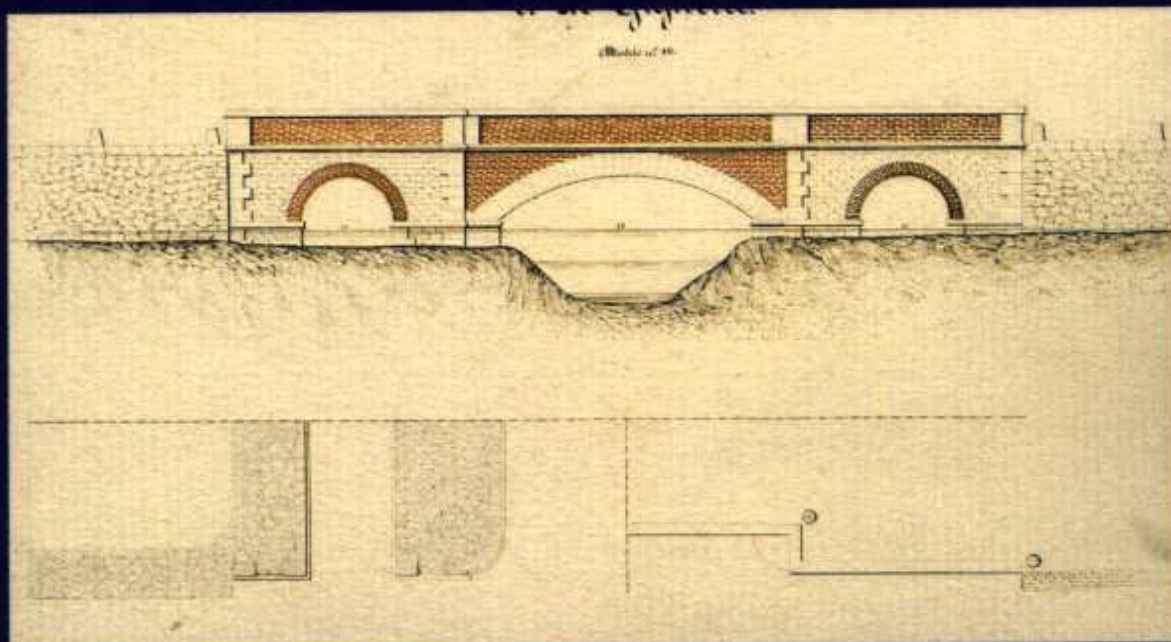


LUCIO DEL VALLE

MEMORIA SOBRE LA SITUACIÓN, DISPOSICIÓN
Y CONSTRUCCIÓN DE LOS PUENTES. 1844



FUNDACION
ESTEYCO

Lucio del Valle fue una de las grandes figuras de la Ingeniería de Caminos del siglo XIX. Proyectó y dirigió alguno de las obras más notables de la época: La Carretera de Valencia, el Abastecimiento de aguas de Madrid y el alarde que constituyó la construcción del Faro de Buda. Fue también Arquitecto y Matemático notable, alcanzando por sus méritos reconocimiento en ambas profesiones al ser nombrado Académico de Honor de la Academia de Bellas Artes de San Fernando y de la Academia de ciencias, Exactas y Naturales.

En vida fue distinguido con prestigiosos nombramientos, participó en numerosas comisiones oficiales u fue galardonado en varias ocasiones, recibiendo entre otras distinciones la Gran Cruz de Carlos III de manos de la reina Isabel II.

Para la difusión y el progreso de la Ingeniería y la Arquitectura





En Mayo de 1991 se constituyó la Fundación Esteyco con la finalidad de contribuir al progreso de la ingeniería y de la arquitectura en nuestro país.

La industria de precariedad e incertidumbre en que se ha estado desarrollando la ingeniería española independientemente ha exigido hasta ahora actitudes básicamente de supervivencia.

El esfuerzo de un creciente colectivo de profesionales y de órganos de la Administración ha ido, sin embargo, consolidando un sector cuyos servicios son considerados indispensables en una sociedad moderna y eficiente.

Es tiempo de pensar en el futuro, confiando en que no tardará en hacerse presente.

Fomentemos, para ello, un clima propicio para la creatividad, en el que se exija y se valore el trabajo bien hecho.

Contribuyamos a una sólida formación de los profesionales de la ingeniería, conscientes de que las organizaciones valen lo que valen sus miembros y de que en la ingeniería el valor de las personas se mide por el nivel de sus conocimientos.

Alentemos mejores y más frecuentes colaboraciones interprofesionales, eliminando fronteras innecesarias.

Reivindiquemos un espacio cualitativamente destacado de la ingeniería en la sociedad e impulsemos la evolución de la imperante cultura del hacer hacia la cultura del hacer pensando.

Consideremos las ingenierías como una prolongación de la Universidad, en la que se consolida la formación de jóvenes titulados, en los años que serán decisivos para su futuro. Sintámonos involucrados en la Universidad y centros de investigación.

Aseguremos la estabilidad y pervivencia de nuestras organizaciones y establezcamos los medios para que su vitalidad, garantía de futuro, no se encuentre lastrada.

Valoremos nuestra independencia, no como un arma contra nadie, sino fundamentalmente como un atributo intelectual inherente a quienes tienen por oficio pensar, informar y decidir libremente.

Javier Rui-Wamba Martija
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Presidente de la Fundación Esteyco

Memoria sobre la Situación, Disposición y
Construcción de los Puentes
Valencia, 1844

LUCIO DEL VALLE

Contenido

PRÓLOGO	5
NOTA EDITORIAL	7
AGRADECIMIENTOS	8
MEMORIA SOBRE LA SITUACIÓN, DISPOSICIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LOS PUENTES	9
BIOGRAFÍA	65
CRONOLOGÍA	73

Prólogo

El 1 de diciembre de 1844, Lucio del Valle presentó, con motivo de su nombramiento de Académico de Mérito de la Academia Nacional de Nobles Artes de San Fernando, una "Memoria sobre la situación, disposición y construcción de los Puentes", que ha permanecido inédita y que nos ha parecido interesante difundir ahora que el texto cumple 150 años.

Lucio del Valle fue una de las figuras más deslumbrantes de la fascinante ingeniería española del siglo XIX. Merece la pena leer la nota biográfica que ha preparado Charo Martínez, y constatar la importancia y variedad de sus actividades ingenieriles. Tenía 29 años cuando redactó esta Memoria. Era ya Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y había concluido también la carrera de Arquitecto. Era, asimismo, Académico de Honor de la Academia de San Carlos, Profesor de Matemáticas y Catedrático de Geodésica y Geometría Descriptiva, así como Caballero de la Orden de Isabel la Católica. Pero junto a esta impresionante relación de méritos, que figura en la portada manuscrita de su Memoria y que concluye con un etcétera, etcétera, Lucio del Valle quiso destacar su cargo de "Director de las Obras de la Carretera de las Cabrillas", que le exigió proyectar y construir el paso sobre el río Cabriel ("pasaré: bajaré en carruaje, al galope, sin llanta en las ruedas y volveré a subir cómodamente") asegurando, por primera vez, una comunicación moderna entre Madrid y Valencia.

Lucio del Valle contribuyó decisivamente, también, a resolver el abastecimiento de agua de Madrid y a organizar el Canal de Isabel II, que hizo posible el desarrollo de Madrid y la mejora de la salud y el confort de sus habitantes.

Ahora que se están poniendo en evidencia las dificultades para completar, los pasos por el río Júcar y el río Cabriel y con ellos la comunicación entre Valencia y Madrid, que sustituirá a la construida hace prácticamente siglo y medio, y ahora que

se debate también el Plan Hidrológico Nacional para paliar los problemas que la escasez e irregular distribución del agua provocan en nuestro país, no está de más que aflore el recuerdo de aquellos ingenieros que, con escasos medios y con conocimientos limitados por comparación a los que se pueden tener ahora, fueron capaces de abordar obras de ingeniería que permitieron el progreso y la vertebración de nuestro país.

Lucio del Valle no se puede decir que fuese un especialista en puentes. No se lo podía permitir. Tuvo que saber de carreteras, de hidráulica, de construcción, de organización y supo también de puentes. No hay más que leer la Memoria, que, escrita de su puño y letra, pone de manifiesto la asombrosa extensión de sus conocimientos y la claridad de sus ideas. Al juzgar su contenido no hay que olvidar el foro al que estuvo destinado y que Lucio del Valle, aún, no había alcanzado la treintena. Y es estimulante observar cómo su personalidad, y la credibilidad que inspiraba su demostrada capacidad, le permitieron ganarse la confianza indispensable de sus conciudadanos y de los poderes públicos para llevar a cabo su obra.

En estos tiempos que corren, en los que parece identificarse las obras públicas con los problemas que aparentemente crean y no con los problemas que resuelven; en un país en que tradicionalmente no ha existido el pecado por omisión, en el que nunca ha pasado nada al que no ha hecho nada y en el que incluso se llega a premiar a quienes, agazapados tras el maquillaje de la perfección o de algún otro ídolo moderno, frenan iniciativas de interés generalizado, no está de más volver la vista atrás para recordar la personalidad y las actividades de Lucio del Valle, que encarna a un brillantísimo colectivo que nos tiene que servir a todos, ingenieros y no ingenieros, como estímulo y referencia.

