal Heliotipia Artística Española, ca. 1927.

Gran Bretaña no pasaba de ser un éxito menor, en nuestro país marcó un hito, dado que en esta materia aún se estaban dando los primeros pasos. Por lo tanto esta construcción hay que incluirla entre las más notables en su momento, y permitió a Valladolid situarse a la vanguardia de la ingeniería, y consolidarse como uno de los centros neurálgicos en cuanto

a la introducción de la tecnología del hierro a nivel nacional.

Lamentablemente con el paso de los años, el valor patrimonial del Puente Colgante para los ciudadanos de Valladolid fue sustituyéndose de forma paulatina por una valoración de tipo funcional, el de un elemento que proporcionaba una conexión rodada fundamental entre ambas orillas, sobre todo con la urbanización del Barrio de Parquesol. Pero la construcción de otros puentes más amplios para realizar esa función permite hoy en día el planteamiento de eliminar esa dependencia al transporte rodado, apostando por otros modelos de movilidad más amables con el valor histórico de este puente. El objetivo ha de ser recuperar un elemento tan valioso y simbólico para la vida pública para unir barrios y personas, y por estas razones el Ayuntamiento de Valladolid ha de apostar por un modelo de conexión compatible tanto con el patrimonio cultural del puente como además con los retos de la ciudad moderna que queremos.

Por todo ello la declaración de este puente como Bien de Interés Cultural no ha de ser un acto finalista en sí y hueco, sino que será el inicio de una serie de actuaciones enfocadas a poner en valor este importante elemento del patrimonio cultural, para que deje de considerarse como

un simple elemento funcional heredado, y pase a distinguirse como un recurso de futuro, que ayudará a crear un sentimiento de cohesión social y arraigo en la población. Lo que permitirá recuperar el protagonismo que siempre ha tenido el Puente Colgante para la ciudad.

En conclusión, y de acuerdo con lo ya analizado en las páginas precedentes, el Puente Colgante posee una serie de importantes valores del patrimonio cultural reconocidos, que deberían ser motivo para su declaración como Bien de Interés Cultural, destacando los siguientes:

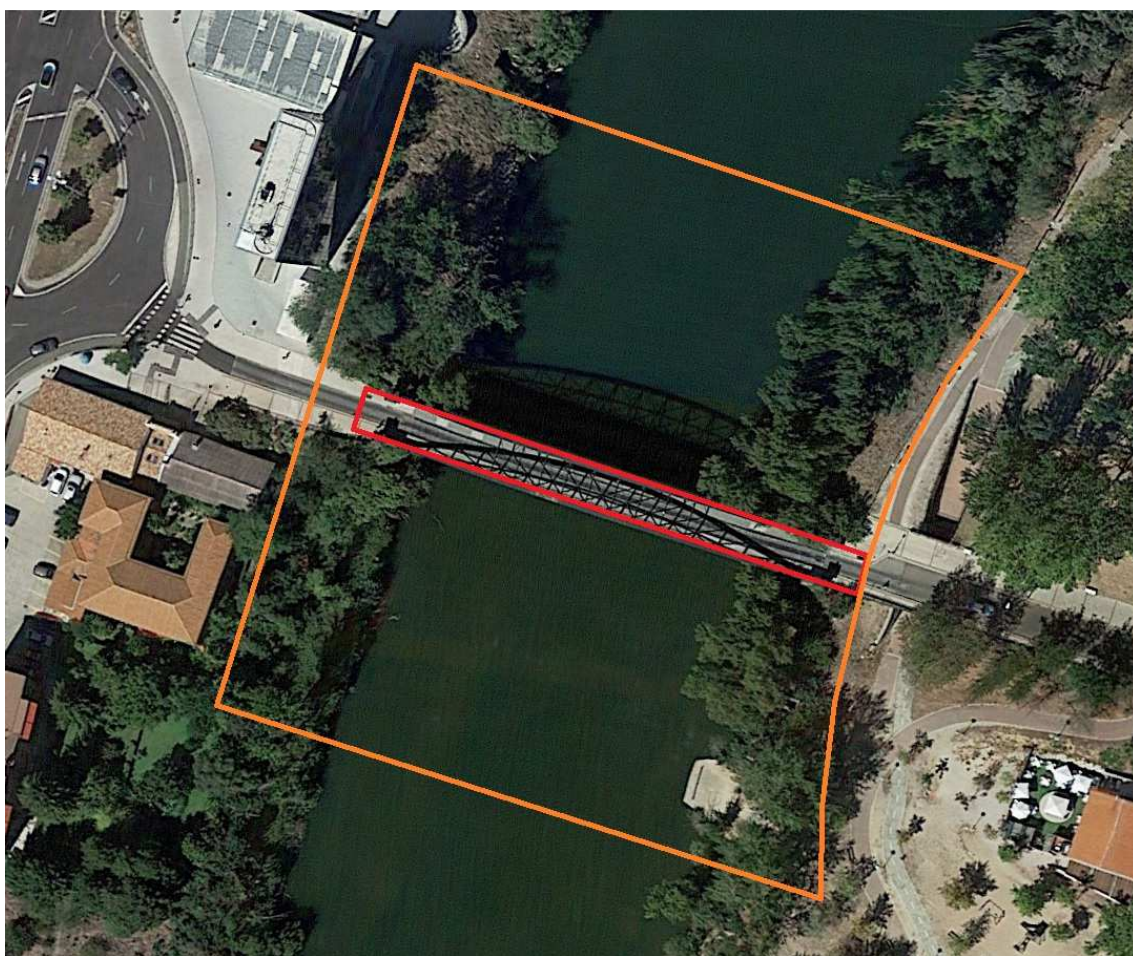
- Desde su importante **interés técnico**, al ser el primer puente en España construido con el sistema Bow-String o de Arco atirantado, sistema diseñado por el ingeniero Isambard K. Brunel en la búsqueda de la mayor eficiencia del material de hierro aplicado a un puente. Por ello es un hito en el contexto decisivo en la llegada de la Arquitectura del Hierro en España.
- La innovación de este puente tuvo un relevante **interés histórico**, pues hizo situar a Valladolid en la vanguardia tecnológica del país, ayudando a la ciudad en un momento en el que emergía con un fuerte desarrollo económico y social, alentando con su montaje y conocimiento la instalación de la industria vinculada al hierro; lo que permitió la construcción de grandes edificios e infraestructuras que revolucionaron la sociedad del siglo XIX: el tren, los grandes talleres e industrias, los mercados de abastos, los teatros, los frontones, los grandes edificios residenciales, los puentes, etc.
- La monumentalidad de este puente tiene un gran **valor artístico**, por el hecho de conjugar armoniosamente la funcionalidad de su destino con la belleza formal de su estructura, convirtiéndose por ello en una de las imágenes más emblemáticas de la ciudad desde su construcción, un icono de Valladolid.
- El Puente Colgante tiene un **valor inmaterial, simbólico y etnográfico** indudable, constituye una imagen única de la relación de la ciudad con las aguas del Pisuerga, una imagen ha terminado por alcanzar la categoría de símbolo que representa a Valladolid para sus ciudadanos, forma parte de su cultura identitaria, y un icono también hacia el exterior, por el cual se la reconoce.
- A pesar de las sucesivas restauraciones, se mantiene intacto en buena medida **el diseño original**, los añadidos son modernos y fácilmente pueden ser desmontados recuperando de nuevo la esencia original del puente.

En definitiva, **un conjunto de valores singulares y excepcionales** que hacen de este puente un elemento patrimonial único que ha sobrevivido conservado hasta la actualidad, y que lo hace único e irrepetible en la Comunidad Autónoma. Y por ello se configura como un valioso elemento que ha de ser protegido de forma consecuente.

## 8º.- Propuesta de delimitación de BIC

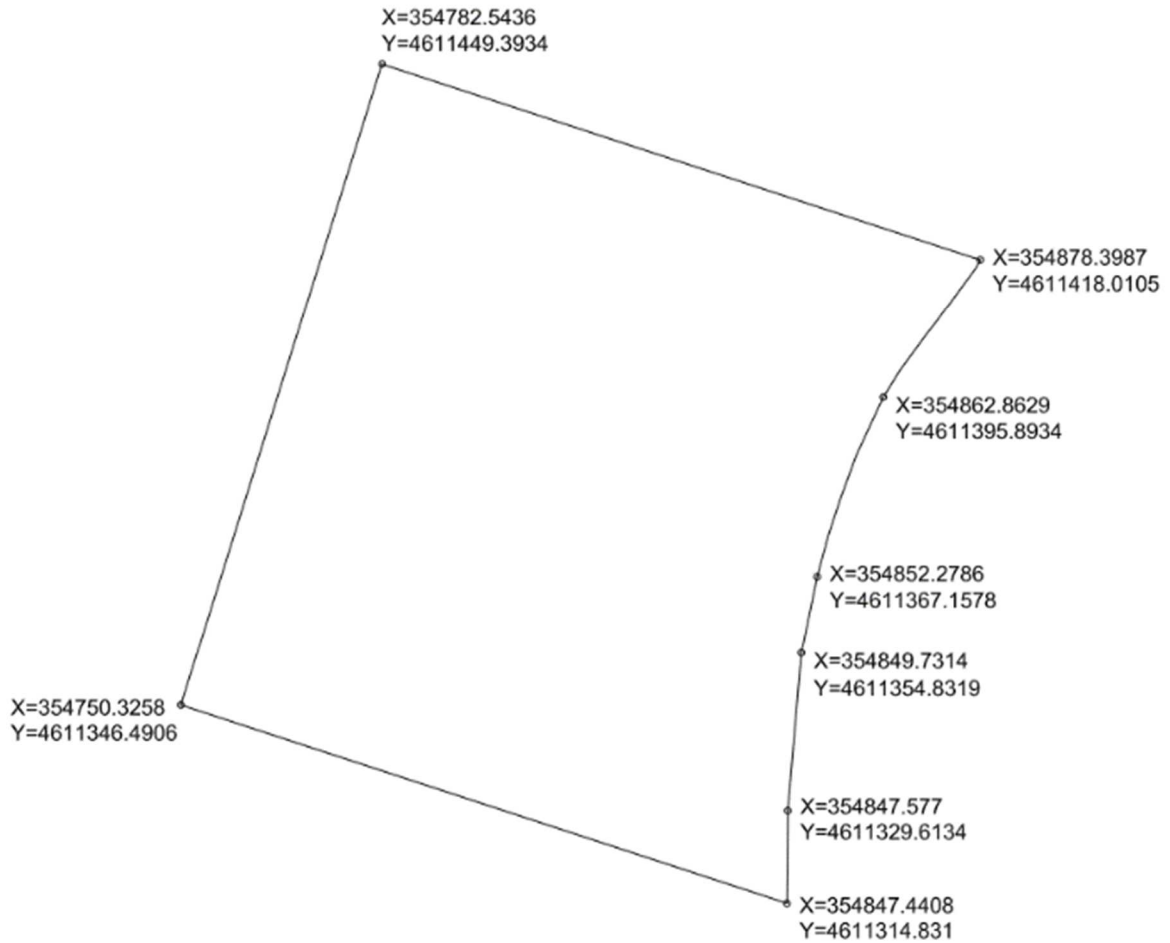
La delimitación del BIC que se insta su incoación como Bien de Interés Cultural en la categoría de Monumento, se reduce al elemento intrínseco, es decir, el Puente Colgante.

Además, se propone delimitar un entorno de protección alrededor del puente para prevenir la posible degradación de los valores que determinan su declaración como BIC, posibilitando su correcta percepción dentro del paisaje urbano y territorial en el que se sitúa. Para ello se conforman dos márgenes de 50 metros desde los flancos del puente a ambos lados de las aguas.





Las coordenadas de los puntos que delimitan el ámbito se aportan aquí en datum ETRS89, conforme establece el Real Decreto 1071/2007 de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España:



## 9º.- Plan de Restauración

En el pliego del lote 1º del recientemente adjudicado Contrato de conservación de vías públicas del Ayuntamiento de Valladolid, está prevista la inspección anual de puentes, estructuras y obras singulares, con el objetivo de sistematizar la tarea de conservación y mantenimiento y estudiar principalmente la seguridad de las infraestructuras. Se realizarán en todos los puentes urbanos sobre el Pisuerga de la ciudad, distinguiendo “inspecciones básicas” anuales e “inspección principal”, de carácter singular, a realizar cada cierto número de inspecciones básicas; todo ello conforme al protocolo de inspecciones que tiene establecida el Ministerio de Fomento para sus estructuras, "Guía para la realización de inspecciones principales en obras de paso de la red de carreteras del estado"<sup>39</sup>, y que el Ayuntamiento de Valladolid hace suya.

Si bien se ha previsto iniciar este protocolo en 2019 en todos los puentes mencionados con la realización de la denominada "inspección básica", en el caso del Puente Colgante se ha optado por realizar directamente la "Inspección principal" dado su preocupante estado, una auditoría profunda sobre la estructura y las condiciones de seguridad del Puente Colgante, que deberá realizar una empresa especializada. Su objetivo será garantizar la seguridad de los usuarios que a diario transitan por este puente histórico.



Por encima de las necesidades de movilidad del tráfico rodado es necesario priorizar la seguridad del puente y la protección del patrimonio, máxime en un elemento catalogado del valor del Puente Colgante que, además, cuenta con la presencia cercana de un puente de gran

<sup>39</sup> [https://www.fomento.gob.es/recursos\\_mfom/0870250.pdf](https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/0870250.pdf)

capacidad, el Juan de Austria. Por lo tanto, esta actuación será el paso previo a la ejecución de un proyecto de intervención urbanística más profunda, barajándose la peatonalización como solución óptima con el fin de aliviar la tensión que sufre la estructura por el paseo de vehículos.

El Puente Colgante necesita una importante intervención que permita disminuir al máximo la degradación que sufre actualmente, rescatar sus valores patrimoniales históricos y culturales, recuperando la importancia patrimonial del puente. Para ello, y tras las oportunas y obligatorias autorizaciones de la Comisión de Patrimonio Cultural de Castilla y León en caso de su declaración como BIC, será necesaria una restauración integral del puente, consolidando sus estructuras y rescatando en lo posible su configuración inicial, eliminando las losas de hormigón colocadas en el año 1991 y buscando una solución continua para el pavimento que sea respetuosa con los valores históricos del puente. Una iluminación neutra, indirecta y acorde con el bien, será el marco final a la actuación, eliminando los faroles anacrónicos que actualmente se disponen en los pilares de los extremos.



## 10º.- Bibliografía y fuentes

ACTAS del Congreso “Los ríos y las ciudades, Valladolid 28 y 29 de abril de 1999”. *Valladolid: Conferencia Regional del Agua*, 1999

ARAMBURU-ZABALA HIGUERA, MIGUEL ÁNGEL: *La arquitectura de puentes en Castilla y León, 1575-1650*. Valladolid, Junta de Castilla y León, 1992

ARENAS DE PABLO, JUAN JOSÉ, *Caminos en el aire. Los puentes*, Madrid, Colegio de Ingenieros, Caminos, Canales y Puertos, 2002.

BIEL IBÁÑEZ, PILAR: “La construcción de puentes metálicos en arco en España: el puente de El Grado diseño de José de Echeverría Elguera”. En *Artigrama*, núm. 25, 2010, <http://www.unizar.es/artigrama/pdf/25/3varia/09.pdf>

BURRIEZA SÁNCHEZ, JAVIER (coord.), MARTÍN MONTES, MIGUEL ÁNGEL, MARTÍNEZ SOPENA, PASCUAL y MARCOS DEL OLMO, CONCEPCIÓN: *Una historia de Valladolid*. Ayuntamiento de Valladolid, 2004.