Javier Rui-Wamba Martija
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Presidente de la Fundación Esteyco

Nota Editorial

El texto que, a continuación, se publica es la transcripción de un manuscrito que se conserva en el archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando ¹. Lucio del Valle lo escribió en 1844 para poder ser nombrado académico de mérito. Esta clase de académicos existieron en la Academia de San Fernando hasta 1846; para serlo, los titulados tenían que realizar un examen práctico y desarrollar una Memoria sobre uno de los tres temas que la Academia les proponía.

Lucio del Valle era arquitecto por San Fernando desde 1840, en 1844 presentó la memoria sobre los puentes, fue aprobada y en 1845 fue nombrado académico de mérito por la sección de arquitectura. A partir de 1868 Valle ocupó la medalla 33 como académico de número y asistía regularmente a las sesiones. En el año académico 1873-1874 se publicó un “Escalafón de los señores académicos según el número de sesiones a que han asistido, desde 1º de Septiembre de 1864” en el que Lucio del Valle el lugar decimmoquinto en una lista de cuarenta y dos académicos. La última sesión en la que estuvo presente fue la celebrada el 6 de julio de 1874.

El trabajo que ahora se publica es un simple ejercicio académico, no pretende ser una aportación esencial al arte de construir puentes, y sin embargo tiene un indudable interés histórico. No puede dejar de tenerlo una revisión de la historia y la técnica de construcción de puentes hecha por uno de los ingenieros más destacados del siglo XIX.

Esta Memoria fue presentada a la sección de arquitectura, aunque trata de una materia hoy tan propia de la ingeniería como la construcción de puentes, lo que da una idea de lo relacionadas que estaban ambas disciplinas en el pasado.

¹ La transcripción reproduce literalmente el manuscrito, manteniendo las peculiares características gráficas, gramaticales y sintácticas del original

El número de signatura es 332/3

Teresa Sánchez Lázaro
Historiadora

Agradecimientos

LA FUNDACIÓN ESTEYCO quiere agradecer la colaboración prestada por la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando por autorizarnos a reproducir el manuscrito de Lucio del Valle; al Archivo del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, y la Biblioteca Nacional por permitirnos reproducir las ilustraciones; y en especial a Fernando Saénz Ridruejo, buen conocedor de la figura de Lucio del Valle, que amablemente se prestó a leer la Nota Biográfica, alentándonos para su publicación junto al manuscrito.

MEMORIA

SOBRE LA SITUACION, DISPOSICION Y CONSTRUCCION DE LOS PUENTES

QUE PRESENTA

A LA

Academia Nacional de Nobles Artes de San Fernando,

D. LUCIO DEL VALLE

ARQUITECTO DE LA MISMA,

Académico de honor de la de San Carlos, Ingeniero S. de Caminos, Canales y Puertos, Director de las Obras de la Carretera de las Cabrillas, Profesor de Matemáticas, Catedrático que fue de Geodésica y Geometría descriptiva en la Escuela especial del Cuerpo, Caballero de la Real y distinguida Orden de Isabel la Católica, etc. etc.

VALENCIA.

1844.

Lucio del Valle.
Memoria sobre la situación, disposición y construcción de los puentes.
Manuscrito original, Portada interior.
Archivo de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando.

Exmo. Sr.

A

Escusa y desfiló abrenunciando a, Exmo. Sr., la empresa que he acometido eligiendo para director de los tres puentes designados por la suerte el que va puesto al frente de esta memoria, asunto vasto, de sumo interés y digno por tanto de un exámen y tratado por plumas mejor costadas que la mía, por Profesores inteligentes y distinguidos que no desperdiciarán en verdad el afortunado campo que se les presenta para emplear sus bien coordinadas ideas, haciendo resaltar notablemente, a la par que su talento e instrucción, la grandera e importancia del asunto que se discutían. Limitado yo a mis escasos recursos y conocimientos, y a la práctica que llevo en el desfiló Arte de edificar solo mi ánimo a entrar en materia, por una parte, el vivo deseo de aspirar al honorífico título de Académico de Mérito por la Arquitectura, y por otra la benevolencia con que una ilustrada Corporación ha acogido mis primeros trabajos.

El transcurso de los siglos, que haciendo nuevos ép

Memoria

Excmo. Sr.

Ardua y difícil sobremanera es, Excmo. Sr., la empresa que he acometido eligiendo para disertar de los tres puntos designados por la suerte el que va puesto al frente de esta memoria, asunto vasto, de sumo interés y digno por tanto de ser examinado y tratado por plumas mejor cortadas que la mía, por Profesores inteligentes y distinguidos que no desperdiciarían en verdad el anchuroso campo que se les presentaba para esplayar sus bien coordinadas ideas, haciendo resaltar notablemente, á la par que su talento é instrucción, la grandeza é importancia del asunto que discutían. Limitado yo á mis escasos recursos y conocimientos, y á la práctica que llevo en el difícil Arte de edificar solo me anima á entrar en materia, por una parte, el vivo deseo de aspirar al honorífico título de Académico de Mérito por la Arquitectura, y por otra la benevolencia con que esa ilustrada Corporación ha acogido mis primeros trabajos.

El transcurso de los siglos, que haciendo nuevos é importantes descubrimientos al mismo tiempo que desarrollando y perfeccionando los conocimientos humanos, ha hecho una verdadera revolución en los gozos y comodidades del hombre; pero revolución pacífica, útil, benéfica, y necesaria e indispensable ya en la altura á que se halla

establecida la sociedad civilizada. ¿Que seria esta sin la brújula, sin la imprenta, sin el vapor? ¿Que sin la perfeccion á que han llegado las artes por el gran progreso que han tenido las ciencias todas? ¿Cual hubiera sido el desarrollo de la industria sin los medios espeditos de comunicacion que poseemos por tierra y por agua? Sin estos medios ¿como hubieran podido comunicarse sus ideas unos paises con otros civilizandose mutuamente? ¿Que gozes, que felicidad puede disfrutar el hombre que carece de edificios en que albergarse de los rigores de los elementos, y de cuanto es necesario para las demas comodidades de la vida? Y no se crea por esto que ya se ha llegado al maximun de la perfeccion: no, si bien el estado de nuestra civilizacion es muy distinto de los primeros pueblos, aun falta mucho que recorrer á pesar de los constantes desvelos de los grandes hombres que trabajan y estudian sin cesar para ir adelantando mas y mas en los diversos ramos del saber, y aquienes debe mucho la sociedad, que coje el fruto de sus exiduas tareas y meditaciones.

Si nos concretamos tan solo á los puentes y describimos aunque sea ligeramente los adelantamientos que han experimentado estas importantisimas obras, veremos perfectamente marcadas todas las epocas segun el estado en que se hallaban las ciencias en cada una.

Muy natural seria que en los primeros tiempos tratasen de reunirse los hombres en sociedad estableciendose en distintos puntos, que recorrerian de unos á otros para protegerse mutuamente y satisfacer sus necesidades, por sendas abiertas en el terreno mismo guardando en lo posible la linea recta, como la mas corta distancia entre dos puntos dados. Este primer medio de comunicacion entre dos puntos es un camino en su mayor sencillez. De él al establecimiento de los Caminos de hierro con carruages de vapor hay una mínima distancia que no ha podido ser recorrida en menos de diez y ocho siglos.

La direccion de estas sendas debia tener muchas modificaciones por la naturaleza del terreno, desviandose y dando rodeos al atravesar una montaña para evitar la fatiga de una pendiente escesiva, al encontrarse

con un terrero pantanoso difícil de pasar sin peligro; y por fin el salvar los arroyos, ríos y barrancos era una de las primeras y mayores dificultades que se presentaban.

Es indudable que las primeras tentativas que se hicieron para el paso de los ríos consistía en ir examinando cuidadosamente su profundidad en varios puntos, hasta encontrar un paraje en que, estendiéndose las aguas suficientemente, su poca altura y velocidad unidas á la regularidad del cauce, permitía un paso sin riesgos ni peligros, pero con las incomodidades que eran consiguientes.

Estos vados, por donde se atravesaban los ríos de alguna consideración, no eran necesarios para el paso de los arroyos: un árbol suficientemente largo que se apoyase en ambas márgenes bastaba para la continuación de la senda, y he aquí sin duda alguna el primer sistema de puentes establecido por los primeros hombres, sistema el más sencillo que puede imaginarse y cuya comparación con las magníficas obras de esta clase construidas en los tiempos modernos, hacen ver palpablemente lo que puede el hombre en una sociedad ilustrada lleno de recursos y de conocimientos de toda especie, con los cuales acomete empresas atrevidas que honran bajo todos conceptos el entendimiento humano llenando de admiración á cuantos las contemplan.

La costumbre de ver por los ríos cuerpos flotantes debió sugerir la idea de valerse de ellos para atravesarlos con mucha más comodidad que por los vados, pues además de no mojarse evitaban el tener que dar á veces un gran rodeo para dirigirse por aquellos. Al efecto construían balsas con varios troncos de árboles unidos entre sí y cubierta la parte superior con ramaje que formaba el piso. Si el río no era de mucha extensión una sola balsa amarrada á ambas márgenes constituía el puente, cuidando de aflojar las amarras cuando crecían las aguas, mas si aquella no bastaba por la demasiada anchura del cauce la pasaban á remolque de una a otra orilla por el mismo mecanismo que, si bien más perfeccionado, empleamos en el día en las barcas establecidas en muchos ríos en que no existen puentes habilitados para su paso.

El examen de los monumentos que nos han legado el Egipto y la Grecia prueba evidentemente lo mucho que se tardó en la construcción de las bóvedas, así que hasta que estas se generalizaron los puentes que se construían fueron de maderos colocados sobre pilares de fábrica o pilotes, cuyos espacios no podían ser por lo tanto de mucha extensión.

Entre los Egipcios los pilares ó postes de fábrica bastante más próximos unos á otros se solían cubrir con grandes losas de piedra por el mismo estilo que ahora se verifica con las alcantarillas llamadas de tapa.

Si fuera á describir uno por uno todos los puentes y acueductos de alguna importancia que se han construido, si hubiera de seguir su historia con aquella prolijidad y sana crítica que debe emplearse en esta clase de trabajos serían necesarios algunos volúmenes; pero como no sea este el objeto de la memoria, solo me concretaré á manifestar que desde algunos siglos antes de la Era cristiana se han construido puentes y acueductos magníficos, de los que aun se conservan algunos intactos, otros se hallan reducidos á ruinas y escombros, y no pocos han desaparecido completamente.

Sin salir de nuestro suelo, sin necesidad de acudir a visitar los antiguos puentes construidos sobre el Tiber, Tamesis, Elba, Neva, Danubio, Zende=rroud, Abin, Sena, La-Loire, Garona, Rodano y demás ríos tenemos suficientes monumentos de esta clase en que admirar el grado de adelanto en que se hallaba la construcción en los tiempos en que nuestra Nación estuvo dominada tantos años por los Sarracenos, como se ve con solo recordar los nombres de Puentes de Alcantara, Almaraz, Merida, Salamanca, Orense, Molins de Rey y otros, los acueductos de Segovia, Merida, Pamplona, etc...

Desgraciadamente no podemos decir lo mismo con respecto á las obras modernas en las que en número, grandiosidad, importancia y novedad nos llevan gran ventaja las demás Naciones de Europa. Si exceptuamos el glorioso reinado de Carlos 3º que tan señalado fué para las artes y en el que se construyeron muchas y buenas obras de todas

clases, apenas conoce nuestra Nacion las ejecutadas ultimamente sobre el Rodano, La-Loire, Sena, Tamesis, etc, etc. Aun carecemos de esos magnificos puentes de hierro formados de dovelas de este metal, que á su mucha solidez reunen la elegancia mas esquisita en sus formas y que adornan ya muchas capitales de Europa; faltannos tambien puentes de madera de Cerchas curvas que como el S. Yory tan buenos resultados estan dando, y como aun no se ha construido en España ninguna linea de camino de hierro, no tenemos tampoco ninguna de las grandes obras que á veces exige la naturaleza del terreno en esta clase de comunicaciones. Los puentes colgados que por su economia y facil construccion tanto se han generalizado en el Estrangero, han empezado tambien ya á introducirse en nuestro pais con muy buen exito produciendo al publico ventajas palpables y positivas. ¡Quiera el cielo que separandose nuestra Nacion de las contiendas civiles que hace años la devoran y consumen, solo piense y se dedique a las mejoras materiales de que tanto necesita para ponerse al nivel de las demas de Europa y aspirar asi al esplendor de que gozó en otros tiempos y á que por tantos titulos es acrededora!

Una de las partes mas principales en el establecimiento de un puente y la primera que debe mirar con suma detencion y cuidado un Arquitecto ó Ingeniero es la eleccion de su emplazamiento ó punto donde deba construirse, de manera que reuna el mayor número de ventajas, ya que á veces no sea posible conseguir todas las que pueden y deben apetecerse en esta clase de obras. Es cierto que en muchas ocasiones esta fijada la situacion de un puente sin que sea facil variarla á no ocasionar gastos enormes y perjuicios de consideracion y en ese caso ya no hay eleccion y el Profesor obligado á construir la obra en el punto fijo debe tener muy en cuenta para su proyecto esta circunstancia, que influirá notablemente no solo en la disposicion y sistema de construccion del edificio sino en su coste. Tal sucede, por ejemplo, en las poblaciones en que la alineacion de las calles, plazas, paseos ó puertas de entrada decide muchas veces del emplazamiento del puente, asi como en el campo la direccion de los Caminos; si bien otras se toma el partido de abrir nuevas calles principalmente cuando las antiguas son estrechas y sinuosas y en los caminos se subordina en direccion al buen

emplazamiento de un puente. Esta ultima circunstancia es la que rigurosamente se observaba en otros tiempos en que no estaban tan adelantadas como al presente las construcciones hidraulicas, mas en el dia en que el arte de edificar cuenta con sobrados y seguros recursos, debe en general sujetarse la situación de un puente á la linea general del camino, cuyo trazado se habra hecho con el suficiente estudio para que reuna cuantas ventajas son apetecibles.

Claro y evidente es que si está á nuestro arbitrio el designar el punto donde haya de construirse el puente elegiremos aquel en que el terreno para la fundacion sea el mas solido posible y el menos dispuesto á ser socabado por la corriente, en que las margenes reunan también esta misma solidez y no sean de una elevacion tal que haga dificil y costosa sus avenidas, prefiriendo en igualdad de estas circunstancias como mas economico el punto en que mas se estreche el rio. Para ello es enteramente indispensable tener un conocimiento exacto del terreno levantando un plano bien detallado del curso del rio en una distancia bastante estensa para formar idea de su regimen y de los cambios que haya sufrido su lecho y pueda experimentar en lo sucesivo por las causas locales que existan y que deben estudiarse con meditacion. A este plano deberán acompañar muchos perfiles transversales que daran á conocer la figura y anchura del cauce y margenes, asi como la altura de las aguas en las diferentes epocas del año, teniendo mucho cuidado de averiguar por hombres practicos y antiguos en el terreno cual ha sido la mayor crecida que ha tenido el rio para acotar escrupulosamente su altura, asi como las de las aguas más bajas. De sumo interes es tambien conocer la pendiente del rio y la velocidad de su corriente, por lo que el Arquitecto no puede menos de adquirir estos datos que, si es dable, debe repetir en diferentes ocasiones y en particular en las grandes avenidas.

Para lo primero practicaré diferentes nivelaciones segun la linea de Thalweg ² que comparadas entre si le darán las variaciones de pendientes que experimentará segun la diferente altura de agua que lleve el rio y para la determinacion de la velocidad podrá valerse de cualquiera de los medios conocidos, si bien el que se emplea mas

² Si se unen los puntos más bajos de los perfiles transversales del cauce de un río por medio de una línea, esta se llama thalweg.

comunmente es el del flotador, que determinando la velocidad V en la superficie se deduce en seguida la velocidad media U por la formula $V=0,82U$ resultado de las esperiencias hechas por Dubuat, Prony y otros.

La cantidad de agua que pasa en la unidad de tiempo por un punto cualquiera del rio es evidentemente igual á la seccion en aquel punto, multiplicada por la velocidad media; esta depende de la pendiente, de modo que si fuera posible fijar con exactitud la relacion que debe existir entre estas tres cantidades, facilmente obtendriamos el valor de una de ellas conociendo el de las otras dos. M. Eytelmein á quien debe la Hidraulica tantas y tan buenas esperiencias ha publicado en las Memorias de la Academia de Berlin las que con la mayor escrupulosidad ha practicado sobre este particular y establece por fin la relacion.

$$U = - 0,03319 + \sqrt{0,0011016 + 2735,66 R I}$$

en que U es la velocidad media, R el radio medio ó sea la seccion dividida por el perimetro mojado e I la pendiente por metro.

A los datos generales que llevo dichos debe añadir el Profesor los particulares que en cada paso se le presentaran y cuya enúmeracion seria fastidiosa é inutil, y con todos ellos reunidos determinará la situacion ó emplazamiento del puente y entrará a estudiar la disposicion que ha de dar á la obra, y que variará por una multitud de circunstancias de entre las cuales son las principales las siguientes:

- 1ª. Objeto á que se destina el puente.
- 2ª. Punto de su situacion.
- 3ª. Dinero disponible para la obra.
- 4ª. Materiales; su calidad y cantidad.