CALABIA DE DIEGO, ALFONSO: *El Pisuerga. Encuentros y desencuentros del río y su ciudad*. Barcelona, Ediciones del Azar, 2007.

CANDELA PÍ, CELESTINO, Y FRAILE CUÉLLAR, J. M., “Homenaje al Pisuerga y sus 10 puentes” en *Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas*, 365, 07.

CORTÁZAR, DANIEL DE: “Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Valladolid” en *Memorias de la Comisión del Mapa geológico de España*. Madrid, Imp. de Manuel Tello, 1877.  
[http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=10068150](http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=10068150)

CHÍAS NAVARRO, PILAR y ABAD BALBOA, TOMÁS: “La construcción del territorio. Caminos y puentes en Castilla y León”. En *Historia de las Obras Públicas en Castilla y León: Ingeniería, Territorio y Patrimonio*. Pp. 299-414.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/148653748.pdf>

DAROCA SANTOS, FÉLIX Y SOLA ALONSO, JOSÉ RAMÓN: “El Puente Colgante de Valladolid” en *Cimbra: Revista del Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas*. Año 2017, Número 409. Pp 20-25.

DOWNING, SAMUEL: *Elements of practical construction, for the use of students in engineering and architecture*. Vol. I. Structures in direct tension and compression. London, Longmans, Green, and Co., 1875. Pp. 256-260.  
<https://hdl.handle.net/2027/mdp.39015063978996>

GARCÍA TAPIA, NICOLÁS: “El ingenio de Zubiaurre para elevar el agua del río Pisuerga a la huerta y palacio del Duque de Lerma”. En *Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología*, Tomo 50, 1984, págs. 299-324.  
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2690514.pdf>

GONZÁLEZ GARCÍA-VALLADOLID, CASIMIRO: *Valladolid sus recuerdos y sus grandezas (...)* (3 Vol). Imp. de Juan Rodríguez Hernando. Valladolid, 1900-1902.  
[http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=10067408](http://bibliotecadigital.jcyl.es/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=10067408)

HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, SANTIAGO (coord.): *Puentes de España. Tránsito de culturas*. Lunwerg, 2009.

HERRERO DE LA FUENTE, MARTA: *Arquitectura ecléctica y modernista en Valladolid*, 1976

MARTÍN GARZO, GUSTAVO *et Alii* (textos) y Federico Carrascal (dibujos): *Homenaje al Pisuerga y sus diez puentes*. Valladolid, Ayuntamiento de Valladolid, 2005

NAVARRO VERA, JOSÉ RAMÓN: *El Puente moderno en España* (T. I). Fundación Juanelo Turriano,

NAVASCUÉS PALACIO, PEDRO: *Arquitectura e Ingeniería del Hierro en España (1814-1936)*. Ediciones El Viso, 2007.  
<https://vdocuments.site/hierro-espania.html>

NAVASCUÉS PALACIO, PEDRO: “Arquitectura y urbanismo” en “La época del romanticismo (1808-1874)”. *Historia de España / Ramón Menéndez Pidal*, V.II, (XXXV). Espasa-Calpe, Madrid, pp. 571-676. 1988.  
<https://studylib.es/doc/1089260/8833-d>

NAVASCUÉS PALACIO, PEDRO: “El ingeniero y arquitecto Lucio del Valle” en *Ingenieros arquitectos* (coord. por Pedro Navascués Palacio y Bernardo Revuelta Pol), págs. 95-106.

[https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=652226&orden=0&info=open\\_link\\_libro](https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=652226&orden=0&info=open_link_libro)

ORTEGA, ELENA Y ORTEGA, TOMÁS: “los puentes del Pisuerga en la ciudad de Valladolid” en *Suma. Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*, Nº 43, 2003, págs. 47-57.

ORTEGA DEL RÍO, JOSÉ MIGUEL: El siglo en que cambió la ciudad. Noticias artísticas de la prensa vallisoletana del XIX. Ayuntamiento de Valladolid, 2000.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS:

- Proyecto de Puente Colgante de Andrés de Mendizábal: [Revista de Obras Públicas](#). Tomo I. Número 12. 1853.
- Proyecto de puente sistema Vergniais: [Revista de Obras Públicas](#). Tomo II. Número 5. 1854.
- Proyecto de puente sistema Bow-String: [Revista de Obras Públicas](#). Tomo XIV. Número 12. 1866, y [Revista de Obras Públicas](#). Tomo XIV. Número 14. 1866.
- Resumen de características del puente: [Revista de Obras Públicas](#). Tomo XIV, Número 14, 1897.

PINTADO QUINTANA, PEDRO: *El Ferrocarril en la ciudad de Valladolid (1858-2018)*. Lluís Prieto Tur Ed., 2018.

SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO: “Biografía y semblanza del ingeniero de caminos Lucio del Valle” en el Catálogo de la exposición Lucio del Valle (1815-1874): ingeniería y fotografía. (Fernando Sáenz Ridruejo et alii coord.) Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, marzo 2015,

SALADINA IGLESIAS ROUCO, LENA: *Urbanismo y Arquitectura de Valladolid. Primera mitad del siglo XIX*. Ayuntamiento de Valladolid. 1978.

SEALEY, ANTONY: *Bidges and aqueducts*, Londres, 1976

VIRGILI BLANQUET, MARÍA ANTONIA: *Desarrollo urbanístico y arquitectónico de Valladolid (1851-1936)*. Ayuntamiento de Valladolid, 1979

## 11º.- Anexo Gráfico

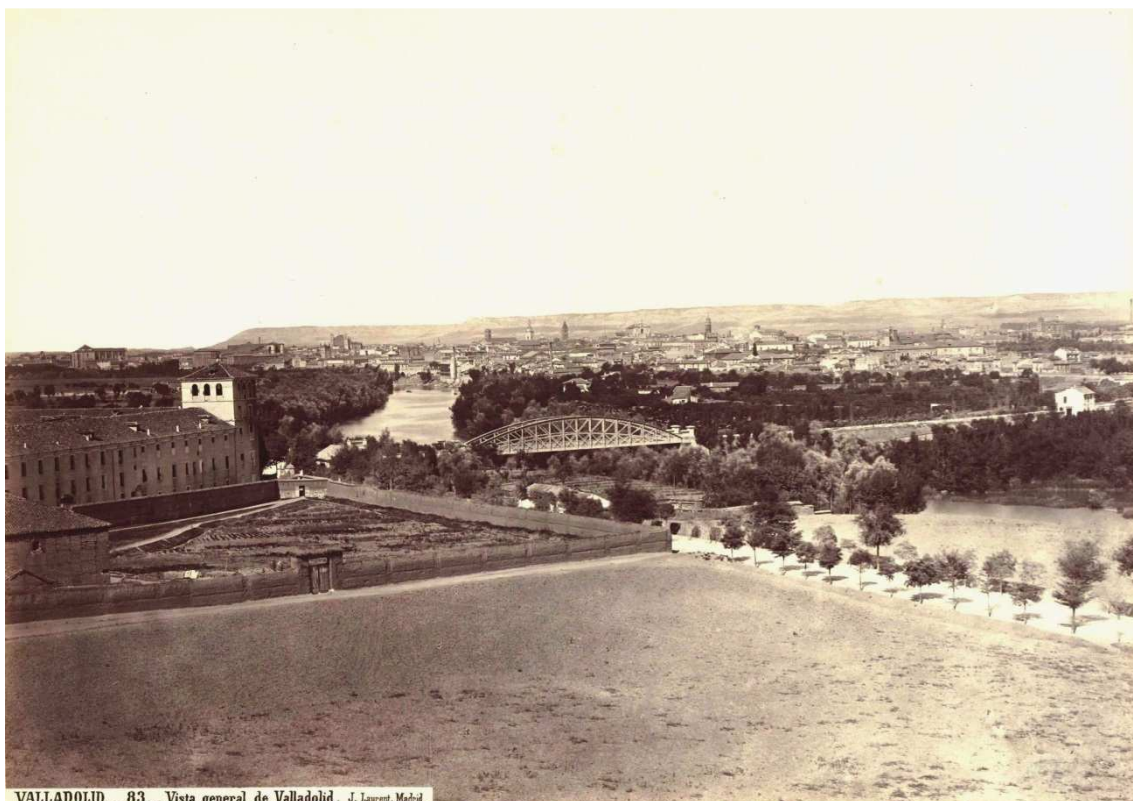


VALLADOLID. 487. Puente de Prado

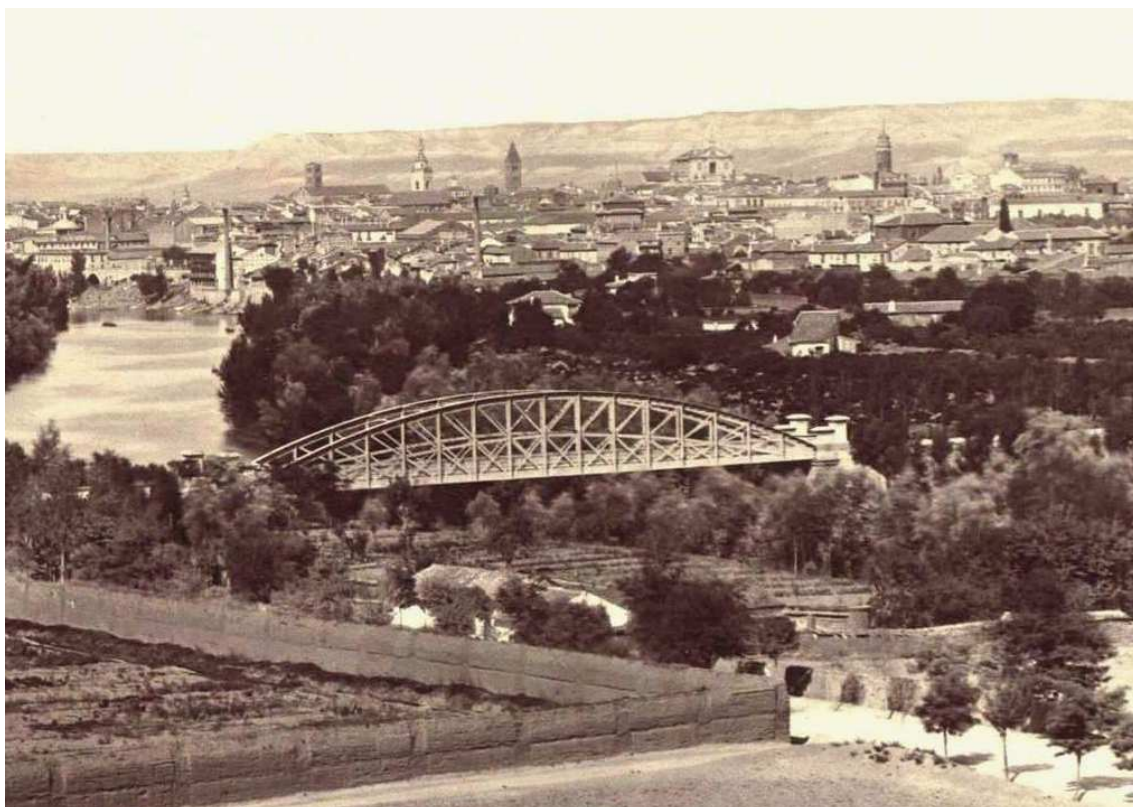
Puente Colgante. J. Laurent ca. 1865. Archivo Municipal de Valladolid



Puente Colgante. J. Laurent ca. 1865. Archivo Municipal de Valladolid



VALLADOLID. — 83. — Vista general de Valladolid. J. Laurent. Madrid.  
Panorámica J. Laurent, ca. 1872. Publicada en el libro *Monumentos de Valladolid*



Panorámica J. Laurent, detalle del puente colgante 1865. Archivo Municipal de Valladolid

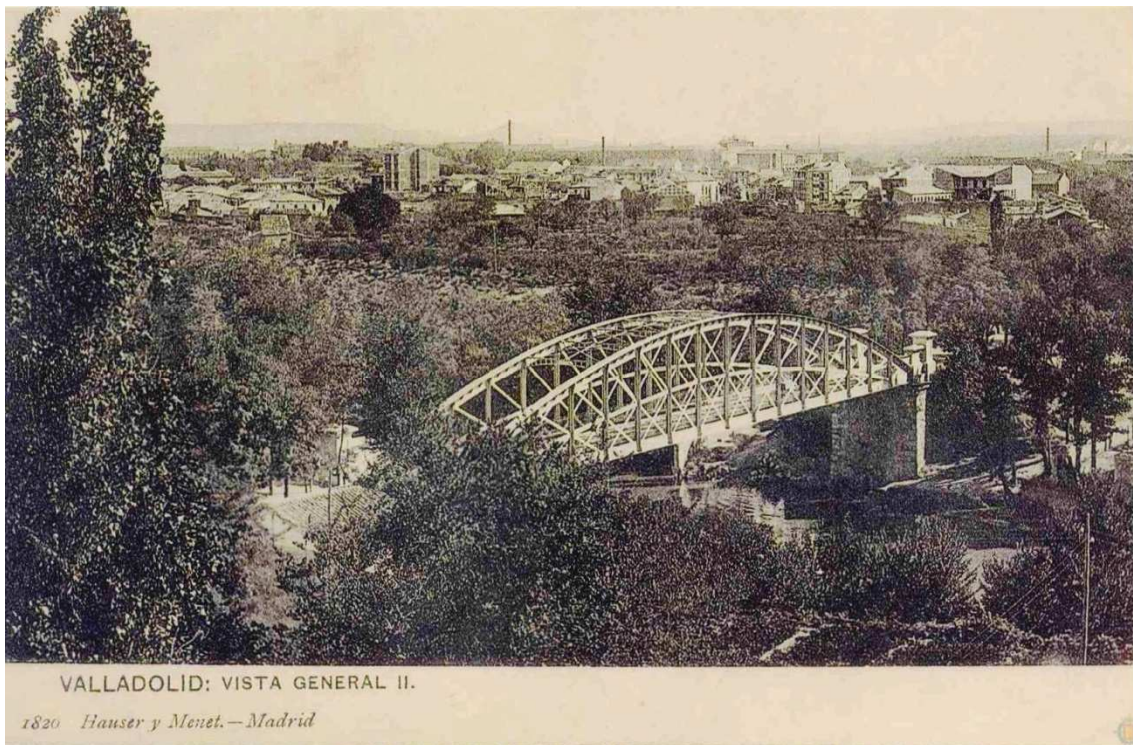


*Le pont en fer sur la Pisuerga. fotografía coloreada. Casa J. Lévy et Cie, 1888-1889.*

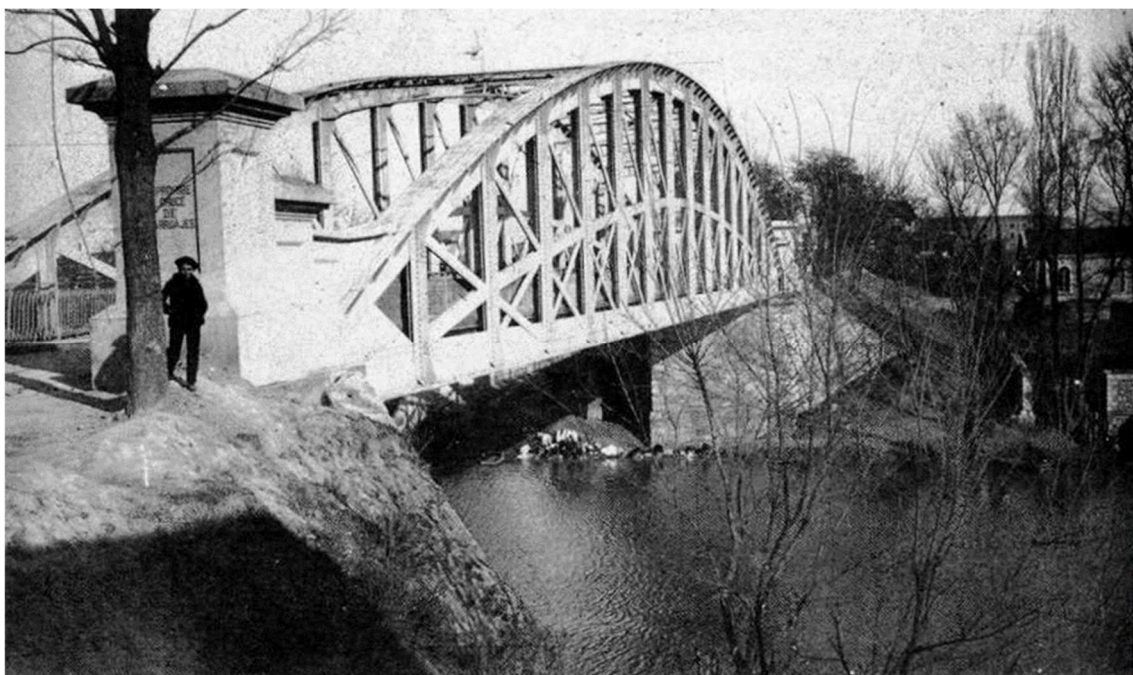


Puente Colgante. Colección Viani del Archivo Municipal de Valladolid. C. 1900





Puente Colgante, postal de Hauser y Menet, año 1904



Puente Colgante, c. 1900



Puente colgante postal Ed. Guillén, año 1908



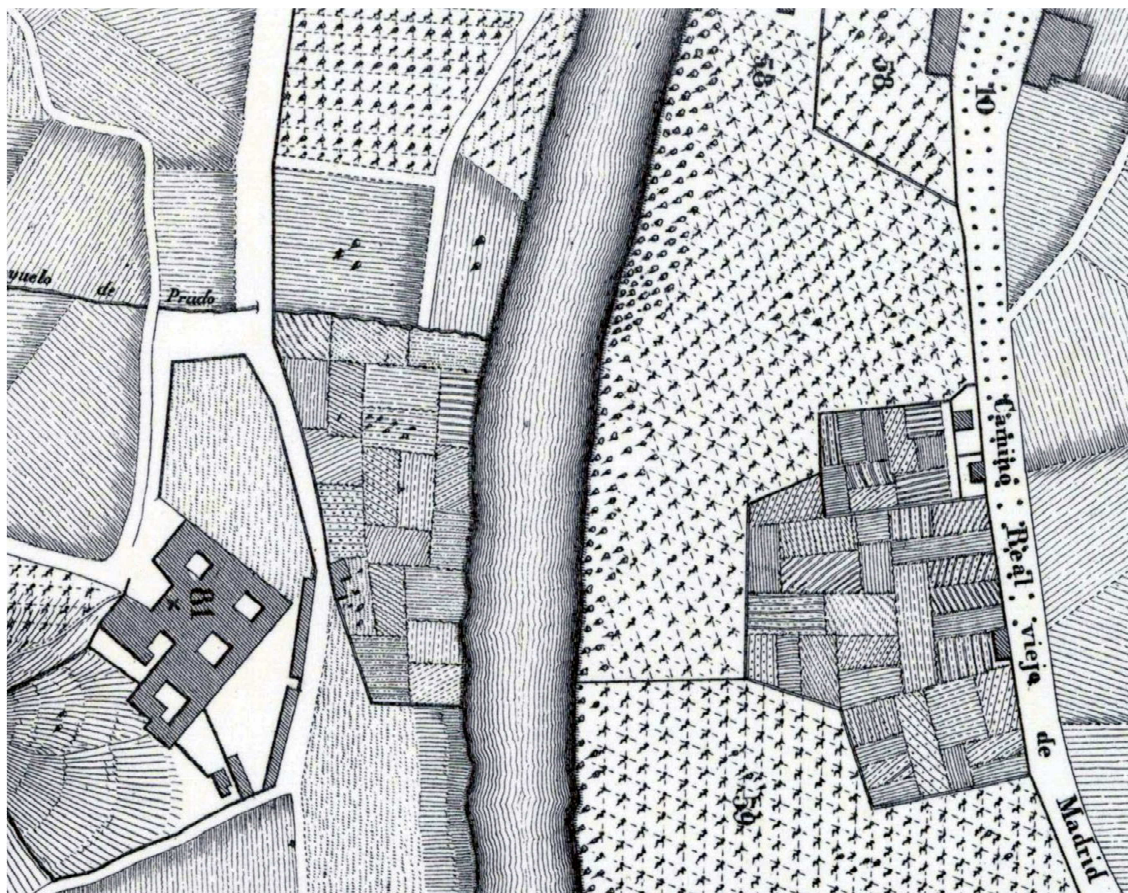
Postal Fototipia Thomas, 1911.



Postal Heliotipia Artística Española, ca. 1927



Puente Colgante años 30



Plano de los Hermanos de Ameller de 1844. Archivo Municipal de Valladolid.



Hoja 10 del Plano Pérez de Rozas de 1863. Archivo Municipal de Valladolid



Hoja 37 Plano Instituto Geográfico Nacional de 1915.



Ortofoto del año 2014 con datos del callejero de 2019. Ayuntamiento de Valladolid.

## 12º.- Anexo Documental histórico

### 12.1. Proyecto de Puente Colgante de Andrés de Mendizábal: Revista de Obras Públicas. Tomo I. Número 12. 1853.

154

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

Si la raíz central no es excesivamente larga, puede no cortarse, pero procurando impedir su crecimiento. Este objeto tiene la práctica observada en los viveros de la villa de colocar una teja debajo, con lo que se consigue que si crece lo haga sobre sí misma en forma de espiral y que no perjudique en los trasplantes sucesivos.

Por regla general debe establecerse que siempre que las raíces tiernas puestas al descubierto hayan padecido daño por contusión, deben cortarse con cuidado para que resulte una herida limpia que se cicatriza con mucha más facilidad que las contusas y desgarradas.

Para sacar las plantas del semillero y colocarlas en otro sitio, es el principio del otoño, á poco de caer la hoja, la época más favorable para que se desarrollen las nuevas raíces antes del invierno, trasladando esta operación á la primavera si las tierras son arcillosas y muy espuestas á humedad.

Se hace una zanja á cordel de la profundidad y anchura suficientes según el tamaño de las raíces; se colocan las plantas apoyadas en uno de los lados; se abre otra zanja paralela cuya tierra sirve para cubrir la primera, y así sucesivamente en la extensión que se calcule, cuidando de comprimir ligeramente para que las raíces queden bien sujetas y el tallo en la dirección vertical más perfecta posible.

Como en esta primera plantación los árboles se colocan aun bastante inmediatos, suele ser conveniente un nuevo trasplante hecho en los mismos términos y con las mismas precauciones que el primero, al cabo de dos, tres ó cuatro años según las especies, con lo que se favorece la producción de más raíces nuevas; puede, sin embargo, prescindirse de esta práctica cuando en la primera plantación no hayan resultado tan inmediatos que se perjudiquen mutuamente.

Resta, para completar la historia de los cuidados que el árbol necesita en el vivero, hablar de las podas con las que se le dirige y da la forma conveniente; pero esta interesante materia será con la poda en general objeto de otro artículo.

Para concluir el presente debe hacerse mención de los demás medios de propagar plantas leñosas y que tengan aplicación al objeto que nos ocupa.

Los árboles se multiplican por el método indicado de *siembra*, que es la imitación del procedimiento natural llamado *diseminación*; además por injerto, acodo y estaca.

De los primeros solo se utilizan en los árboles de línea y de sombra en algun caso raro; los de aproximación en los sitios vivos. De los acodos solamente los brotes que suelen tener naturalmente las raíces en las laderas de los caminos hechos en terraplen, y únicamente nos ofrecen algun interés las *estacas*.

Con este nombre se conoce una porción de rama desprendida de la planta madre ó introducida en tierra con el objeto de que eche raíces y viva independiente.

Si las circunstancias de calor, terreno y humedad se reunieran en la cantidad y grado conveniente, puede asegurarse que la mayor parte de los árbo-

les podrían propagarse por este medio como se hace en ciertas estufas de aclimatación; mas como estas condiciones son difíciles de reunir, solo tiene aplicación este procedimiento á los árboles de madera blanda y que viven ordinariamente en los sitios húmedos y en las riberas.

El terreno para las estacas debe de ser suelto y húmedo, bien movido por labores preliminares, abonado con buen mantillo (estiércol muy podrido y menudo) y la exposición al norte si es posible.

Para preparar la estaca se toma una rama generalmente de un año, porque de más edad arraigan más difícilmente, y se la corta en pedazos de media vara poco más ó menos.

Los cortes deben ser limpios y oblicuos, sobre todo el que ha de penetrar en tierra, y en la inmediación del superior debe haber una ó dos *yemas*.

En esta disposición se introduce verticalmente en el terreno ya preparado, bien empujando con la mano, ó bien lo que es preferible, abriendo antes un agujero para que se evite el roce y no se desprenda la corteza de la parte leñosa, se debe asimismo comprimir suavemente el terreno para que quede bien próximo á la rama introducida.

Se colocan las estacas en líneas dejando entre ellas el espacio conveniente, y quedando menos de la tercera parte fuera de la superficie.

En general en nuestros climas se plantan las estacas en la época en que la vegetación está suspendida, como sucede desde fin de noviembre á primeros de abril; sin embargo, si el terreno es húmedo en exceso y arcilloso, debe preferirse la primavera con el objeto de evitar la putrefacción que la humedad ocasionaria en la parte introducida.

Todos los cuidados que las estacas reclaman, pueden reducirse á impedir la desecación del terreno, porque cuando este accidente se verifica en las raicillas nuevamente formadas, padece mucho la planta y aun llega á morir sino se la socorre á tiempo.

Las aplicaciones principales de este género de propagación en los plantíos de las obras públicas, son el adquirir por este medio con mayor prontitud los árboles que son susceptibles de él, el formar con facilidad setos vivos en los sitios húmedos y el contener el impetu de los ríos y arroyos que en las grandes avenidas pueden destruir los terrenos inmediatos y causar pérdidas de difícil y costosa reparación.

RAMON LLORENTE LAZARO.

#### **PUENTE COLGADO SOBRE EL RIO PISUERGA EN VALLADOLID.**

Este puente, que se halla actualmente en curso de ejecución, se construye en las afueras de la ciudad á unos 800 metros de distancia de la puerta llamada de Madrid. Además de la utilidad que necesariamente habrá de reportar á la población el establecimiento de este paso sobre un río, que corriendo por mucha parte de su perimetro, no tiene más que uno solo, enlazará ventajosamente las nuevas carreteras de Zamora y de Calatayud, evitan-





do á los que pasen sin detenerse, un rodeo de mas de tres cuartos de legua, y las molestias consiguientes á tener que atravesar la ciudad.

Es de un tramo de 68 metros (224 pies) de claro, 6,<sup>m</sup> 7 (24 pies) de ancho y 12<sup>m</sup> (45 pies) de alto sobre el nivel de las aguas ordinarias; un solo cable de 0,<sup>m</sup> 11 (4 3/4 pulgadas) de diámetro que se confeccionará sobre el rio, envolverá por detras los macizos de amarra, quedando dentro de ellos por medio de una galeria semi circular, de la que saliendo por sus extremos subirá á apoyarse en dos columnas de hierro fundido en cada estribo para formar de uno á otro, á ambos lados del puente, el cable de suspension de 1/11 de flecha; estas columnas tendrán 5,<sup>m</sup> 25 (19 pies) de altura y 0,<sup>m</sup> 52 (14 pulgadas) de diámetro en su parte mas gruesa, hallándose aligeradas de manera que aun con este diámetro la seccion trasversal es solo de 190 centímetros cuadrados (54 pulgadas cuadradas); el piso formará una curva parabólica de 0,<sup>m</sup> 40 (17 pulgadas) de ságit.

Como nos reservamos hacer una descripcion mas detallada cuando se concluya, dando cuenta de los procedimientos seguidos en su construccion, que juzguemos puedan ofrecer algun interés á nuestros compañeros, habremos de limitarnos ahora á esponer las razones en que nos hemos fundado para hacer el proyecto tal como se representa en la lámina que acompaña á este número.

Una de las causas, quizá la principal, que indudablemente ha contribuido á que estas construcciones se mirén por muchos con alguna desconfianza, es su movilidad, y á nuestro modo de ver lejos de haberse tratado de disminuir el mal, ya que por ser inherente al sistema no pueda hacerse desaparecer, se ha agravado por falsas consideraciones de economía, particularmente en los puentes colgados de cables de alambre donde se ha llevado la ligereza al extremo, abusando de la exactitud con que responde al cálculo la resistencia no desmentida de estos cables. Creemos, pues, que para que desaparezca esa desconfianza hasta cierto punto justa, y para que la adopcion de estos puentes sea tan general como merece serlo por sus especiales ventajas, debe abandonarse semejante tendencia y seguirse un camino diverso; en él nos hemos puesto al proponer en el proyecto que nos ocupa, menos flecha que la de costumbre para los cables de suspension, madera fuerte y pesada para el entablado del piso y las barandillas, construccion rigida de estas segun se demuestra en la lámina, y por último péndolas de barras en lugar de alambre. Hubiéramos ido mas allá, porque mucho mas allá puede irse sin pasar los justos limites y caer en el extremo opuesto, pero nos ha sido forzoso ceñirnos á la cantidad asignada al puente de que tratamos. Es inútil detenernos ni un instante en demostrar que la disminucion de flecha y el aumento de peso en la suspension dan á esta mas firmeza; diremos sí, que las flechas pequeñas tienen ademas las ventajas de acortar la altura de los apoyos de los cables, y mantener mejor en su posicion á las péndolas sin tanta tendencia á resbalar. Tampoco nos esforzaremos en demostrar la convenien-

cia de construir con la mayor fuerza posible las barandillas, siendo como son entre todos los medios el que se opone con mas energia á los movimientos del tablero. Respecto de las péndolas deberemos hacer algunas observaciones, pues no todos los ingenieros están acordes en este punto. Las principales objeciones que se hacen en contra de las de barras son las siguientes: que la rigidez que se supone dan al sistema es ilusoria, puesto que estando libres en sus extremos debe considerárselas como si fueran hilos flexibles; que siendo esto asi y habiéndose preferido el alambre á las barras en los cables, no hay razon para invertir la preferencia en las péndolas sometidas á esfuerzos de la misma naturaleza; que las roturas son mas frecuentes en las de barras que en las de alambre, y finalmente que cuestan mas. No podemos admitir el supuesto de que debe considerárselas como si fuesen hilos flexibles, porque si bien es cierto que se hallan libres en sus extremos, es solo entre ciertos limites, y estando fijas como deben estarlo á los cables y viguetas las abrazaderas que á ellos las unen, siempre que las oscilaciones verticales pasen estos limites, las péndolas se opondrán evidentemente á ellas con la circunstancia de que son mas resistentes por su menor longitud hácia el centro donde la amplitud de aquellas es tambien mayor. Convenimos en que ha habido mas casos de rotura en las de barras que en las de alambre, y convenimos con tanto mas gusto, cuanto en nuestro juicio este hecho es la prueba mas concluyente de lo que acabamos de esponer con solo detenernos á examinar cómo pueden efectuarse tales roturas; la fuerza absoluta de tension de una barra de 50 milímetros de diámetro que es el que generalmente tienen las péndolas, asciende en números redondos á 24.000 kilogramas (52.000 libras), que viene á ser de doce á trece veces el esfuerzo que sufren durante la carga de prueba, de manera que sin temor de alterar su elasticidad y sin grandes gastos, pueden probarse antes de colocarlas con una fuerza hasta seis veces mayor de la que soportarán en dicha carga de prueba; por consiguiente no es lícito suponer que barras que admiten semejante ensayo prévio, y cuya resistencia absoluta á la tension es tan superior al máximo esfuerzo que habrán de soportar se rompan nunca en sentido de su longitud, la rotura necesariamente debe sobrevenir por flexion al doblarse á causa de las oscilaciones verticales, y aunque este hecho, repetimos, demuestra de un modo incontestable que no son hilos flexibles, lo admitimos solo en este sentido, pues por lo demas las roturas de péndolas son rarisimas y cuando se verifican es porque se reunen faltas tales como la mala calidad y eleccion del hierro, el poco diámetro, ó la demasiada inflexibilidad de sus uniones con los cables y viguetas. En los puentes bien contruidos jamás se ha roto ni una sola. Despues de todo compárese la belleza que dan á la construccion las unas con las inflexiones y mala vista que presentan las otras, y no podrá menos de convenirse en que todas estas ventajas compensan sobradamente su exceso de coste.