Si se enúmeran todos las clases de puentes que pueden construirse se hecharia de ver facilmente lo que acabo de sentar. En efecto ¿Se dispondra del mismo modo un puente que haya de servir solo como tal, que otro que deba dejar libre paso á barcos arbolados que vayan por el

rio? ¿No debiera construirse con mas magnificencia el que esté destinado á immortalizar algun hecho heroico ó situado en una Capital, que los que se hagan en despoblado? ¿Se usaran por fin indistintamente los puentes de barcas, los de piedra, los de madera, los fijos de hierro, colgantes, giratorios etc, etc? De manera alguna, las circunstancias que llevo dichas y las locales obligan al Arquitecto á ceñirse al que llene mejor todos los requisitos, dejandole aun asi mucho campo en donde lucir sus conocimientos en el modo de concebir y disponer el proyecto y su ejecución. Si ha de ser de piedra su decoracion, la esveltez de sus formas, la naturaleza y atrevimiento de sus arcos, el modo de aparejar y construir estos, los cimientos y demas asi como los utiles, máquinas y, aparatos necesarios para ello exigen no solo gusto artistico, sino profundos conocimientos en las ciencias exactas, sin que pueda uno y otros remplazarse por una ciega rutina. Iguales reflexiones poco mas ó menos pueden hacerse para las demas clases de puentes en que tanto pueden lucir los principios de Mecanica, los de construcciones hidraulicas y demas al mismo tiempo que el genio del Profesor en el proyecto que conciba.

Uno de los principales requisitos que debe tener el puente que se proyecte bien sea de piedra, madera, colgante, etc. es que presente una seccion suficiente para el paso de las aguas en todas estaciones, sin que haya que tener recelo ni aun en las mayores crecidas. Esta seccion de paso se determina sin dificultad cuando cerca del punto donde se proyecta el puente haya ya otros construidos sobre el mismo rio, pues midiendo la seccion de este en las avenidas al paso por ellos y observando la velocidad del agua se puede, comparando estos datos, fijar con bastante exactitud la nueva Seccion ó desembocadura. Cuando en el rio no existen puentes para la comparacion es indispensable para resolver la cuestion determinar: Primero La mayor cantidad de agua que ha de pasar por el puente. Segundo La superficie de la seccion conocida la cantidad de agua:

Para lo primero ya he explicado anteriormente el modo de conseguirlo por un medio sumamente sencillo y mas exacto que el

calculo que se pudiera hacer teniendo en cuenta la cantidad de agua que cae en las grandes lluvias y la superficie de la cuenca que la recoge para dirigirlas al cauce del rio por las lineas de maxima pendiente. En efecto varia mucho la cantidad de agua de las lluvias en las distintas epocas del año y en diferentes lugares y ademas la naturaleza y declive del terreno en que cae influye poderosamente en la velocidad con que se dirige al rio y en la cantidad que se absorve la tierra.

La determinacion, pues, mas exacta es la de hallar la velocidad media y multiplicarla por la seccion.

La accion que egercen las aguas de un rio sobre sus margenes y fondo combinada con la tenacidad del terreno de que esta compuesto establece siempre un cierto equilibrio que evita las mas veces la alteracion del cauce, tanto en su magnitud como en su figura. Esceptuase sin embargo los rios que corren por terrenos arenosos y flojos que cediendo con facilidad á la accion corrosiva de las aguas se altera el regimen notablemente en las crecidas, agrandandose el lecho en unos puntos y formandose depositos ó aterramientos en otros, cuando ya las aguas no corren con tanta velocidad.

Cuando por una obra cualquiera se disminuye la anchura de un rio la velocidad se aumenta naturalmente, formanse remolinos, y el lecho socabado por las aguas se profundiza hasta que se establezca una seccion tal, que combinada con el aumento de velocidad, compense la disminucion que haya experimentado el ancho del rio equilibrandose entonces la velocidad con la resistencia del terreno de que esté formado.

Si, pues, al construir un puente no se tiene en cuenta estas consideraciones es muy facil que se experimenten socavaciones en las pilas y estribos por el aumento de velocidad ó bien se formen depositos cuando esta haya disminuido sensiblemente por haber dado demasiada longitud al puente. Si el terreno es de roca ó muy compacto y tenaz no habra socavaciones y solo se formarán á la parte de arriba los remolinos que producirán inundaciones si la seccion de paso fuera demasiado

pequeña. Cuando por el contrario el terreno no es tan compacto y tenaz se debe siempre procurar establecer un radier general que impida las socavaciones que tanto hacen peligrar la estabilidad de los puentes, radier que será tanto mas indispensable cuanto mayor sea el aumento que experimente la velocidad ordinaria de las aguas á su paso por entre las pilas.

Sensible es que en muchos puentes se descuide tanto esta parte tan esencial, por que al fin ha de ser causa de su total ruina, como la esperiencia ha demostrado ya con una multitud de ejemplos que seria largo enunciar.

Explicados ya, aunque concisamente, los principios generales que deben tenerse presentes para la situacion y disposicion de los puentes cualesquiera que sea su clase é importancia paso á tratar de la construccion de todos ellos y de cada una de sus partes, usando del mismo laconismo que he empleado hasta ahora, muy dificil por cierto en un asunto tan vasto é interesante y sobre el cual hay escritas tantas obras con cuantos detalles pueden apetecerse.

Barcas

Un barco construido con las dimensiones y calado convenientes para la clase de carruages que tenga que llevar y que por medio de remos ó bicheros que pueden ir en el mismo barco ó en otro mas pequeño que le remolque pase de una á otra orilla del rio constituye un puente movable del mismo modo que cuando está obligado á caminar por todo lo largo de una maroma bien sea impedido por la corriente misma ó por un torno ó cabestante establecido en la margen opuesta ó en fin por barqueros que se vayan asiendo sucesivamente á la cuerda ó maroma.

Esta incomodaria naturalmente en el paso de los barcos de vela en un rio navegable por estar colocada á pocos pies sobre el agua por cuya razon cuando hay que atender á este requisito se la dispone á la altura

conveniente por medio de unas horquillas de madera situadas en las margenes haciendola tomar con tornos la tension que se desea.

En seguida se pasa una corredera de hierro que abraza el cable, á la que se ata una cuerda que va á engancharse al costado del barco hacia la cuarta ó quinta parte. Por este medio es bien claro que con solo cambiar la cuerda de uno á otro costado y dirigir el timon con algun conocimiento, la velocidad de las aguas hara mover el barco que pasara de una orilla á otra resbalandose la corredera sobre el cable.

Otro de los medios que se han ideado para el paso de los grandes rios con barcos es tambien á la par que sencillo muy ingenioso: consiste en hacerle trazar arcos de circulo por la velocidad de la corriente, amarrandole a una cuerda larga que se ancla en medio del rio; las inclinaciones distintas del timon producen este movimiento por el mismo estilo que el aire en las alas de los molinos de viento. La longitud de la cuerda debe ser por lo menos vez y media mayor que la anchura del rio, á fin de que el arco de circulo tenga poca curvatura y pueda obrar el timon.

Algunas veces en vez de un solo barco hay dos unidos con una plataforma de madera sobre ellos, en la cual entran los carruages, debiendo establecerse en este sistema de barcos, como en todos los que llevo descritos embarcaderos comodos y seguros en ambas margenes, para que atraquen allí los barcos y puedan entrar comodamente las pesonas, caballerias y carruages.

Puentes de Barcas

Este sistema de puentes conocido desde muy antiguo, ha estado generalizado por mucho tiempo en todos los paises que conservan aun algunos sin haberlos remplazado. La economia de su primer coste la facilidad de su egecucion y el poco tiempo que se necesita para su establecimiento, son en general las razones que hay en su favor, á pesar

de que en algunos casos son casi enteramente indispensables como sucede en los grandes rios del Norte. Caminando en aquella direccion por la carretera de Maguncia, Foulda, Vaimar Etc, el ultimo puente de piedra que se encuentra de consideración é importancia es el de Dresde sobre el Elba, los demas son de barcas que solo se utilizan en verano pues en invierno se yelan aquellos grandes rios hasta cuatro y cinco pies de profundidad, convirtiendose en caminos por donde transita todo genero de carruages y sobre los que se han dado á veces brillantes cargas de caballeria; asi es que al empezar las heladas hacen conservar el puente por mitades á ambas margenes, en las que quedan atracadas las barcas hasta el estio, cuidando sin embargo de que unos hombres con chuzos de hierro corten el yelo en su alrededor para que haya siempre un pequeño espacio, y evitar de este modo que padezcan y se destruyan por la expansion del agua al congelarse.

Esta probado que puede pasar artilleria de campaña por un rio helado con tal de que tenga siete pulgadas de espesor, mas como el grueso del hielo no es uniforme en toda la anchura, siendo menor en el centro del rio en que es mayor la velocidad de la corriente, no se permite por aquellas autoridades el paso al publico hasta tanto que hacia las orillas no tenga la capa de yelo catorce pulgadas.

Para establecer estos puentes colocanse las barcas que sean necesarias paralelamente entre sí con las proas hacia la corriente y guardando una distancia que varia mucho, pero que está limitada por la longitud de los maderos que han de formar el tablero y la conveniencia de que estos graviten sobre el centro de los barcos para evitar los balances bruscos que harian en otro caso al transito de los carruages pesados. Para que la corriente no los arrastre rio abajo se les sujeta por la proa y á veces tambien por la popa á un grueso cable ó cadena de hierro que atraviesa de una á otra margen ademas de estar anclado cada barco de por sí; evitando los movimientos laterales de los barcos por medio de otros cables llamados barloas que van en forma de cruz de la proa del uno á la popa del otro. Las sancanellas que asi se llaman las grandes maromas ó cables de retencion deben estar solidamente

amarradas á ambos márgenes en las que se establecerá al efecto un grueso pilote ó bien sino bastase se construirá de fabrica un macizo para empotrar en él un pilar de piedra ó hierro, cuyo espesor asi como el del macizo y cables dependerán de la resistencia que tengan que vencer.