Conforme dejamos indicado al principio, nos pro-



ponemos confeccionar el cable sobre el río, adoptando para los macizos de amarra la disposición que se señala en las dos proyecciones del dibujo. Basta un ligero exámen de ellas para hacer ver desde luego las ventajas de este sistema; la de mayor consideración de todas y la que por sí sola demuestra de un modo decisivo su superioridad, es que toda la porción de cable que queda dentro de aquellos estará visible y accesible, pudiendo visitarse facilísima y cómodamente esta parte, la más importante de los puentes colgados, y que sin embargo en los otros sistemas, está casi toda oculta ó por lo menos fuera de una buena inspección. Aun cuando no hubiera más ventajas que la que acabamos de esponder, es de tal interés, que á su lado no merece ciertamente tomarse en cuenta lo que pudiera oponerse de que resulta mayor la longitud del cable, y que por la dirección inclinada que sigue al envolver los macizos, no se aprovecha todo el peso de estos; pero no es esto solo: colocando los hilos uno por uno en el sitio que han de ocupar con todas las curvas que definitivamente han de afectar, y sometidos al hacerlo á una tensión constante é igual, resulta un cable sin fin de perfecta ejecución: no hay en sus elementos la desigualdad de fuerza que en los confeccionados fuera, y no teniendo unión ninguna, no hay las diferentes piezas de los enlaces en los que, la mala calidad de una sola, puede comprometer la estabilidad de la obra, ni tanto punto de contacto donde es imposible contener los efectos de la oxidación, ni las curvas violentas que tienen los hilos en los extremos de los cables; no hay en fin el cambio de dirección de los fiadores que tan gran esfuerzo desarrolla sobre la fábrica y tanto la fatiga.—Para la mejor conservación, no se penetrarán con clavos ni tornillos las maderas principales del tablero, y quedarán establecidos depósitos de agua y un andamio volante; los primeros para refrescar las maderas en verano, y prevenir así en lo posible los perjudiciales efectos de los subidos y repentinos cambios de temperatura del país, sirviendo al propio tiempo para cortar un incendio que inesperadamente pudiera ocurrir en el piso; y el segundo, para que el guarda encargado de la conservación, manejándolo con facilidad, recorra el tablero por su parte inferior y apriete amenudo todas las tuercas, operación generalmente descuidada por lo incómodo de ejecutarla, á pesar de ser tan necesaria si se ha de mantener la unión de dicho tablero y la rigidez de la barandilla.—Por último, también pensamos emplear el alambre galvanizado, puesto que la acción del galvanismo le pone á cubierto de la oxidación sin quitarle fuerza alguna, según se ha demostrado con recientes experimentos, cuyo resultado nos ha hecho que adoptemos sin vacilar esta mejora, que por su importancia esperamos no tardará en generalizarse.

ANDRES DE MENDIZABAL.

La importancia que para las obras públicas de España tienen los dos reales decretos que ponemos á continuación, nos ha decidido á insertarlos íntegros en nuestro periódico.

MINISTERIO DE FOMENTO.

ESPOSICION Á S. M.

Señora: La división del territorio de la Península para el servicio de las obras públicas que V. M. se dignó aprobar por su real decreto de 1.º de julio de 1847, así como lo dispuesto por real orden de 28 de diciembre del propio año, respecto de las visitas de inspección ordinaria que periódicamente debían verificarse, exige ya las modificaciones que solo el trascurso del tiempo justifica sobradamente en un ramo de tan alto interés y de continuo progreso. Aquella división que al tiempo de plantearse apenas satisfacía las exigencias del activo desarrollo que el gobierno se proponía dar á toda clase de comunicaciones, como medio el más importante de fomentar los grandes intereses de la agricultura, del comercio y de la industria, hubo, no obstante, de subordinarse entonces á los medios de que se podía disponer para preparar el logro de tan grandioso objeto; uno de estos medios, precisamente el de más acción, y que no es dado improvisar, era el cuerpo de ingenieros de caminos, canales y puertos; y el escaso número de sus individuos, no permitía dar toda la extensión apetecible á las reformas. La que ahora parece indispensable tampoco se halla exenta de igual obstáculo, y por eso no puede entenderse como de inmediata realización, sino solo como autorización conveniente para que el gobierno, dentro del círculo de sus facultades, introduzca sucesivamente las mejoras que por falta del competente número de ingenieros no pueden plantearse desde luego.

Esta falta, que inevitablemente se presenta como la más embarazosa, subsiste aun, y para su remedio el ministro que suscribe tiene el honor de proponer á V. M. por separado lo que entienda necesario, esperando confiadamente, si mereciese su real aprobación, que con el mayor estímulo que entonces ofrecerá tan distinguida como laboriosa carrera, con la amplitud que para el mismo fin se ha procurado dar en estos últimos años á la admisión de alumnos en la escuela especial, y con el celo y perseverancia que debe esperarse de sus distinguidos profesores, no tardará tanto, como en otro caso sería de temer, la ocasión de realizar la nueva división que reclama el estado presente del servicio.

Las obras públicas, fomentadas más ó menos en todas partes, han adquirido en algunos distritos, por circunstancias especiales, un desarrollo tal, que hace notable la excesiva extensión de aquellos. Por esta causa, unida á la falta de personal suficiente, se han hecho multitud de estudios de ferrocarriles con absoluta independencia de los respectivos jefes, en perjuicio de la buena disciplina, y aun tal vez de los mismos proyectos para cuando llegue el caso de su ejecución; se realizan los no menos importantes de algunos ríos con excesiva lentitud, sin culpa de nadie; y no es dable emprender con utilidad el estudio general y ordenado que convendría hacer de todos los cursos de agua, tanto para aprovechar este elemento en sus diferentes usos, bajo bien entendidas reglas, y con conocimiento de los derechos existentes, como para preparar las obras que en no pocos de aquellos se necesitan para regularizarlos ó impedir las devastaciones de que son causa. Notorio es también el incremento que las obras públicas han tenido en las islas Baleares, bajo una atinada y bien entendida dirección; y los intereses de esta especie que allí deben conservarse y fomentarse, reclaman para aquel punto la consideración de distrito igual á los de la Península, dotado con el per-





- **12.2. Proyecto de puente sistema Vergniais: Revista de Obras Públicas. Tomo II. Número 5. 1854.**

dad y zozobra de la junta de comercio. El gobierno de S. M. exclusivamente dedicado á lo que es de presumir, á los espinosos cuidados de la alta gobernacion, se hacia sordo á plegarias que en su situacion reputaria impertinentes. Se multiplicaban sin embargo los hundimientos de los muelles, y acaeció uno en el barrio de Olaveaga, de tal entidad, por las consecuencias inmediatas y desastrosas que podian preverse sino se apelaba al instante mismo á un remedio enérgico y eficaz, que alarmada sobremanera la junta, recurrió al jefe político proponiéndoselo.

»Y las olas prosiguiendo en sus estragos por el largo espacio de otros seis meses, han deshecho otros largos trozos de los diques y muelles; y si como es de temer, se descuida este asunto, vital para Bilbao, antes de mucho tiempo veremos completamente cerrado su puerto con los escombros esparcidos de aquellas obras atrevidas.»

El empleo de mezclas con una mínima parte de cemento en el interior de las construcciones, en uso en este puerto, como llevamos dicho, se halla recomendado en 1852 por el ingeniero de Caudenberg, del modo que á continuación copiamos:

«Un hecho consolador resalta de las noticias publicadas en 1849 por Mr. Vicat y es, que los maticos de mampostería espuestos al mar, contruidos con morteros hidráulicos muy débiles para resistir á la descomposicion aun despues de su completo endurecimiento, se conservan indefinidamente cuando se hallan protegidos por paramentos de sillería ó de mampuestos apicónados, cuidadosamente unidos en sus juntas por un buen cemento.»

Añadiremos que en los trabajos por mareas es preciso cuidar, como se ejecuta en Bilbao y encarece el precitado ingeniero, calificando de excelente método, de tomar juntas con el cemento no solo en los paramentos, sino tambien en aquellas partes que han de ser luego cubiertas por las aguas ascendentes.

Tales son en resumen las precauciones que la experiencia, único guia en estas materias, aconseja tomar en los trabajos de mar que se lleven á cabo con el cemento de Zumaya. Al omitir detalles de la fabricacion para los morteros hidráulicos, ahorramos, con intencion, procedimientos muy conocidos, que por otra parte carecerian de aplicacion en muchas localidades en que se hace uso de otros ingredientes.

Mi único objeto, al coordinar estos apuntes, es dar á conocer un procedimiento ya en práctica en este puerto, y que tanto se recomienda en la actualidad en Francia, llamando al propio tiempo la atencion del gobierno de S. M., acerca de la conveniencia de destinar un ingeniero para el reconocimiento de una costa tan rica en caleras que suministran excelentes cementos.

FELIX URAGON

#### PUENTE PROYECTADO SEGUN EL SISTEMA DE MR. VERGNIAIS.

Habiéndose resuelto que se ensaye este sistema en el puente que, en el supuesto de que iba á ser col-

gado, se habia empezado á construir sobre el Pisuerga en Valladolid, y aprobado por la junta consultiva del cuerpo el proyecto que hemos tenido el honor de someter á su exámen, lo publicamos sin otra aspiracion que comunicar á nuestros compañeros la idea, tal como la hemos formado, de un sistema que por lo mismo que es tan reciente, que apenas se conoce todavia, hemos procurado estudiar con asiduidad y detenidamente.

Cúmpenos manifestar préviamente, que la iniciativa en este asunto, ha partido del escelentísimo Sr. D. José de Salamanca presentando una proposicion que ha sido aprobada.

El puente proyectado consta, conforme se presenta en la lámína que acompaña, de un gran arco escarzano en cada costado, de hierro fundido, y de 106°16', siendo su cuerda 68<sup>m</sup> (244 pies), su flecha 17<sup>m</sup> (61 pies), su radio 42, <sup>m</sup>50 (152 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pies), y su rectificacion 78, <sup>m</sup>82 (265 pies); tiene sus arranques á 4, <sup>m</sup>50 (16 pies) sobre el nivel de las aguas bajas y está contrarestado hácia los riñones por dos arcos botareles tambien de hierro fundido y de igual radio que él, los cuales, hallándose en su mismo plano proyectante vertical, se apoyan en pilastras de 8<sup>m</sup> (28 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> pies) de altura y 5, <sup>m</sup>75 por 4, <sup>m</sup>50 (15 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pies por 5 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pies) de grueso, levantadas sobre los estribos que estaban muy adelantados en su construccion para el puente colgado, y que se aprovechan en el nuevo, reforzándolos por detras con dos contrafuertes de la manera que se indica en el dibujo.

Tanto los dos grandes arcos como los cuatro botareles, están divididos en dovelas de 2, <sup>m</sup>90 (10 <sup>1</sup>/<sub>3</sub> pies) de longitud en el sentido del arco, siendo todas iguales excepto las de los arranques que tienen mas anchura en su union con la fábrica para distribuir la presion en mayor superficie.

De estos arcos y botareles, enlazados entre si por la parte interior del puente con arcos trasversales de fundicion, colocados de 7<sup>m</sup> en 7<sup>m</sup> (25 en 25 pies) está suspendido, por medio de péndolas de hierro maleable, el pavimento de firme de piedra machacada sostenido con armadura de hierro.

Tal es la disposicion general del proyecto; describamos ahora sus detalles que se hallan igualmente representados en la lámína.

Cada dovela se compone de tres piezas longitudinales, dos de las cuales, fundidas bajo el mismo modelo, afectan puestas de canto el arco escarzano; estan aplicadas de plano la una contra la otra, pero queda un espacio intermedio de 0, <sup>m</sup>05 (2 pulgadas) para dejar paso entre las dos á las péndolas; su anchura, en el sentido del espresado plano proyectante vertical, es de 4, <sup>m</sup>40 (5 pies) y su grueso de 0, <sup>m</sup>05 (2 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pulgadas), resultando por consiguiente, una cercha de la anchura dicha y de un grueso de 0, <sup>m</sup>12 (5 pulgadas) sin contar el espacio intermedio. La tercera es una pieza que está unida por la parte de fuera del puente á esta cercha en la mitad de su anchura formando una superficie cilindrica de generatriz horizontal, cuya anchura, en el sentido de la generatriz, es de 0, <sup>m</sup>70 (2 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pies) y su grueso 0, <sup>m</sup>05 (2 pulgadas); el objeto de ella es dar rigidez á la cercha trasversalmente, asi como



los botareles, previenen sus movimientos longitudinales. Estas tres piezas están aligeradas con claros circulares las dos primeras, y semicirculares la última, hallándose además vaciados los tímpanos de manera, que solo aparecen llenos en una anchura de 0, <sup>m</sup>10 (4 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pulgadas) los anillos, las tangentes y una faja, que pasando por los centros de los círculos, sirve de refuerzo y para el enlace de la tercera pieza cilíndrica dicha. La unión de una dovela con otra, se hace atornillando al tope los rebordes que al efecto tiene cada pieza en toda su anchura. En los planos de junta pensamos intercalar planchas de plomo para que la presión se ejerza con mas uniformidad y para atenuar algun tanto los efectos de la dilatación.

Las péndolas, espaciadas de metro en metro, tienen de diámetro 0, <sup>m</sup>055 (18 líneas); pasan, como se ha dicho, por el hueco de la cercha y se apoyan en la parte superior de ella por medio de un pasador en forma de yugo, suspendiendo en su extremo inferior un larguero corrido por ambos lados del puente, de hierro fundido de 0, <sup>m</sup>02 (10 <sup>1</sup>/<sub>5</sub> líneas) de grueso y 0, <sup>m</sup>60 (26 pulgadas) de altura, aligerado convenientemente por medio de vacíos. Estos dos largueros sostienen los andenes por su parte exterior, y con especialidad sirven para sujetar sólidamente, con cajas en relieve de la misma fundición, los extremos de las viguetas transversales, cuyas viguetas son llantas de hierro forjado de 0, <sup>m</sup>08 (5 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pulgadas) de anchura y 0, <sup>m</sup>015 (7 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> líneas) de grueso, encorvadas de canto bajo una flecha de 0, <sup>m</sup>30 (15 pulgadas); estas llantas están situadas de 0, <sup>m</sup>16 en 0, <sup>m</sup>16 (7 en 7 pulgadas), y el empuje que necesariamente han de ejercer contra los dos largueros, está prevenido con tirantes de 0, <sup>m</sup>022 (11 <sup>1</sup>/<sub>5</sub> líneas) de diámetro, que repetidos de 0, <sup>m</sup>52 en 0, <sup>m</sup>52 (14 en 14 pulgadas) los mantienen invariablemente paralelos. Sobre las llantas se colocan en toda la anchura de 4<sup>m</sup> (14 <sup>1</sup>/<sub>5</sub> pies) de la vía carretera, barras largueros de hierro forjado de 0, <sup>m</sup>02 y 0, <sup>m</sup>05 (10 <sup>1</sup>/<sub>5</sub> y 15 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> líneas) de grueso, sujetas á dichas llantas y puestas alternativamente para que presentando alturas desiguales, impidan que resbale el material que se coloca sobre ellas. Solo queda entre barra y barra un hueco de 0, <sup>m</sup>05 (15 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> líneas) que aun se cubre con bandas de hierro fleje. Se estiende sobre todo una capa de asfalto de 0, <sup>m</sup>55 (18 líneas) de grueso, con salientes longitudinales, y por último, el firme de 0, <sup>m</sup>15 (6 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pulgadas) de espesor uniforme, y bombeo de 0, <sup>m</sup>11 (4 <sup>3</sup>/<sub>4</sub> pulgadas). El asfalto lo creemos aquí muy ventajoso, pues no solo pone al hierro á cubierto de la humedad, sino que impide su contacto con la piedra machacada del firme, y reparte además en mayor número de barras la presión de los carruages.

Los andenes, cuya anchura es de 0, <sup>m</sup>35 (3 pies), están elevados 0, <sup>m</sup>10 (4 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pulgadas) sobre los costados del firme; son de planchas de hierro fundido, caladas, sostenidas por fuera según se ha dicho, y por dentro del puente con otro larguero también de fundición de 0, <sup>m</sup>018 (9 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> líneas) de grueso y 0, <sup>m</sup>54 (14 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> pulgadas) de altura, aligerado del mismo modo con vacíos, pero practica-

dos en la parte superior donde no tiene que encajonar el firme.

El piso es horizontal y su altura la misma, de 12<sup>m</sup> (45 pies) sobre el nivel de las aguas ordinarias, que en el proyecto del puente colgado.

Si el actual proyecto lo hubieramos formado sin sujeción alguna, quizá habríamos propuesto menor flecha para los arcos; pero no pudiendo prescindir de lo muy adelantada que se encuentra la construcción de los estribos, hemos debido peraltar aquellos todo lo posible con objeto de que los arranques opongan menos obstáculo á las aguas en las avenidas extraordinarias.

Las dimensiones de las cerchas las hemos determinado calculando la presión longitudinal y habiendo creído deber establecer, al hacer este cálculo, las dos condiciones siguientes: que la carga de prueba sea de 400 kilogramos por metro cuadrado (608 libras por vara cuadrada) ó dupla de la carga legal con que se prueba los puentes colgados; y que aun en este caso no exceda la presión, en la sección transversal mínima de las cerchas, de 500 kilogramos por centímetro cuadrado (5509 libras por pulgada cuadrada). Esta presión es sin duda muy inferior al límite á que está permitido llegar; pero al adoptarla hemos tenido presente: que en arcos de tal magnitud no es fácil distribuirla con entera igualdad en toda la extensión de los planos de junta, por muchas que sean las precauciones que se tomen, con tanto mas motivo, cuanto que las cerchas no solo están sometidas á los sensibles efectos que producirán los cambios de temperatura en su circunferencia de 78, <sup>m</sup>82 (285 pies), sino á los movimientos que tiende á imprimirlas el tránsito; que siendo de gran tamaño todas las piezas de que se componen las dovelas, no debe olvidarse que en las fundiciones gruesas, sin contar con los vientos que se forman en la masa al correr por los moldes y efectuarse el enfriamiento, los núcleos son generalmente de peor calidad que el hierro de la superficie, no siendo posible juzgar, ni por la tersura ni limpieza de esta, si tales faltas existen ó no; que la oxidación, finalmente, debilita al hierro con mas ó menos prontitud según las condiciones de localidad, y no pueden considerarse muy favorables las en que se hallará este puente donde el río tiene en el rigor del verano siete metros de profundidad, debiendo suponerse por consiguiente, que el metal estará espuesto siempre al contacto de un aire mas bien húmedo que seco, y sabido es cuanto activa esta circunstancia aquel efecto destructor. Pero nuestro principal móvil, respecto de este punto, ha sido la dudosa eficacia de los barnices y pinturas empleados hasta el día para evitar ó paralizar mal tan grave. Es cierto que la galvanización del hierro está dando excelentes resultados aplicada al alambre y á piezas pequeñas, pero no sabemos que este procedimiento se haya ensayado aun en tan grande escala como sería la galvanización de todas las voluminosas piezas de un puente.

Concluiremos haciendo algunas ligeras consideraciones acerca del sistema que acabamos de describir. La idea de suspender el pavimento de arcos rígidos de hierro por medio de péndolas, no es



nueva ciertamente; pero nadie puede disputar á Mr. Vergniais el mérito de la ingeniosa disposición de las diferentes partes que constituyen el sistema que examinamos, y de haber inventado algunas de ellas de la mayor importancia, como vamos á ver: hablamos de los botareles; estos arcos, que suspendiendo el pavimento comprendido entre los estribos y los riñones de las grandes cerchas, completan así la unidad del sistema de que el piso esté suspendido en toda su longitud, y fraccionando el considerable empuje que estas ejercerian contra los estribos, á la vez que impiden sus movimientos longitudinales, es una idea feliz y enteramente nueva; no demuestra menos ingenio la pieza cilíndrica que sirviendo, como hemos dicho, para hacer rígidas las cerchas en el sentido transversal, enlaza entre sí y con ella misma las piezas de que se componen, formando todo un solo cuerpo. En suma, los puentes *Vergniais*,—y les damos nosotros este nombre con preferencia al que se propone de puentes *Hércules*,—son una señalada prueba del distinguido talento de este ingeniero, cuya reputación elevan á una altura envidiable.

No es de este lugar, ni tampoco nos creemos con fuerzas para ello, hacer un paralelo, como sería menester, de los diferentes sistemas de puentes y examinar qué ventajas podrá ofrecer el sistema *Vergniais* respecto de ellos; apuntaremos solo las que le son peculiares, porque todos los que hasta el día conocemos tienen las suyas características: lo son en este, la conveniencia de establecer el piso á la altura que se quiera; sin otra sujeción que los mas altos niveles de las avenidas extraordinarias á que deba ser superior. Sabido es que en los demas puentes de arcos rígidos, esta altura y la flecha de los arcos son dos elementos, que dependiendo el uno del otro, sucede con frecuencia tener el pavimento excesiva altura por exigirlo así la ságitas de los arcos, resultando pendientes en los caminos de acceso al puente, que las mas veces es preciso suavizar disminuyendo mas de lo conveniente esta flecha, ó bien aumentando el número de los arcos, que es otro mal. De la ventaja que acabamos de esponer nace otra no menos importante, porque claro está que siendo el piso independiente de la ságitas, puede ser esta tan grande como se quiera para salvar con un solo arco las mayores anchuras. La suspensión del pavimento, lejos de ser un inconveniente, hace que las vibraciones causadas por el tránsito se trasmitan á las cerchas por el intermedio de las péndolas de hierro forjado, á lo largo de las cuales pierden la mayor parte de su fuerza, llegando á los arcos muy amortiguadas.

Bien se deja ver que nosotros somos los primeros en reconocer todas estas ventajas, y como el que mas, deseamos que estos puentes se ensayen y construyan cuanto antes; á ello hemos contribuido con todas nuestras débiles fuerzas; lo hemos hecho con fé, y con fé tambien esperamos que el tiempo y la experiencia den su fallo y sancionen un sistema que con tan buenas condiciones se presenta. Pero nos duele en demasía que algunos periódicos ilustrados que han elogiado, como era justo, esta novedad, hayan calificado del modo que lo han he-

cho, el sistema de puentes colgados, echando sobre él toda la responsabilidad de las catástrofes que en ellos han ocurrido, sin reparar en que estas desgracias que deploramos, han sido causadas, la mayor parte, por el abuso del sistema y otras independientemente de él; esto es, que lo mismo hubieran tenido lugar siendo el puente colgado ó fijo. Ningun otro sistema hay que esté tan sometido á la ciencia, ni en que, por consiguiente, trabaje el material de un modo tan conocido y preciso como en los puentes colgados; pero esta importantísima ventaja mas bien ha servido, en general, para que ese trabajo haya sido llevado á un límite á que ni aproximadamente se llega en los otros, y que aquí es tanto mas indebido y exorbitante, cuanto que el inconveniente capital de este sistema es la movilidad, y no es esta por cierto la manera mas adecuada de remediarlo. Ningun otro sistema exige menos sacrificios pecuniarios; pero esta otra ventaja tambien ha sido llevada á un extremo vicioso; y de uno y otro abuso han resultado, como no podia menos, puentes que mas parecen construcciones provisionales que obras permanentes, donde se imponen al tráfico infinitas trabas, y donde es causa de inquietud el viento y hasta la nieve. Pero ¿á qué esforzarnos mas? demasiado saben las personas entendidas que el sistema de puentes colgados es un buen sistema, y puede satisfacer con todas las condiciones y garantías del mejor, las mayores exigencias del tránsito. Si sobre ello pudiera abrigarse alguna duda, ahí está el pais que marcha á la cabeza de los adelantos, construyendo puentes colgados de extraordinaria magnitud para caminos de hierro.

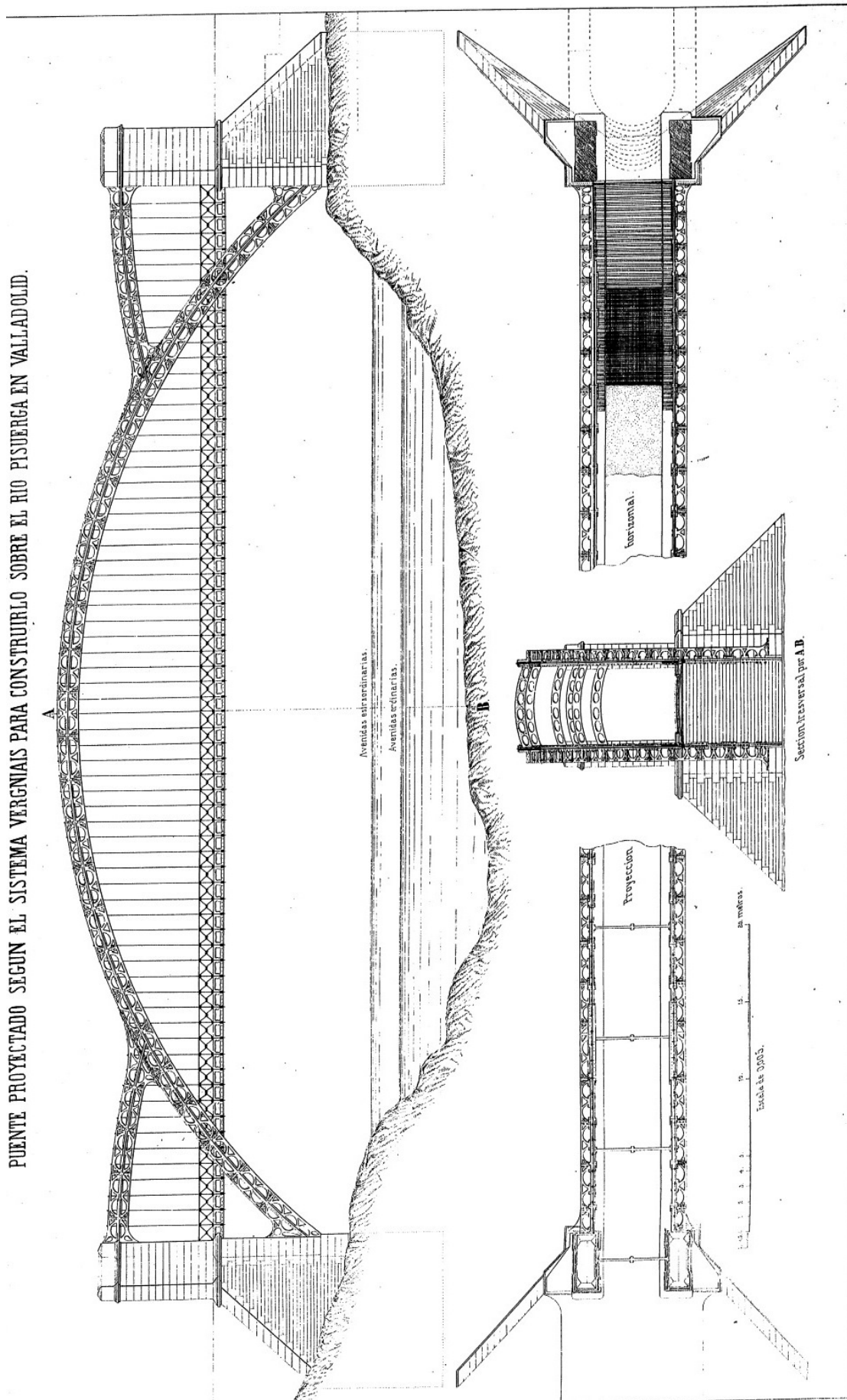
ANDRES MENDIZABAL.

## PUERTO DE TARRAGONA.

### PARTE HISTÓRICA.

Tarragona fue en sus primitivos tiempos la émula de Roma, y debió toda su prosperidad á la cómoda situación de su puerto, en el cual fácilmente pusieron su planta los héroes romanos, para despues extender sus conquistas hasta el centro de las Españas. Publio Cornelio y Eneyo Scipion, primeros fundadores de su grandeza, admiraron la ventajosa situación de su playa, para cimentar sobre ella la gran construcción de un muelle, que en los tiempos venideros habia de prestar asilo á sus vencedoras naves, y contribuir á la seguridad y aumento de su imperio. Aquellos conquistadores tan esmerados en perpetuar sus glorias, tuvieron gran cuidado en la conservación del puerto y muelle de esta colonia romana. De aqui partian sus galeras remadas por sus robustos marinos conduciendo las falanges y cohortes á la victoria, y cuando los enemigos le destruian, se lee que invertian el erario público en su reconstrucción, distinguiéndose en esta diligencia la memoria de Antonio Pio. Ni sus teatros, ni sus acueductos, ni sus templos que fueron en esta ciudad tan suntuosos y admirados, merecieron al pueblo romano tanta atención, como el buen estado, conservación y seguridad de su puerto. Con razon era

PUENTE PROYECTADO SEGUN EL SISTEMA VERGNAIS PARA CONSTRUIRLO SOBRE EL RIO PISUERGA EN VALLADOLID.





- **12.3. Proyecto de puente sistema Bow-String: prueba de carga del 11 de mayo de 1865. Revista de Obras Públicas. Tomo I. Número 10. 1865.**

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

151

chones y embarcaciones de cabotaje; y que la longitud total de los muelles de carga y descarga será de 10.800 metros lineales, de suerte que podrán efectuarse dichas operaciones inmediata y simultáneamente 450 buques de gran porte, sin temor de ser molestados por los vientos.

(Sigue el presupuesto, que asciende a 14.650.000 florines austríacos, o lo que es lo mismo, a 50.520.853 francos.)

Vienes, Octubre de 1862. = G. A. Righetti, *Ingeniero*. = P. A. D. Vincenti, *Ingeniero civil*. = A. D. Luchini, *Ingeniero civil*.