Esta disposición de las barcas en nada impide los movimientos verticales que deberan experimentar con la mayor ó menor altura de las aguas, á cuyos movimientos hay tambien que atender al construir los tableros que forman el piso, que deberan tener el juego necesario tanto para que no se rompan, cuanto para que no opongan el menor obstaculo al movimiento ascensional de los barcos.

No dejaré de citar con este motivo el puente que establecí sobre las barcas del rio Jucar en la carretera general de Valencia para el paso de S.S. M.M. en el viage ultimo y que aun continua prestando grandes servicios al publico, que evita las incomodidades y perdida de tiempo que son inherentes al tener que pasar los rios por barcas. La gran sangría que se hace al Jucar por el azud de Antella en que toma las aguas la acequia Real de Alcira, hace que su caudal sea de poca consideracion particularmente en el estio y obligó hace años á estrechar en los embarcaderos el paso del rio á fin de que hubiera suficiente calado para la barca y pudiera esta maniobrar con desembarazo. Distaba pues uno de otro tan solo cincuenta pies y como la manga del barco sea de 22 pies quedaban solo 28 pies que recorrer, por cuya razon fijé perfectamente en el centro del espacio la barca por medio de dos vientos formados de cables de veinte y dos lineas de diametro y setenta y ciento ocho varas de longitud que desde la proa van á amarrarse á grandes pilotes con aspas en su parte inferior empotrados en mamposteria y provistos de los correspondientes tornos para templar aquellos en las avenidas y darles la longitud ó cuerda que requiera la subida de las aguas. Dos esplanadas de piezas de madera cada una de suficiente longitud y escuadria, cubiertas de un entablonado grueso sugeto con tornillos forman el puente, apoyadas en los embarcaderos y en la barca: á fin de que pueda servir cuando crece el rio dispuse unir entre si las piezas de las esplanadas por medio de gruesos pernos de hierro que

pudiesen permitir en 1^{er} lugar el juego necesario á las esplanadas que con la variacion de nivel de las aguas solo varian de pendiente resbalando sus extremos sobre los embarcaderos y girando en el centro al rededor de dichos pernos puedan separarse las esplanadas y sacarlas á tierra cuando se prevea una avenida extraordinaria, ó bien si ni aun diera tiempo para esta operacion la crecida soltarlas al agua en que flotarian como boyas por que se las amarraria con cables a las fuertes argollas de hierro que al efecto tienen en sus ángulos.

Muchos y de consideracion son los puentes de barcas que hay establecidos en el estrangero siendo entre otros de los mas notables el de Varsovia sobre el Vistula que consta de ochenta y cuatro barcas grandes, el de Maguncia sobre el Rhin con veinte y una barcas y el de Oporto sobre el Duero que sobre ser de veinte y cuatro barcas tiene ademas la notable circunstancia de sufrir las mareas del Oceano. Tambien en nuestro pais tenemos el de Tortosa sobre el Ebro, el de Sevilla sobre el Guadalquivir de doce barcas, el de Cullera sobre el Jucar de tres, en los cuales como en todos los puentes de este genero son muy continuas y costosas las reparaciones que ocasionan.

Fundados en el mismo principio que los puentes de barcas, se construyen tambien con otros cuerpos flotantes, como balsas de madera, toneles, haces de cañas cuyo uso es regularmente provisional, y sirve especialmente en campaña.

Puentes Levadizos, de báscula, giratorios, etc.

Siempre que la altura de los puentes no permita la navegación, ó cuando convenga por una causa cualquiera, interrumpir una comunicación, deben emplearse estos sistemas que paso á explicar brevemente.

El mecanismo de todos ellos consiste en hacer mover el tablero o tableros del puente de una manera determinada, para que quede libre y desembarazado el espacio que ocupaba.

En los puentes levadizos cuyo uso mas comun es en las plazas de guerra, muevese el tablero al rededor del eje horizontal que forma uno de sus extremos por medio de cadenas, que atadas al otro, pasan por las poleas fijadas en los muros de la puerta y tienen unos contrapesos que facilitan la operacion. Con poco que se reflexione, se notará, que necesitandose diferentes esfuerzos para mover el tablero, segun su mayor ó menor inclinacion con el horizonte, los contrapesos deberían ser variables, disminuyendose conforme el tablero fuera áprosimandose á la posicion vertical, en que debe quedar, cerrando la puerta, cuyo claro es de las dimensiones del tablero. Esta cuestion ha sido resuelta perfectamente por Bellidor, reemplazando los pesos variables de que he hablado por un peso constante, sugeto á recorrer, no una vertical, como sucederia para aquellos, sino por una curva cuya ecuacion determinó por las circunstancias á que debia satisfacer, y que resultó ser la que en Geometria se conoce con el nombre de Sinusoide.

Con la geometrica aplicacion de esta curva se han desterrado las antiguas flechas ó piezas de madera de que se servian para levantar los tableros, y cuyo uso es sumamente incomodo, como se nota en las que se conservan todavia en algunas plazas.

En los puentes de bascula, que tambien se mueven al rededor de un eje horizontal, se prolonga el tablero mas allá de este eje, para formar asi un contrapeso, de manera que los momentos de estas dos partes se equilibran con respecto al eje de rotacion, en el que debe hallarse el centro de gravedad del sistema. La parte de tablero que baja, entra en un foso, hecho al efecto, valiendose para el movimiento de un torno ó engranage cualquiera.

Los puentes levadizos solo se emplean para espacios de catorce á diez y ocho pies, mientras los de bascula pueden servir hasta para veinte

y cinco reforzando el tablero con tornapuntas, que apoyandose en el muro, impidan el pandeo y fortifiquen el sistema.

Los puentes giratorios de eje vertical tienen también, como los de báscula, su contrapeso formado por la prolongación del tablero, y debe subsistir también la igualdad entre los momentos de las dos partes con respecto al eje. La dificultad de este sistema estriba en poder producir con facilidad el movimiento de rotación, sin que se resienta la solidez del puente, cuando pasen por él carruajes y pesos considerables. Para fortificar la parte voladiza del puente, se establecen también tornapuntas, que se levantan hasta adaptarlas a la plataforma antes de emprender el movimiento del puente. El eje vertical de rotación que debe estar a alguna distancia de la coronación del estribo, no serviría por sí solo, para hacer guardar al tablero una posición constantemente horizontal, y al efecto lleva este por su parte inferior dos juegos de ruedas ó rodillos de fundición que recorren dos trozos de carriles de hierro, el uno colocado cerca del extremo del estribo para la parte voladiza y el otro a donde concluya el tablero que sirve de contrapeso.

Según la descripción que hacen algunos autores, la maniobra de estos puentes se hace por un solo hombre en tres minutos valiéndose de un cabestante, torno u otro aparato análogo.

Aunque con bastantes inconvenientes puede también construirse un puente móvil, de manera que no gire en ningún sentido y si solo avance ó retroceda por medio de ruedas ó cilindros del mayor diámetro posible, que vayan por carriles rectos y paralelos entre sí.

De todas estas clases de puentes que acabo de mencionar, los hay contruidos en el extranjero de madera y de hierro, siendo muy interesante el estudio detallado de cada una de sus partes, que se encuentra en el Bellidor, Sgauzin, Anales de Puentes y Calzadas y otras obras y en cuyo examen no he entrado por no permitirlo los estrechos límites de esta memoria.

Puentes de Madera

Ya he dicho al hablar de la historia de los puentes que desde muy antiguo se establecieron los de madera siendo los mas dignos de citarse de aquella epoca el puente Sublicius, el de Cesar y el de Trajano. El primero construido en Roma en el reinado de Tuco Marcio, era notable segun nos aseguran varios autores por que podia armarse y desarmarse con suma facilidad, no habiendose empleado ninguna pieza de hierro ni clavazon para unir las de madera, que se sostenian con la mayor solidez por su conbinacion y ensamblage. Un entramado de madera colocado sobre filas de pilotes clavados a cierta distancia formaba el puente.

Alberti, Palladio, Scamozzi, Perrol d'Ablancourt y otros nos han dejado varios dibujos del puente de Cesar construido sobre el Rhin y cuya descripcion se encuentra detallada en los Comentarios de Cesar, y si bien aquellos no estan enteramente conformes en todas sus partes, convienen sin embargo en la idea general del puente que consistia en clavar dos filas de pilotes pareados de diez y seis á diez y ocho pulgadas de escuadria y de la necesaria longitud inclinadas ambas hacia el centro del puente y reforzada la de la parte de abajo con fuertes tornapuntas, que aseguraban aun mas el sistema preservandole de la fuerza de la corriente, asi como por la parte de arriba gruesos pilotes clavados verticalmente y á corta distancia de los inclinados servian de tajamar evitando el choque de los troncos de arboles que fuesen por el rio.