(*Giornale dell'Ingegnere, architetto ed agronomo.*)

PARTE OFICIAL.

20 de Abril. Real decreto creando una Comisión especial para llevar a efecto lo dispuesto en el artículo 2.º de la ley de 4 de Abril del año próximo pasado, relativa al plan general de ferro-carriles, que ocupándose del examen de todas las informaciones y demás documentos reunidos al efecto, proponga en definitiva el número y clasificación de las líneas que, con las acordadas, hayan de comprender la red de caminos de hierro en nuestra Península. Esta Comisión la formará: como Presidente, D. Manuel Gutiérrez de la Concha; Vice-Presidente, D. Manuel García Barzanallana; como Vocales, D. Manuel Fernández Durán y Pando, D. Augusto Andler, D. Miguel Mansilla, D. Teodoro Arceño, D. Carlos María de Castro, D. Galaxo Santa Cruz, D. Lucio del Valle, D. Cipriano Martínez de Velasco, D. Agustín Elcoro y Bercebar, D. Joaquín Suárez de Prado; D. Constantino de Ardanaz, D. Angel Retortillo, D. Manuel Sarda y Sotillo, D. Pedro Buniel, D. Hipólito Serra, D. José de Zaragoza, D. Manuel Beltrán de Lis, D. José Campó, D. Ignacio de Oza, D. Fausto Miranda, D. Jorge Loring y D. Joaquín de la Gándara, en representación de las Empresas, concesionarias de ferro-carriles; y D. Gabriel Rodríguez que desempeñará las funciones de Secretario.

22 de Abril. Real orden autorizando a D. Antonio Fernández Martínez para que aproveche las aguas subterráneas del barranco denominada de Horro del Tío Gastasa, en un establecimiento de beneficio de minerales que la Sociedad denominada *Unión del Comercio* posee en el término de Azuquecillar, provincia de Sevilla.

5 de Mayo. Real decreto autorizando la constitución de la Sociedad anónima titulada *Compañía del ferro-carril de Zaragoza a Escorial del Principado de Asturias*.

30 de Abril. Real orden disponiendo que se suprima el peaje de Argamasilla de Alba, en la provincia de Ciudad-Real.

10 de Mayo. Real decreto admitiendo la dimisión presentada por el Ingeniero jefe de segunda clase, D. Gabriel Rodríguez, del cargo de Vocal secretario de la Comisión creada para formar el plan general de ferro-carriles, nombrando en su lugar al de igual clase, D. Esteban Page.

SUBASTAS.

20 de Mayo. De las obras del trazo primero de la carretera de tercer orden de las tablas de San Juan a Villamartin. Presupuesto 648.470 rs. 24 cént.

9 de Junio. De las obras de reparación del puerto de Palencia, provincia de la Coruña. Presupuesto aprobado, 122.440 rs. 50 céntimos.

26 de Mayo. De las copias de materiales para la conservación de los trozos de carretera de Utiel a Colmenar de Oreja, presupuesto en 4.450 rs. 25 cént.; de Madrid a Fucalabrada, en 29.750,94 y de Valdeamorillo al Escorial en 4.895,98.

NOTICIAS VARIAS.

Los últimos aguaceros han ocasionado desperfectos e interrupciones en todos los ferro-carriles de Cataluña; solamente el de Zaragoza a Barcelona se ha librado de los estragos que en las demás líneas han ocasionado los temporales; su explotación se halla bajo la dirección del Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D. Mariano Parellada, el cual ha podido dominar los efectos de estos temporales, gracias a la actividad e inteligencia de que está dando pruebas su director, conservando los trenes la debida exactitud en su marcha, como hemos tenido el gusto de observar.

A consecuencia de los desperfectos de la línea de Barcelona a Gerona, el Ingeniero jefe de la división Sr. Faquinetto, acompañado del Ingeniero Sr. Leon, salió el día 21 a inspeccionarla, y al llegar con una máquina y un wagon-freno, entre

las estaciones de Tordera y Martorell, de la Selva dentro de un desmonte en curva de pequeño radio, se encontraron con un tren de servicio que conducía 12 ó 14 trabajadores, que marchaba también con gran velocidad en sentido contrario.

El choque entre ambos trenes fue terrible, y de sus resultados parece que han perecido tres ó cuatro personas, entre las que se cuentan un maquinista y el pagador de la empresa, que iba al lado de los Ingenieros, quedando en mal estado algunos más y heridos casi todos los que marchaban en ambos trenes; solamente el conductor del segundo tren parece que ha resultado sin lesión alguna. Los dos citados Ingenieros sufrieron varias contusiones leves, si se atiende a la inminencia del peligro de que se han salvado, y según nuestras noticias se hallan ya casi restablecidos.

De este suceso se ocupan los tribunales. El Ingeniero jefe de la división antes de salir de la estación de Tordera hizo a la inmediata las preguntas y prevenciones correspondientes para asegurarse de hallar la vía libre; y se supone por lo tanto que sólo un abuso ó imprudencia de algun empleado de la línea ha podido ser la causa de este desgraciado suceso.

El día 11 del corriente mes se ha verificado la prueba del puente de Prado sobre el río Pisuerga en Valladolid, habiéndose cargado el único tramo metálico del sistema de arco invertido de 67,70 metros de luz, que constituye dicha obra, con 171.120 kilogramos de peso, distribuido en toda la extensión de la vía, que mide 6<sup>m</sup>.20 de ancho entre barandillas.

El resultado de la prueba ha sido altamente satisfactorio, cual era de esperar por lo bien concebido del proyecto, por el esmero con que ha sido este ejecutado por el inteligente fabricante inglés Mr. John Henderson Porter, en cuyos talleres se construyeron también las notables torres de hierro para los faros que iluminan las bocas del Ebro, y por el acierto, en fin, con que el Ingeniero jefe de la provincia ha dirigido los trabajos para el montaje. Según tenemos entendido, va a verificarse de seguida la ceremonia de la inauguración del referido puente, cuyo solemne acto describiremos oportunamente, quedando asimismo en dar publicidad a los planos y demás documentos relativos a este proyecto tan felizmente llevado a cabo.

Habiendo concluido de prestar sus servicios a la empresa a que se hallaba afecto el Ingeniero jefe de 2.ª clase D. Manuel Ramirez, ha sido dado de alta en el Cuerpo, y destinado a las órdenes del jefe de la división de ferro-carriles de Valladolid.

El Ingeniero jefe de 2.ª clase D. Cayetano Gonzalez de la Vegaha presentado su dimisión del cargo de jefe del ferro-carril de Isabel II que desempeñaba.

El Ingeniero 2.º D. Genaro Palacios, que servía en la provincia de Orense, ha sido trasladado a la de Cáceres.

Ha sido revocada la orden de la Dirección ge-





- 12.4. Proyecto de puente sistema Bow-String: Revista de Obras Públicas.  
Tomo XIV. Número 12. 1866, y Tomo XIV. Número 14. 1866.

AÑO XIV  
DE LA PUBLICACION.

## REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

AÑO IV  
DE LA SEGUNDA SÉRIE.

MADRID 15 DE JUNIO DE 1866.

TOMO XIV.

NÚM. 12.

### PUENTE DE PRADO

SOBRE EL RIO PISUERGA, EN VALLADOLID.

(Lámina 50.)

En el número 10 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, del año próximo pasado, se anunció el resultado satisfactorio de la prueba del puente de Prado sobre el río Pisuerga, en Valladolid. Imperdonable omisión sería guardar por más tiempo silencio acerca de esta importante construcción, primera quizá que de este sistema se ha hecho en España, y digna de llamar la atención por la dimensión del claro que salva, no diremos excepcional, pero sí de los mayores que se conocen en los ríos de nuestro país. Animados, pues, del deseo de dar á conocer á nuestros compañeros, siquiera sea imperfectamente, ciertos detalles de tan esbelta cuanto interesante obra, haremos una descripción del proyecto, insertaremos en seguida algunos apuntes tomados durante su construcción, y daremos cuenta, por último, de los resultados de la prueba ó ensayo verificado para asegurarse de su estabilidad.

#### PROYECTO.

La idea de construir un puente sobre el Pisuerga en el emplazamiento que ocupa el que acaba de terminarse, data desde 1851; variós fueron los proyectos que al efecto se formaron, y varias las vicisitudes que ha atravesado la realización de las obras, que, emprendidas en Octubre del año 1852, se suspendieron por completo en 1854, cuando ya estaban concluidos los estribos, y en tal estado han continuado hasta que este expediente pasó á la Comisión de estudio de puentes de hierro, que en aquella época existía, compuesta de los Ingenieros D. Lucio del Valle, D. Victor Marti y D. Angel Mayo.

Como datos preliminares para la formación del proyecto, se remitió el plano y perfil de emplazamiento, en que aparecían los estribos construidos hasta una altura de 19 metros sobre el fondo del cauce del río Pisuerga, y la distancia entre sus paramentos de 67,70 metros, que es la luz actual del puente; las avenidas ordinarias toman una altura de 6,84 metros y las más extraordinarias, como la que tuvo lugar en 1860, se elevan á la considerable de 16 metros, con lo que la rasante en la horizontal de la coronación de los estribos se halla elevada tres metros sobre el nivel de las mayores avenidas. Estas

cifras, en sentir de la Comisión, excusaban toda comparación entre el sistema de puentes de fábrica y los de hierro, y hacían decidir la elección en favor de este último material; restando únicamente conocer cuál es el mejor sistema que conviene adoptar entre los varios de hierro, que permiten salvar el río con un solo tramo, que es la condición esencial á que ha de satisfacer la obra.

Decía la Comisión en la Memoria del proyecto que cuando se presentó el primero para esta obra, que fué el de un puente colgado, no se había formado de este sistema de construcción la idea que de él se tiene hoy, ni se había propagado y generalizado el empleo del hierro elaborado de otro modo, y combinado y empleado en condiciones distintas; y así es que el puente sobre el Pisuerga se proyectó desde luego colgado, como el único sistema que entónces reunía condiciones ventajosas para salvar grandes espacios sin necesidad de apoyos intermedios.

Estos puentes, formados por un tablero suspendido por medio de péndolas verticales, rígidas ó de cuerda de alambre, de dos ó más grandes cables de alambres también ó de eslabones de hierro, ofrecen la ventaja de que todas sus partes principales por su disposición resistan solo á esfuerzos de tensión, y que aumentando la flecha de los cables pueda llegarse á obtener para cada luz ó longitud de puente la sección misma suficiente para la resistencia necesaria: de lo cual resulta que estos puentes son muy económicos respecto á los que se ejecutan por otros sistemas. Pero estas ventajas no compensan los graves inconvenientes que presentan los puentes colgados: el peso de los carruajes ó de cualquiera clase de sobrecarga se trasmite por una ó más péndolas á un punto ó á una longitud reducida de las cadenas que sostienen todo el peso de la construcción, las cuales por su flexibilidad ceden más ó menos á la acción de cualquier carga accidental, se deforman, permiten que el tablero tome una flecha que llega á ser considerable cuando el peso del vehículo es grande, y se producen con su movimiento y la falta de rigidez del sistema una serie de vibraciones que, según sea la índole é intensidad del movimiento por el puente, y el estado de los cables, puede determinar su rotura, como en varias ocasiones ha sucedido, causando en algunas espantosas desgracias.

Estos inconvenientes existen siempre, aun en el caso de que el puente esté perfectamente construido, sus materiales sean de superior calidad, y su estado el más satisfactorio; pero aumenta prodigiosamente su gravedad, y es tanto más temible una catástrofe cuando falta alguna de dichas condicio-



nes. Si la construcción se hallado á cabo sujetándose exageradamente á la condicion de la resistencia limite; si todos los elementos que constituyen los cables y las péndolas no han quedado con igual tension; si el material de alguna de las piezas del puente tiene algun defecto, propio de su naturaleza ó de su preparacion; ó si, por último, existe cualquiera otro defecto en este sistema, que carece de rigidez y es susceptible de tan peligrosa movilidad, son seguras las probabilidades de un accidente desgraciado en un plazo más ó ménos largo, y desde el momento que puede presentarse una causa ó un concurso de circunstancias que lo determinen.

Los puentes colgados, por último, ofrecen el inconveniente de transmitir á la fábrica de los estribos un esfuerzo en sentido horizontal muy considerable, que obliga á ejecutar un gran cubo de fábrica, á fundarlo con excelentes precauciones, y á darle, en una palabra, las mejores condiciones de estabilidad posibles, lo que es costoso en la mayor parte de los casos, en los cuales por punto general el terreno no ofrece circunstancias ventajosas para este género de construcciones. Los inconvenientes de que se acaba de hacer mérito, y que han dado origen á tan repetidos accidentes, han hecho abandonar casi por completo la adopcion de los puentes colgados como sistema general de construcción, siendo solo aplicables á casos excepcionales, y sustituyéndose con notables y decisivas ventajas en la generalidad de los casos por los puentes fijos de hierro.

La Comisión, añadida, no ha titubeado en desechar el sistema de puente colgado para el caso que es objeto de esta Memoria, ni se ha atrevido á estudiar dentro del mismo sistema una disposicion que evitara el mayor de sus inconvenientes, la falta de rigidez y trasmision del efecto producido por las cargas accidentales á puntos determinados del sistema. No hay duda que una combinacion de péndolas rígidas inclinadas, formando una celosía, distribuyen las cargas más uniformemente que las verticales; asta aquí empleadas; y que á los cables de cadenas ó de alambre pueden sustituirse cintas de hierro de forma y dimensiones convenientes para que no sufran variaciones en sentido vertical, dando todo por resultado la rigidez del sistema; pero la Comisión opinaba que por una parte desaparece así la economía en el gasto, que es una de las circunstancias que han recomendado los puentes colgados; que por otra se acerca este sistema al de puentes fijos en arco, sin alcanzar todas sus ventajas, debiendo por consiguiente ser estos preferidos; y por último, que no es prudente admitir un sistema cuya bondad teórica puede discutirse, y cuyos buenos resultados prácticos no ha consagrado la experiencia: la Comisión, en consecuencia de cuanto se lleva expuesto, dedicó exclusivamente su atencion á los puentes fijos de hierro.

No aceptó tampoco el pensamiento de construir un puente de fundicion: la luz de 67,70 metros del puente de Prado obligaba á emplear los cuchillos en forma de arco, ya fuesen formados de dovelas ó ca-

jas huecas, compuestas de bastidores más ó ménos reforzados, unidas las dovelas entre si por medio de tornillos, ó bien formando dichos cuchillos curvos, segun alguna de las disposiciones más generalmente adoptadas. Sea cual fuere la disposicion elegida, el arco resulta sujeto á una fuerza de compresion en su parte superior, y en la inferior á una de tension, á la cual no resiste la fundicion con ventaja, reuniendo además el inconveniente de transmitir á los estribos un gran esfuerzo en sentido horizontal; y por último, la naturaleza misma de la fundicion presenta el inconveniente de estar espuesto al efecto de causas que pueden determinar su rotura, sean aquellas naturales, provenientes de la calidad del mineral, de la mayor ó menor perfeccion de la fundicion, y de la manera cómo esta haya de obrar, ó bien de accidentes producidos por la mano del hombre.

Por otra parte, la forma adoptada para las piezas de fundicion influye de una manera muy directa en las buenas condiciones de la fusion; es generalmente sabido que, á igualdad de todas las circunstancias, la bondad de una pieza de fundicion depende de la uniformidad con que se verifica su enfriamiento; y como para esto es preciso acercarse cuanto sea dable á la igual de espesor en toda la pieza, y esto no sea generalmente posible en las de magnitudes algo considerables, destinadas á grandes resistencias, como han de suceder comunmente en las que entran en la composicion de los cuchillos ó formas de los puentes, resulta de esta circunstancia una nueva causa que disminuye las garantías de la confianza que pueda tenerse en los puentes de fundicion.

Al tomar en consideracion el menor coste del hierro colado respecto al forjado, no debe olvidarse tampoco que la menor resistencia que aquel ofrece obliga á emplear mayor cantidad de material, y la economía que á primera vista podria parecer considerable viene á reducirse á bien poca cosa. De lo expuesto, como resultado principal del exámen detenido que de este punto hizo la Comisión, y á pesar del buen resultado que han dado los grandes puentes de Coalbrookdale, de un solo tramo de 37 metros de luz, de Southwark, de tres tramos, los dos laterales de 64 metros y el central de 73; el puente sobre el Nera en San Petersburgo, de siete arcos, cuyas luces varian entre 32,60 y 47,50 metros, y algunos otros igualmente dignos de atencion, opinó que la fundicion es inferior por punto general al hierro para la construcción de puentes, y que desde luego no debe, en el estado actual de conocimientos, emplearse para salvar las grandes luces, para las cuales el hierro forjado presenta soluciones en todos conceptos más ventajosas; y que solo puede haber razon para emplear la fundicion en los puentes de reducida magnitud, sin que aun en estos la ventaja decisiva esté en su favor.

Consecuente con estos principios, y siguiendo el ejemplo que ofrezcan las más notables y generalizadas construcciones de este género, la Comisión se fijó definitivamente en los puentes de palastro, dedicando sus estudios á la eleccion del sistema que



para el caso presente reconociese más ventajoso.

La Comisión manifestaba que había estudiado las condiciones de los puentes tubulares, de los de celosía, de los de cuchillos curvos de hierro, los de arco atirantado, conocidos con la denominación Bow-String, y de plancha de palastro de doble T: desde luego se convenció que este último sistema no era aceptable para el caso presente, porque la considerable luz del puente exigía para las vigas bastante altura, con cuya condición la rigidez de la plancha vertical solo podía obtenerse con el empleo de gran número de servicios de T. lo cual, junto con el crecido espesor que hay que dar á la plancha vertical, representa una cantidad de hierro de mucho coste, que puede invertirse con más ventaja en otro de los sistemas ántes expresados. Por otro lado, debiendo situarse el piso en la parte inferior de las vigas, porque no es conveniente levantar la rasante, el pasar por el puente sería atravesar entre dos paredes cerradas sin que por los costados pudiera estenderse la vista á más dilatado horizonte que el del ancho del puente: estas consideraciones decisivas para la Comisión, la inclinaron á desechar para el caso presente este sistema.

Los grandes puentes tubulares formados de paredes verticales de palastro, unidos en su parte inferior y superior por cuerpos formados de una serie de tubos ó celdas longitudinales solidariamente unidas entre sí, y á los costados del puente, colocando su piso en la parte inferior, ofrecían los inconvenientes ántes indicados, y sobre todo no tenían aplicación al caso presente, porque aunque la luz de 67,70 metros es ya muy notable, no es sin embargo tan grande que este sistema ofrezca las mismas ventajas, y tenga en este caso tan conveniente aplicación como en puentes tan excepcionales como el de Menay.

Las vigas ó formas tubulares tienen el gran inconveniente de no poderse reconocer, pintar y reparar fácilmente por su parte interior, y las mayores dificultades que ofrece el unir á ellas las traviesas. Se considera generalmente vencida esta dificultad cuando un muchacho ó un joven pueden entrar en los tubos, y esto podría sin duda verificarse en los que se proyectasen para el puente de Prado; pero si esta facilidad se compara con la que ofrecen otros sistemas, en los cuales el Ingeniero y sus subalternos pueden reconocer sin dificultad alguna todas las partes del puente, y en los cuales el pintarlos, recorrerlos y repararlos puede hacerse sin obstáculo alguno, se vé que bajo este punto de vista es siempre desventajoso el sistema de vigas tubulares, aunque respecto á las condiciones de resistencia ofrezca notable seguridad, si bien esta se alcance á expensas del empleo de mayor cantidad de hierro.

Los puentes formados de cerchas curvas de hierro, como piezas principales para que sobre ellas se apoye el piso ó tablero del puente directamente en la parte superior de los arcos, y por medio de piezas diversamente combinadas en los timpanos, no pueden aplicarse al caso presente, porque la gran altu-

ra que toman las avenidas más extraordinarias obligaría á colocar los arranques de los cuchillos ó formas curvas de manera que la rasante del puente resultaría excesivamente elevada. Por esta razón, á pesar de que el sistema es muy admisible, no puede aplicarse al puente de Prado, en el cual no puede alterarse el nivel de las mayores avenidas, ni el de la rasante de la vía.

Las vigas del sistema Warren, bajo el aspecto científico, nada dejan que desear: sencillez suma en su disposición, y facilidad y exactitud en la determinación de los espesores que á cada pieza corresponden, según el sentido y la intensidad de los esfuerzos á que han de resistir; pero bajo el aspecto práctico tienen el gran inconveniente de que un solo perno es la principal y casi única unión de cada dos piezas inclinadas con el arco superior y con el tirante inferior; y aunque el diámetro de estos pernos puede calcularse de manera que tenga resistencia sobrada para contrarrestar con ventaja las fuerzas que sobre él obran, en el caso desgraciado de que alguno tenga un defecto interior que no haya podido notarse, ó que sobrevenga un accidente extraordinario que determinase su rotura, como faltando el perno principal de cada punto de unión, los pocos roblones que á su alrededor se colocan pueden ceder también, es temible la ruina de la obra mejor calculada. Si á esto se une el que, á pesar de las ventajas teóricas de esta disposición, no se ha generalizado su adopción, y por consiguiente, ni la experiencia, ni la opinión general de los grandes constructores no ha venido aun á recomendar la construcción de esta clase de puentes, se deducirá fácilmente que no es prudente admitir este sistema de construcción, pudiendo adoptarse otros que reúnen mejores condiciones.

Quedan, pues, los puentes de celosía y los de Bow-Strings, ambos, como los de vigas rectas tubulares ó de doble T. obran verticalmente sobre los apoyos, lo cual simplifica notablemente su construcción, siendo menor la importancia de las dificultades que ofrece el terreno para su edificación, permiten, á igualdad de circunstancias, el dejar la mayor sección á la corriente; y ofrecen por punto general, en las demás condiciones á que han de satisfacer los puentes, iguales ventajas que los de los sistemas de que ántes se ha hecho mérito. Son además susceptibles, sin necesidad de salir de sus condiciones ordinarias, de salvar con seguridad la luz que resulta en el emplazamiento adoptado; puede dárseles en ambas disposiciones la resistencia que sea más conveniente á la totalidad del tramo, y á cada una de las piezas que los constituyen; puede disponerse la resistencia de los diversos puntos ó zonas del puente, según sean los diversos efectos que en ellos producen las cargas; y por último, no tienen los notables inconvenientes que en los demás ha observado la Comisión.

Fundada en estas consideraciones, y viendo que se trata de una obra que, si no llega á ser excepcional, es sin embargo muy notable é importante por su magnitud y demás circunstancias, la Comisión



no quiso decidir desde luego de una manera terminante la elección del puente, y resolvió estudiar los dos proyectos que presentó, ámbos de un solo tramo y de una misma luz, uno de celosía y otro de arco inverso atirantado ó Bow-Strings.

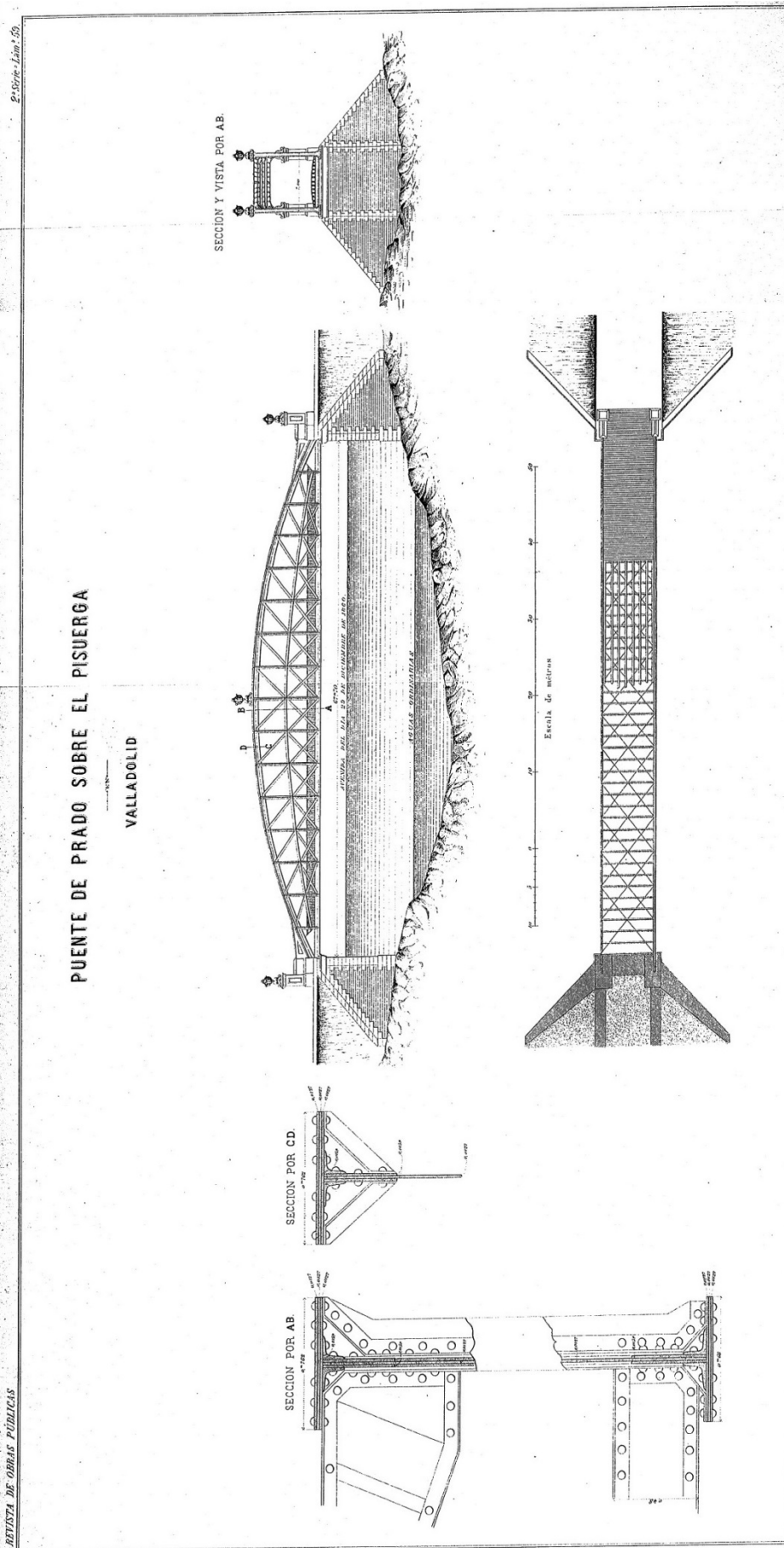
En el primero, las cabezas y las piezas verticales forman una viga de doble *T* aligerada: para unir estas piezas de una manera invariable y resistir á los esfuerzos que tienden á deformar la viga, se emplean las piezas inclinadas que constituyen la celosía: el puente tiene dos de estas vigas ó cuchillos principales. El piso del puente se proyecta apoyándose las traviesas de doble *T* de palastro en la parte inferior de las dos vigas, á fin de no elevar la rasante y dejar el mayor paso al agua en las grandes avenidas; estas traviesas tienen 0,48 metros de altura, y la distancia que separa sus ejes es de 1,05 metros; el piso se proyecta de madera para disminuir la carga permanente, rebajando así la cantidad de hierro necesaria; y no se establecen andenes porque tendrían poca anchura, dejándola el ancho de una vía de primer orden para los carruajes y caballerías. La altura de las vigas ó cuchillos principales es de 5,60 metros, y por consiguiente se atirantan por su parte superior á fin de mantenerlas de una manera invariable en la posición vertical que les corresponde: las traviesas superiores, que son piezas aligeradas de la forma que en los planos se indicaba, son en número de 18, resultando colocadas á cada 4,20 metros de distancia. No siendo suficiente las piezas que constituyen las vigas para que en su parte inferior sirvan como antepecho ó barandilla, se proyecta una especial por la parte interior de dichas vigas. Por último, la anchura del puente es de 7 metros, contados entre los ejes de las vigas ó formas, y su longitud total es de 4,80 metros, con lo cual resulta para la entrega ó asiento sobre los estribos 2,30 metros por cada lado.

Como varían los efectos de las cargas en las diversas zonas del puente, según sus distancias á los puntos de apoyo, ha de ser también distinta la resistencia que el tramo ofrezca, y por consiguiente han de variar los espesores de las secciones transversales en unas piezas, ó el número de otras. En un apéndice se presentan las consideraciones y los cálculos hechos para determinar las condiciones de la resistencia del puente. Siendo conocida la teoría de estas construcciones, dando los planos cabal idea del puente proyectado y de la disposición de sus detalles, y exponiéndose en el apéndice lo que es necesario en la cuestión de resistencia y estabilidad, creyó la Comisión excusado entrar en más minuciosas explicaciones, con tanta más razón cuanto que, respecto de algunos detalles, se habrían reproducido las explicaciones que sobre varios puntos se habían dado en las memorias de otros proyectos de la Comisión, que han sido examinados y aprobados. En este puente, según resulta de las dimensiones que á cada una de sus partes se habían asignado, se han de emplear 393 toneladas de hierro, incluidas 4,5 toneladas de fundición para las cajas de rodillos; y el coste total del tramo puesto en obra es de 4,097,001 rs.

El puente del sistema de Bow-Strings se compone, según la Memoria, también de dos vigas ó formas laterales, en arco su parte superior para resistir á la compresión, y en línea recta la inferior para oponerse á la tensión; estas dos cabezas, junto con la parte vertical de las formas, constituyen una viga de doble *T* de altura variable. Las piezas verticales y las inclinadas que forman la parte vertical de la viga unen entre sí de un modo invariable la cabeza curva superior y la recta inferior, y se hallan destinadas, como en el tramo de celosía, á contrarrestar los diversos esfuerzos que producen el peso propio del puente y las cargas accidentales: además, la cabeza superior se une en sus extremos á la inferior, como se ve en el plano, por medio de dos planchas de palastro, á las cuales se roblonan. Para dar á cada zona del puente la resistencia que le corresponde, además del efecto producido por la forma de la viga, varía la sección de sus dos cabezas y las de las piezas inclinadas que resisten á la tensión, según el resultado deducido de los cálculos del apéndice. El ancho del puente, su piso y la barandilla son iguales al del proyecto de tramo de celosía. La altura de la viga, por ser mayor en el centro que la del otro proyecto, obliga con más razón á emplear tirantes en su parte superior, mientras la altura lo permite, sin obstruir el paso á los coches-diligencias de mayor elevación; proyectándose en consecuencia nueve de dichos tirantes que tienen la misma disposición que los del otro proyecto. El hierro de este puente pesa 340,5 toneladas, y el coste total del tramo puesto en obra es de 991696 rs., según se detalla en el presupuesto.