Las vigas en que descansaban las carreras del puente estaban apoyadas sobre las piezas que unian con pernos los pilotes pareados de las dos filas y sobre el entablonado ó enfaginado del piso echaban ademas una capa de guijo menudo para su mayor duracion.

El dibujo del puente de Trajano construido sobre el Danubio esta sacado de los bajo=relieves de la columna de aquel nombre, y consiste en tres arcos concentricos de madera que se apoyan en pilas y estribos de silleria por medio de caballetes tambien de madera habilmente

dispuestos. Los arcos estan enlazados entre si y sobre ellos corren por toda la longitud del puente las vigas que sostienen el entramado del piso.

El gran Maestro Palladio en su tratado de Arquitectura presenta perfectamente explicados y detallados algunos puentes de madera que construyó y que son notables por la conuinacion desus partes, y aun cuando no sea mas que por rendir un justo homenaje á aquel celebre Arquitecto haré aqui una ligera reseña de algunos de ellos.

Al pie de los Alpes y no lejos de Bassano establecio sobre el torrente Cismone un puente de madera de un solo tramo de ciento veinte y siete pies de longitud evitando asi la destruccion de los pilares intermedios por la gran velocidad con que corren por alli las aguas arrastrando consigo arboles y piedras de consideracion. Formaban el puente cinco maderos ó cabezales dispuestos según la anchura del puente y sobre las que descansaba el entramado del piso, que si bien no era enteramente horizontal en el sentido de su longitud, presentaba una ságitá tan pequeña que apenas se notaba, haciendo la obra por lo mismo muy buen efecto por su ligereza y atrevimiento.

Todo el entramado estaba suspendido de las dos armaduras que servian de pasamanos y que con las riostras y tornapuntas correspondientes formaban un sistema solido y dificilmente flexible aun con pesos de consideracion pues de la disposicion bien entendida de las diferentes piezas y sus ensamblages resultaban triangulos cuya forma era imposible que se alterase.

Otro puente nos presenta Palladio en que el pasamanos cuya altura es un noveno de la luz del puente era tambien la armadura, compuesta de cinco lados, horizontal el del centro é inclinados los otros hasta morir en los estribos. Los cuatro pendolones que partian de los angulos de la armadura sostenian las vigas transversales en que se apoyaba el entramado del piso, asegurando este sistema con dobles tornapuntas formando cruces de Sⁿ Andres, ademas de las que empotradas en los estribos alibiaban los primeros tramos.

Esta clase de puentes solo sirve para cuando la anchura no escede de catorce á quince pies, pues si fuera mayor seria preciso establecer cuchillos ó cerchones intermedios para sotener los cabezales, mas como esto no fuera facil porque incomodaria para el transito, se han desechado por eso las armaduras superiores al piso del puente remplazandolas con otras por debajo. El mismo Palladio presenta el estudio del puente construido sobre el Brenta de veinte y seis pies franceses de anchura y con cinco claros de treinta y cuatro y medio pies. Las pilas formadas de una sola linea de gruesos pilotes espaciados de dos en dos pies tenian sus tajamares tambien de madera y se aseguraban aquellos por medio de travesaños colocados á diferentes alturas. Sobre los durmientes que descansan en las cabezas de los pilotes y de una á otra pila van las carreras reforzadas con sopandas y tornapuntas y por fin las viguetas y entablonado del piso.

Esta sencillisima disposicion que se ha seguido en muchos puentes modernos presenta la suficiente solidez para tramos hasta de treinta y seis á cuarenta pies, y permite dar al puente la anchura que se desea ó exija el servicio á que este destinado.

Los estribos de los puentes de madera deberán ser de fabrica pero las pilas intermedias unas veces son de filas de estacas y otras de silleria, mamposteria ó ladrillo, que suben hasta el arranque de las maderas ó bien hasta el mismo piso del puente, disponiendose tambien en algunas ocasiones de manera que puedan servir en lo sucesivo para reemplazar los arcos de madera por otros de fabrica. Para calcular el espesor que deba darse á las pilas y estribos debe tenerse en cuenta el sistema que se adopte para combinar las maderas, pues podrá ser tal que no cause empuje alguno y solo deban aquellos sostener el peso de los tramos y cargas accidentales ó bien ocasionarán cierto empuje que naturalmente ha de influir en el espesor. En ambos casos debe conocerse el empuje que han de hacer las tierras sobre los estribos y cuya tendencia es á hacerlos resbalar ó girar sobre su base hacia el rio, y respecto á las pilas se las podra dividir en tres clases Primera Pilas sometidas unicamente á

la presión del piso del puente y cargas accidentales. Segunda Pilas sometidas á empujes laterales iguales y Tercera Pilas-estribos. La destrucción á que están fácilmente espuestos los tramos de madera y la necesidad frecuente de reparar algunas de sus piezas y aun de desarmar completamente un arco ó tramo hace preferible la elección de las pilas-estribos para este género de obras, pues si solo tuvieran el espesor mínimo que puede darse á la segunda clase en que solo se consideran presiones verticales producidas por el peso del puente y un esfuerzo horizontal igual á la diferencia de empujes ocasionada por las cargas accidentales que pueda haber en los dos tramos contiguos ó en uno solo cuando faltan un arco, se perdería el equilibrio de los empujes y la pila no podría resistir al que le produciría el arco inmediato.

Además de las consideraciones que he dicho deben tenerse presentes al establecimiento de un puente para fijar el número de sus arcos, no hay que olvidar otras esenciales cuando deba ser de madera. No basta en este caso que la sección de desembocadura sea suficiente para el paso de las aguas en las mayores avenidas, es preciso que el arranque del maderamen esté á una altura superior al nivel de aquellas, sin lo cual además de la enorme resistencia que tendría que oponer el sistema al choque de las aguas y cuerpos que trajese consigo, se alterarían las maderas por la alternativa de estar al agua y al aire. Aunque los tramos de madera se prestan en algunos casos á mayores aberturas que las bóvedas de fábrica y generalmente con menores sagitas también hay que tener en cuenta que las dificultades de las reparaciones aumentan también con la luz de los tramos, no debiendo olvidar por fin tanto para esta como para la elección del sistema de combinación de las maderas la naturaleza y dimensiones de las que haya disponibles para la obra.

Según la disposición que se dé á cada una de las piezas de madera que han de formar el puente y las funciones que tenga que ejercer así variarían *sus escuadrias*. Estas deberán calcularse con precisión valiéndose de los principios y fórmulas establecidas en cualquiera de los tratados de Mecánica aplicada á las construcciones, sin cuyo requisito es tan fácil cometer graves errores bien dando gruesos desmedidos e

innecesarios ó demasiado pequeños que pongan en peligro la estabilidad de la obra, no sirviendo de manera alguna para estos casos esa ciega practica que suele guiar en ciertas obras á los que se separan enteramente de los principios teóricos ignorando sin duda lo que Vitrubio dice en el capitulo 1º del libro 1º al tratar de La esencia de la Arquitectura.

Como llevo ya dicho anteriormente se ha generalizado la idea de Palladio en el puente de madera sobre el Brenta, para una infinidad contruidos en los tiempos modernos con algunas variaciones necesarias para reforzar mas y mas el sistema en arcos mayores que aquellos por medio de Sopandas, tornapuntas, riostras, travesaños, etc, etc. unos con pilas de silleria, otros con una fila de estacas, ó dos ó tres intimamente ligados entre si con traveseros cepos y dunas, tratando por fin siempre de arreglar un conjunto de piezas sugetas unas con otras por sus extremos y á veces en distintos puntos de su longitud de modo que el equilibrio de este sistema sea estable y por consiguiente invariable en figura. Para conseguir esta invariabilidad deben colocarse las piezas principales segun las lineas rectas que se tiren desde los puntos de apoyo á aquellos en que se ejercen los esfuerzos, pues asi estarán solicitadas tan solo en el sentido de su longitud y no tenderan á girar sobre los extremos en que esten ensambladas, contribuyendo ademas á la trabazon de las piezas de un maderamen cualquiera los cortes bien estendidos que se hacen en ellas para conseguir encajen exactamente ciertas porciones de las unas en las otras.

Son tantos y tan variados estos cortes como que dependen del número, posicion y figura de las piezas que concurren en cada punto de enlace, y tambien de la naturaleza y modo de obrar de las fuerzas á que tienen que estar sometidas. Entrar en un examen detallado de todos ellos seria escesivamente prolijo; su estudio es enteramente indispensable á todo Arquitecto como lo es tambien la Stereotomia, Perspectiva y ciertas aplicaciones de la Geometria descriptiva, de esa parte de las Matematicas que nos sirve para representar con la mayor exactitud los cuerpos cualesquiera que sea su figura y posicion en el espacio, bien

estén aislados bien en contacto con otros ó formando intersecciones entre sí ó con líneas ó con superficies. La Geometría descriptiva es en fin el lenguaje del Arquitecto, sin ella difícilmente puede concebir un proyecto y mucho menos expresarle á los demás con la debida claridad y precisión, viéndose también parado al llevarle á cabo si desconoce sus aplicaciones.