Ambos proyectos son aceptables porque satisfacen cumplidamente á las condiciones de buena construcción: insisten verticalmente sobre los apoyos sin ejercer en ellos esfuerzo alguno horizontal ó inclinado: las diversas piezas que los componen obran en las mejores condiciones de resistencia; ofrecen la mayor facilidad para ser reconocidos, recorridos ó reparados, presentando además el buen aspecto que también conviene dar á las construcciones de esta importancia. Sin embargo, este segundo proyecto aventaja al del primero en tres condiciones: con menor cantidad de hierro, y por consiguiente con menos peso, por la mejor distribución del material en este sistema tiene igual resistencia que el de celosía; su coste es 105,308 rs. más económico que este; y su aspecto es más bello y de carácter más monumental y más apropiado para una capital tan importante como la de Valladolid. Por estas razones, aunque la Comisión reconocía muy aceptables y convenientes los dos proyectos, dió la preferencia al del sistema de Bow-Strings.

(Se continuará.)





AÑO XIV

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

AÑO IV

DE LA PUBLICACION.

DE LA SEGUNDA SÉRIE.

MADRID 15 DE JULIO DE 1866.

TOMO XIV.

NÚM. 14.

## PUENTE DE PRADO

SOBRE EL RIO PISUERGA, EN VALLADOLID.

(Lámina 59.)

(Conclusion.)

La idea de los puentes del sistema Bow-Strings (arco atrantado) es debida al distinguido Ingeniero Mr. Brunel, que hizo de ella su primera aplicacion en el puente de Windsor para salvar una luz de 57,25 metros.

El puente de Prado, de este mismo sistema, tiene, como ya hemos dicho, 67,70 metros de luz; está compuesto de dos vigas ó formas laterales, en arco su parte superior para resistir á la compresion, y en línea recta la inferior para resistir á la extension; estas dos cabezas, junto con la parte vertical de las formas, constituyen una viga de doble T, de altura variable. Las piezas verticales y las inclinadas, que forman la parte vertical de la viga, unen entre sí de un modo invariable la cabeza curva superior y la recta inferior, y se hallan destinadas, como en un tramo de celosía, á contrarrestar los diversos esfuerzos que producen el peso propio del puente y las cargas accidentales; además la cabeza superior se une en sus extremos á la inferior por medio de dos planchas de palastro, á las cuales se roblonan; la seccion del arco y del tirante es constante. La altura de 8 metros que tienen las vigas en el centro del puente permite atrantarlas por su parte superior en una cierta longitud, á fin de mantenerlas de una manera invariable en la posicion vertical que le corresponde; se han proyectado en su consecuencia piezas aligeradas, que sirven de tirantes entre los dos cuchillos; la distancia entre estas piezas es de 4,80 metros, y su número el de nueve, que son las que pueden colocarse sin impedir el tránsito á los carruajes ó diligencias de mayor altura. La anchura del puente, contada entre los ejes de las vigas, es de 7 metros; el piso es de madera y está sostenido por piezas transversales de T, distantes un metro y cinco centímetros, cuyas extremidades van sujetas en la parte inferior de las dos formas, ó cuchillos de cabeza, y no siendo bastantes las piezas de que estos últimos están formados para servir de resguardo, se ha colocado interiormente una barandilla de fundicion. La longitud total del puente es de 71,80 metros, con lo cual resultan para la entrega ó asiento sobre los estribos 2,30 metros de cada lado.

Para calcular la resistencia de esta obra, y determinar las secciones de las piezas que han de componer cada viga, se ha deducido del ante-proyecto el peso de hierro que entra en el tramo, que se ha hallado ser de 365 toneladas; de aquí, suponiendo que el peso se halle repartido con uniformidad en todo el puente, se ha deducido el que obra sobre cada metro lineal de las vigas principales, ó sea el valor de P, que es necesario introducir en las fórmulas del cálculo, y es de 4.456 toneladas. Con este dato, y la luz, que para evitar fracciones se ha supuesto ser de 68 metros, la ecuacion general de la curva en los momentos máximos es

$$M = \frac{R I}{\sqrt{v}} = \frac{P x}{2} (l - x) = 2238 x (68 - x).$$

con la cual se ha podido trazar la curva correspondiente.

Para determinar las secciones, se han hallado los esfuerzos ejercidos tanto en el arco como en el tirante, y dividiéndolos por la resistencia adoptada (5,5 kilogramos por milímetro cuadrado para la compresion, y 6,00 para la extension), se ha obtenido la seccion del arco y del tirante, resultando para la primera 57,167 milímetros cuadrados (90 pulgadas inglesas), y para el segundo 52,403 milímetros cuadrados (84 pulgadas inglesas); la marcha que ha de seguirse en estos cálculos puede verse más detalladamente en la obra «*Traité de la construction des ponts metalliques, par MM. Molinos et Proumier, pág. 87.*» Para poder apreciar hasta qué punto se ha economizado el material en esta misma obra, haremos notar que el puente de Windsor, de este mismo sistema, á que ya hemos aludido, cuya luz es 41 metros menor, y cuya anchura si bien es dos metros mayor que la del nuestro, en cambio comprende tres cuchillos ó formas, circunstancia que favorece la buena reparticion del metal; haremos notar, repetimos, que el peso por metro cuadrado del tablero es de 836 kilogramos, al paso que en el de Prado es de 776; el puente sobre el Escalda en Andenarde de 27 metros de luz, y cuya superficie del tablero es menor que la mitad del de Prado, arroja 380 kilogramos, es decir, una mitad próximamente de los 776 de este último, á pesar de que el peso crece mucho más rápidamente que la luz.

El coste de la parte metálica del puente puesto en Liverpool al costado del buque ha sido de 360,000 rs. vellon; carecemos de datos acerca del precio de transporte desde Liverpool á Bilbao; desde los muelles de la ria de este último punto hasta Valladolid, ha costado 70,775 rs. vn.



Terminada la descripción del puente, vamos á ocuparnos de la colocación y armado de sus piezas.

Con arreglo al art. 26 del pliego de condiciones, el fabricante quedaba facultado para emplear en el montaje el método que tuviera por más oportuno, pero siempre bajo la inmediata vigilancia del Ingeniero Inspector del Gobierno. Dada la índole de esta obra, no creemos que pueda emplearse otro sistema ó método de montaje que la construcción previa de un puente provisional de madera, sobre el cual, como sobre una cimbra pudieran irse armando las piezas, y en lo único que podría haber alguna duda era en la disposición más ventajosa de este andamio. No faltó entonces, sin embargo, quien estudiara y propusiera al encargado de la casa constructora el sistema de correr el puente después de armado hasta más de una tercera parte de su luz, y cubrir el resto del vano con un andamio de madera, apoyado en el cual, seguiría corriendo el puente hasta descansar en los apoyos de fábrica, economizándose así la construcción de una cierta longitud del puente-andamio provisional. Este método no fué aceptado, y creemos no hubiera dado resultados satisfactorios, ni en cuanto á la economía de la operación, ni en cuanto á sus dificultades y contingencias de buen éxito. Fué en nuestro concepto muy acertado desecharse este pensamiento, y construir, como se hizo, un puente provisional de madera, de cuatro tramos, apoyados en los estribos, y tres palizadas ó castilletes de madera, emplazadas dos de ellas á 4 metros del paramento de cada estribo, y uno en el centro del río. Los claros de los costados eran de 4 metros y los dos centrales de 22 metros, y estaban salvados por tirantes de madera con sus sopandas y tornapuntas; no insistiremos sobre la ejecución de este puente provisional, porque nada nuevo podríamos decir, y solo consignaremos que los primeros pilotes empezaron á clavarse en 18 de Mayo de 1864, que el puente quedó terminado en Julio, y que el cubo de la madera empleada ascendió á 272 metros cúbicos, y su coste, inclusa la mano de obra, se calcula en 120,000 rs. Terminada la construcción de este puente-andamio, se procedió á la colocación, ajuste y roblonado de las diversas piezas de hierro que se hallaban marcadas con números y letras, correspondiéndose con otras análogas inscritas en los dibujos que servían de guía; la operación empezó en el apoyo derecho, en que se colocaron las correspondientes planchas de lecho ó asiento, y siguió sin interrupción hasta la otra extremidad sobre el apoyo izquierdo, donde se colocaron las cajas de rodillos para facilitar los movimientos de dilatación y contracción; en el ajuste y roblonado de las piezas se invirtieron próximamente siete meses, y se ocuparon ocho operarios especiales de roblonado, además de algunos braceros. Durante esta operación no ocurrió accidente alguno que merezca llamar la atención, ni se emplearon medios auxiliares extraordinarios; los trabajos marcharon con el mejor orden y regularidad sin entorpecimiento alguno, y para levantar algunas de las piezas de hierro, cuyo peso

escedía de siete toneladas, tan solo se usó una sencilla cábría, formada con tres fuertes maderos; todo revelaba el acierto y previsión que había presidido en la redacción del proyecto, y la merecida reputación y crédito que goza la fábrica de Mr. Henderson Porter y Compañía, establecida en Birmingham, como constructora de puentes de hierro. Desgraciadamente, si en la parte facultativa no se suscitó ningún embarazo, no sucedió lo mismo en la parte económica, á la que afectaron profundamente las quiebras de varias casas de comercio ocurridas entonces, entre ellas la quiebra de la que suministraba los fondos, siendo esto origen de que la obra se continuase por administración desde Enero de 1865.

Terminada la operación del montaje, se quitaron las cañas y demás piezas, por el intermedio de los cuales descansaba el puente sobre el andamio, y si alguna duda se hubiese abrigado acerca del buen éxito de esta importante obra, habría quedado desvanecida desde este momento, en que, privado el puente de sus apoyos intermedios, presentó á la vista todo su elegante conjunto, sostenido tan solamente por sus extremidades, que apenas, al parecer, llegaban á tocar los cornisamentos de los estribos, sobre que hacían reposar cerca de cuatrocientas toneladas. El tirante inferior no tomó flecha alguna del descimbramiento, y ofreció una línea recta perfectamente continua, y en ninguna de las partes de la obra se notó movimiento alguno. En vista de esto se desarmó el puente-andamio, y se sentaron las viguetas, entablonado del suelo y barandilla, quedando así terminada por completo la ejecución del puente. La condición 21 del pliego de las facultativas de esta obra, declara que el contratista percibirá 2,043 libras esterlinas (204,300 rs. próximamente) por el montaje del puente, no siendo de su cuenta la colocación y coste de las maderas del piso, el cual ha importado 41,500 rs. hecho por administración.

Nos resta, por último, hablar de la prueba, que, conforme á la condición 23, debía sufrir la obra.

#### Prueba del puente.

Consistía la prueba, con arreglo á la condición 28 de las facultativas, en cargar uniformemente el tablero en toda su anchura al respecto de 400 kilogramos por metro cuadrado, cuyo peso había de permanecer durante veinticuatro horas.

Llegado el momento de emprender esta operación, se colocaron y fijaron sólidamente en los puntos medios de las vigas de cabeza dos miras, cuyo pie correspondía á la parte inferior del tirante; la graduación de estas miras podía ser leída por cada uno de los tres observadores colocados en la margen derecha y provistos de niveles de anteojo, asegurados sólidamente en el terreno, para que no pudiesen moverse durante la operación. Dispuestas así las cosas, y teniendo acopiado en las avenidas del puente grandes pilas de piedra, de la que había de servir para el afirmado de estas mismas avenidas, empezaron á colocarse á lo largo del puente y en las zonas



exteriores del tablero dos filas de cargos escrupulosamente medidos con el cajón métrico al tiempo de colocarlos, y cuyo peso se había hallado el día anterior por medio de operaciones minuciosamente practicadas, con el objeto de conocer de antemano el número de cargos que había de colocarse sobre el tablero. La carga de prueba empezó á repartirse por cuatro cuadrillas, dos de las cuales avanzaban del centro á los extremos, y cada una de las otras dos de los extremos al centro, los observadores de las orillas anotaron las alturas de mira, tanto al principio de la operación, como en varios períodos subsiguientes de ella, siendo el resultado que, al llegar á completar la tercera parte de la carga de prueba, la flexión del punto medio fué de nueve centímetros aguas arriba y ocho aguas abajo; pero es de advertir que en este momento la temperatura, que tanto en los días anteriores como al empezar la carga, era bastante templada, comenzó á enfriarse por causa de la lluvia que hacia un rato estaba cayendo; no pudiendo ménos de originarse con este descenso de temperatura un movimiento de contracción, cuyos efectos habían de ser más sensibles en la parte curva superior de los cuchillos que en la horizontal inferior del tirante, por ser aquella de mayor longitud que este; movimiento de contracción que, obligando á bajar los montantes verticales del cuchillo, pudo producir parte de la flexión observada, como podrá verse por los fenómenos que después se notaron con las variaciones de temperatura. Al llegar á la mitad de la carga, que correspondía á dos filas completas de cargos de piedra, que ocupaban en su totalidad las dos zonas exteriores del tablero, la flecha observada aguas arriba como aguas abajo fué de trece centímetros, debiendo también manifestarse que seguía lloviendo. Al mismo tiempo que el resultado de la mira, se observó también que el tablero, en el lado de los rodillos, se separó de su posición inicial dos centímetros, debido á la contracción del metal. Continuada la operación, se terminó con la colocación de la total carga en las dos zonas centrales del tablero, que quedó de esta manera cubierto de cuatro filas longitudinales de cargos de piedra, que en junto componían el peso total de la carga de prueba. Las flechas observadas, que parecía natural, debieran haberse aumentado bastante al

empezar esta nueva carga en el centro, solo experimentaron un aumento de dos centímetros, descendiendo después progresivamente hasta ser de nueve centímetros la flecha observada al final de la operación, tanto en el lado de aguas arriba como en el de aguas abajo. Ya á este tiempo la lluvia había cesado, y el sol calentaba notablemente las planchas del puente, coincidiendo, como se vé, la disminución de la flecha con el aumento de la temperatura, y corroborándose de esta manera el efecto notado al observar las primeras flechas. Durante la operación se registraron repetidas veces los estridos, sin que en ellos se observara grieta, señal ni circunstancia alguna que atestiguara los esfuerzos que estaba sufriendo.

Concluida la carga, se dejó que gravitara sobre el puente con arreglo á condiciones; por la tarde sobrevinieron fuertes aguaceros, que á no dudar, debieron aumentar el peso de la carga, sin que esta circunstancia influyera en los resultados observados.

Al siguiente día se empezó á hacer la descarga, procediendo á quitar las dos filas centrales desde los extremos al centro, en medio de una aglomeración de 60 obreros que producían una gran trepidación en el tablero al arrastrar los carretillos. Las flechas fueron disminuyendo en uno y dos centímetros concluida la media descarga, y al terminar toda ella disminuyó 5 centímetros, debido naturalmente al encaje que habían hecho todas las piezas del sistema.

Con lo que vá relacionado se dió por terminada la prueba, y de ella se extendió el acta correspondiente, que fué elevada á la Superioridad. Pocos días después el Excmo. Sr. Arzobispo de la Diócesis, en presencia de todas las autoridades, y en medio de un gentío inmenso, bendecía solemnemente el puente, imprimiendo de este modo el sacrosanto sello de la Religión cristiana á esta grandiosa obra, que desde aquel momento el Sr. Gobernador de la provincia, en nombre de S. M., declaró abierta al tránsito público, precipitándose en seguida millares de personas, que representaban una carga dinámica bastante más considerable que la de la prueba oficial.

C. C.

Equilibrio de un sólido empotrado en sus extremidades y cargado de  $n$  pesos.

MEMORIA

DEL INGENIERO CIPOLETTI.

(Conclusion.)

OBSERVACIONES.

I. Se obtiene una comprobación de la exactitud de los cálculos en que las ecuaciones relativas á las diversas partes de la curva elástica son independientes de la longitud de sólido empotrado á la derecha.