Al principio de este siglo se han construido en Alemania famosos puentes de madera que no es fácil se establezcan en nuestro país por aquel estilo por necesitarse maderas de grandes dimensiones. El que hizo Mr. Wiebehing sobre el Regnitz en mil ochocientos nueve es de un solo claro de doscientos veinte y seis pies luz: tiene únicamente tres cuchillos ó cerchones, los dos de los frentes del puente y otro en el centro, formados de cinco filas de gruesos maderos ensamblados á diente encorvados según la curvatura que se desee é íntimamente unidos entre sí por pernos y cinchos de hierro que evitan además se pierda al pandeo. La altura que forman estos cinco maderos puestos unos sobre otros es de más de siete pies, y á fin de poder renovar alguna pieza ó practicar las reparaciones que se necesiten, son dobles los cerchones de las cabezas, y el del centro está reforzado con tres hileras de piezas también curvas. Sobre esta cimbra curva trasmite su carga el piso del puente ligeramente inclinado desde el centro á los estribos por medio de gruesos maderos normales á aquella ensamblados á cepo y provistos de su herraje correspondiente, además de las riostras, puentes y tornapuntas que enlazan los de un cerchon con otro para fortalecer más el sistema y servir al mismo tiempo para sostenimiento del maderamen del piso.

Para esta disposición es indispensable de antemano doblar las maderas por medio del vapor en aparatos hechos á propósito como los que existen en los arsenales para dar luego á las diferentes piezas de los buques la curvatura que deben tener con mucha más economía que empleando la sierra y el hacha que tanta madera desperdician.

El mayor puente de madera que se ha construido es el de Filadelfia en los Estados Unidos de trescientos setenta pies de cuerda el solo arco

rebajado de que está formado. Llamenle el Coloso y su sistema es una imitación del aparejo de los arcos de sillería pues consta de dovelas formadas por armazones de madera muy bien dispuestos y con pocas ensambladuras pero con muchos tirantes, cinchos y pernos de hierro.

Los sistemas de armaduras introducidos por Philibert Delorme y el Coronel Emy han tenido naturalmente también una grande aplicación en la construcción de los puentes, bien sirviendo de tales ó como cimbras en los arcos de fábrica, y su uso indudablemente se extenderá más y más porque escaseando las maderas de grandes dimensiones es indispensable componerlas artificialmente, como se hace también ya con los mastiles y vergas de los buques según se ve detalladamente en una memoria publicada por M. Boucher, en mil ochocientos treinta y dos.

Philibert Delorme forma sus cerchones con tabloncillos planos y curvilíneos adaptados perfectamente en su superficie de manera que las juntas normales al arco correspondan al medio de los macizos y sujetándolos en seguida con pernos distribuidos con oportunidad. Para mantener cada cerchon en su posición respectiva coloca varios tirantes que los atraviesen fijándolos después con clavijas y cuñas, y es tal la disposición que resulta de este modo que los esfuerzos á que tienen que estar sometidas las piezas obran principalmente en el sentido longitudinal de las fibras, que es lo que debe siempre procurarse en las obras de madera.

El coronel Emy no emplea madera corta de seis á ocho pies como el anterior; maderos largos serrados en tablas delgadas y puestas las unas sobre las otras á la manera de los muelles de los carruages constituye la parte principal de su sistema; que se ha aplicado con muy buen éxito en diferentes obras públicas, si bien tiene el inconveniente como todos los demás puentes formados de cimbras de ensamblaje, de no prestarse á reparaciones parciales siendo preciso para renovar una tabla que se haya podrido, desarmar enteramente una porción de la cercha en que se encuentre.

M. Town ha imaginado en los Estados Unidos un nuevo sistema de puentes de madera que según la relación que hace M. Ponsin en su memoria sobre las obras públicas de aquel país consiste en establecer una red de cruces de Sⁿ Andrés a manera de celosía entre las carreras o vigas que sostienen el piso y las que forman el pasamanos a las que están sujetas sin ensamblaje alguno por medio de clavijas de hierro que evitan los malos efectos que produce la penetración de unas maderas en otras. Además de esta ventaja la acción de las cargas distribuida en gran número de puntos obra siempre en el sentido de las fibras; las pilas y estribos pueden reducirse al mínimo de su espesor por no resultar empuje alguno, la reparación de una pieza cualquiera se hace fácilmente y sin que se altere el sistema y por fin estando cubiertos como muchos de los puentes de Alemania se conservan mucho más las maderas que cuando están a la intemperie, ventajas todas muy marcadas y que harán apreciable la idea de Town cuando se recojan los datos suficientes para comparar la duración de sus puentes con los establecidos anteriormente por los demás sistemas.

Con todos estos antecedentes paso ya a dar una ligera reseña del materialismo de la construcción de estos puentes asunto tan extensamente tratado en varios autores y en especial en la otra que el Ingeniero Emmerly ha publicado sobre la construcción del puente de madera con pilas y estribos de mampostería ejecutado en Yury sobre el Sena obra que por sus muchos y minuciosos detalles es un verdadero Manual en este género.

Cuando las pilas son de madera se forman generalmente de gruesos pilotes azuchadas sus puntas y clavados convenientemente por medio de máquinas o martinets que suelen colocarse de diferentes modos, según las circunstancias locales, estableciéndolas sobre barcos anclados cuando lo exige la demasiada profundidad de las aguas. A esta fila de pilotes se une otra, que llega hasta la parte inferior del puente, de manera que proporcione la debida estabilidad por la parte empotrada en el terreno, sin que para alcanzar al piso del puente sean indispensables maderas de grandes dimensiones que en otro caso deberían emplearse, si

bien sería mucho más difícil atender á las reparaciones parciales, tan comunes y frecuentes en maderas, que están alternativamente espuestas al aire y al agua.

Si la naturaleza del terreno, que se conocerá por medio de la sonda y la mayor ó menor resistencia que esperimenten los pilotes al clavarse, exigiese establecer en vez de una sola fila de pilotes sumergidos, otra ú otras, no se debería dudar en ponerlas, aunque se aumente el coste, para evitar así un accidente funesto en la obra: mas si el terreno fuese tan firme que reusase los pilotes, la línea inferior de estos desaparecería, bastando entonces solo las de sostenimiento del puente que se encastrarían algo en el terreno, para evitar su movimiento, ó bien se sujetaría su pie por medio de un trozo de obra de fábrica ó escollera.

Cuando las pilas tengan que resistir al empuje de los tramos, debe haber por lo menos dos filas espaciadas entre sí convenientemente y unidas con traveseros, tornapuntas y demás piezas para formar un todo resistente.

Para evitar las corrosiones y remolinos suele cubrirse el lecho del río con escollera, enfaginados y á veces con un emparrillado de madera.

En los ríos que llevan sus aguas grandes témpanos de hielo ó arrastran piedras, árboles etc, se colocan á la parte superior del río y frente de las pilas unas especies de tajamares de pilotes, que eviten el choque de aquellas masas con el maderamen de la pila.

Para el establecimiento del maderamen sobre las pilas y estribos sirven los andamios suspendidos ó colocados sobre barcos anclados, colocándose por partes las piezas de cada cuchillo, escepto en los arcos á lo Philibert ó por el sistema del Coronel Emy, en cuyo caso se levantan en masa los cerchones por medio de cabestantes que pueden hallarse, bien sea sobre los puentes provisionales que se establezcan ó bien sobre barcos, balsas, etc.

No concluiré esta parte, sin manifestar las grandes ventajas que se consiguen de pintar perfectamente al oleo todas las maderas, pues no solo contribuye á su duracion, sino que proporciona una buena vista, si se combinan bien los tintes, devriendose renovar la pintura con la frecuencia que sea necesaria para que nunca falte esta capa, que disminuye considerablemente los perniciosos efectos de la humedad.

Cuando las pilas y estrivos sean de fabrica, se construiran por el mismo sistema, y teniendo á la vista cuantas consideraciones y precauciones se manifiestan al tratar de los puentes de fabrica.

De los Puentes Fijos de Hierro

Cuantos principios se indican para el establecimiento de los puentes en general y de los de fabrica en particular, deben tenerse presentes para los fijos de hierro.

La gran resistencia que como la piedra, presenta el hierro fundido á los esfuerzos que tienden á romperle por presion y la que tiene el hierro forjado para resistir como la madera á los que tienden á alargar sus fibras, son las bases en que se apoya la construccion de los arcos metalicos.

El hierro forjado no puede dar piezas de grandes dimensiones, tanto en su seccion transversal, como en su longitud, siendo necesario apelar á soldaduras que sobre ser dificiles y costosas alteran la homogenidad de la pieza. La fundicion por el contrario se presta muy bien á adquirir la figura mas conveniente y aproposito para el maximun de resistencia, pero tambien es dificil obtener piezas grandes bien fundidas, sin muchas dificultades y enormes gastos. Por esta razon el profesor que trate de establecer un puente de esta especie, debe combinar de tal manera las partes que deban ser de hierro fundido y las de hierro forjado, que sin necesidad de hacerlas de mayor dimension que las que comodamente se hallan en los talleres y fabricas, presenten por su habil colocacion la

mayor resistencia y duracion, componiendose de trozos enteramente semejantes, para que con la repeticion del trabajo, salgan aquellos con la exactitud y uniformidad que se requiere.

Una ligera descripcion de algunos de los puentes de esta clase, contruidos en el extranjero es en mi concepto, el mejor medio, para explicar los diferentes sistemas que pueden adoptarse.

El primer puente que se ha construido de hierro, es el de Coalbrook-Dale sobre el rio Severn en Inglaterra en el año de mil setecientos setenta y nueve; componese de un arco casi semicircular de unos treinta y dos pies de radio, que arranca sobre los macizos de fabrica que forman los estrivos de manera que la linea de las mayores avenidas solo llega hasta donde empieza el arco de hierro forjado; componese este en toda su anchura de cinco cerchones ó cuchillos metalicos unidos entresi por traveseros horizontales del mismo metal, y otros en diagonal, que fortifican el sistema. Otras dos porciones de arcos concentricos al anterior, y que desde los estrivos ban á terminar al piso del puente, constituyen y completan el armazon, pues estan unidos entre si por piezas tambien de hierro, dispuestas de trecho en trecho en direccion de los radios. Todo el puente esta cubierto por una moldura de hierro, que vuela algo sobre ambos frentes del arco, concluyendo con una barandilla de hierro fundido bastante elegante. El piso ó firme esta formado de una capa de arcilla y escoria de fragua.

En los puentes de Sunderland, Stains y Austerlitz se han formado unos armazones de hierro fundido en forma de dovelas, de manera que su altura esta compuesta de tres arcos concentricos rebajados con porciones de radios, que los unen intimamente ademas de los traveseros horizontales que ligan los dos frentes de cada dovela. Seis cuchillos, perfectamente iguales, forman todo el ancho del puente y sobre ellos descansa el piso por el centro, pues por los riñones se han colocado anillos circulares de hierro, que los rellenan, y por los que se transmite el peso del puente al arco, y con el objeto de disminuir los malos efectos de la trepidacion y del choque que causa el paso de los carruages y

transeuntes, hay establecido un entramado de madera, dispuesto de manera que proporcione la debida estabilidad.

Los puentes de hierro forjado sin nada de fundicion, no se han egecutado sino de corta estension, formandose de arcos de círculo divididos en dovelas, cuyos armazones cuadrilateros tienen para su inalterabilidad las correspondientes cruces de S. Andres por la parte interior.

M. Polonceau Ingeniero de Caminos en Francia ha dado un gran paso en los puentes fijos metalicos, con el que ha construido de fundicion en Paris conocido por el puente de Carrousel, pues si bien ya se habia anunciado por algunos la utilidad de emplear tubos huecos de fundicion, para disminuir el peso de los armazones de las dovelas de hierro, no se habia pensado, ni menos puesto en practica la substitucion de estos armazones por grandes tubos huecos de seccion eliptica, como él lo ha verificado. Los tres arcos, de que consta el puente tienen de luz cada uno mas de doscientos cuarenta pies con una sagita de diez y ocho pies y están formados de cinco cuchillos, compuestos cada uno de una gran cimbra hueca de seccion eliptica dividida en once piezas cuyo ege mayor de treinta y dos pulgadas es vertical y horizontal el menor de diez y ocho. Para unir la parte inferior de maderamen del piso con el trasdos del arco metalico, colocó anillos circulares tangentes á ambos, unidos invariablemente entre si y disminuyendo sus diametros desde los estrivos y pilas al centro de los arcos. Algunos tirantes de hierro horizontales y otros en diagonal aseguran completamente unos cuchillos con otros dando la necesaria estabilidad á este puente, que es uno de los mas lindos en su genero.

La disposicion mas conveniente de cada una de las piezas, y las dimensiones que deban tener, se deducen sin dificultad, haciendo ensayos de la resistencia del hierro que se haya de emplear, y aplicando en seguida las formulas que nos suministra la Mecanica.

Las pilas y estribos en esta clase de puentes deben ser de fabrica, pues la oxidación y aun la descomposición interna que parece sufrir la fundicion, cuando esta mucho tiempo en el agua, son inconvenientes, que unidos por otra parte al exceso de coste, hacen que se deseche para aquel objeto.

Algunos autores, al mismo tiempo que aplauden la ingeniosa invencion de estos puentes, se oponen á su establecimiento, aunque en algunos paises presenten ventajas de economia; por no considerarlos con la solidez necesaria en esta clase de monumentos, que deben perpetuarse, si es posible. En mi concepto, aun no es tiempo de fijar definitivamente esta cuestion: es preciso para ello, que pasen bastantes años para que las observaciones que se hagan con esactitud y sin espíritu de partido, puedan tenerse en cuenta, al mismo tiempo que el coste primitivo, el de conservacion, la mayor ó menor dificultad al construirlo y las demas circunstancias que deben figurar en esta importante cuestion.

Puentes Colgantes

Los puentes colgantes mas antiguos que nos refiere la historia son los que hacian de bejuco los Americanos en las Indias Occidentales y los de la China y del Indostan en que segun manifiesta Reunel existen aun muchos y uno de mas de seiscientos pies. En Europa no hace todavia treinta años que se empezaron á establecer pudiendo asegurarse que á pesar de haber transcurrido tan corto tiempo han experimentado mejoras é innovaciones utilisimas, hasta el caso de haber ya algunos que llaman justamente la atencion de los inteligentes por su atrevimiento, ligereza y elegancia.

La principal ventaja que presentan los puentes colgantes, la que por mas que los opositores á este sistema no pueden negar ni remplazar comodamente por otro, es la de poder construirlos sin necesidad de apoyos ó pilas intermedias aunque la anchura del rio ó barranco sea de

trescientos, seiscientos y aun mil pies, desapareciendo así completamente una de las mayores dificultades que hay en la construcción de los puentes de piedra, madera ó hierro sobre rios en que las aguas corren con una velocidad espantosa capaz de socavar y destruir cuanto se le oponga á su libre curso ó sobre barrancos de una profundidad considerable en que seria casi imposible el establecimiento de las pilas. Por otra parte como estos puentes pueden hacerse tan altos como se quiera la navegacion queda espedita y sin necesidad de tocar la arboladura de los barcos que no es corta ventaja si el rio es navegable.

El principio fundamental en que estriba la construcción de estas obras consiste en la propiedad que tiene un poligono funicular, una curva catenaria ó parabolica en equilibrio de transformar las presiones verticales en tensiones longitudinales siempre que las diferentes articulaciones ó ensambles tengan la suficiente fuerza para resistir á aquellas. De aqui el empleo de cuerdas ó maromas de esparto y cañamo, las cadenas de eslabones de hierro y los cables de alambres. Este metal, generalmente de los mas abundantes y baratos, tiene la propiedad cuando esta forjado de resistir mucho mas á la traccion que á la compresion y por eso su grande y util aplicacion á estas obras bien sea en forma de cadenas ó construyendo cables con alambres, dejando el uso de las cuerdas de cañamo para los puentes provisionales y militares.

Demuestrase en Mecanica que la rigidez de un poligono funicular es tanto mayor cuanto lo es la relacion de la sagita á la luz, y sino se atendiese mas que á este principio convendria aumentar indefinidamente la flecha: pero por una parte aumentando esta aumenta la longitud de la cuerda y por otra son mucho mayores las oscilaciones tanto en el sentido vertical como en el horizontal que deben evitarse en lo posible por lo perjudiciales que son para el puente. La relacion que mas comunmente se emplea es la de $1/10$ de la luz del arco ó sea $1/5$ de la semianchura.

En los primeros puentes colgantes, los mas rusticos, el entramado del piso descansaba directamente sobre las curvas catenarias de manera que se tenia que bajar hasta el centro del arco y luego subir para salir por el

otro extremo, á cuya incomodidad se agregaba el inconveniente de que transmitiéndose directamente á las cadenas de mas presion las percusiones y vibraciones ocasionadas por el transito comprometian su estabilidad y duracion. En el dia un viaducto ó puente colgante se compone de dos ó mas catenarias sugetas por sus extremos en las margenes y de las cuales cuelgan pendolas que sostienen el piso ó se apoya este en algunas columnas ó pilastrillas que descansan sobre las cadenas.

La naturaleza de las margenes no permite generalmente sugetar directamente á ellas las cadenas siendo necesaria la construccion de los pozos de amarre en que entran aquellas despues de haber pasado sobre unos pilares para cambiar de direccion. Si los extremos superiores de estos pilares y los que pudiera haber intermedios estuviesen en una misma horizontal la curva seria completa y simetrica respecto al punto mas bajo que estaria en el centro del tramo; á mas si uno de los pilares fuese mas corto que el otro el punto mas bajo de la catenaria se aproximaria á el, y coincidiria cuando la sagita fuese igual al desnivel que hubiese entre ambos pilares.

Los apoyos intermedios ó sease las pilas pueden hacerse solo como tales ó como estribos: en el primer caso solo se atenderia á la presion que ocasionase el puente, mas como las cargas accidentales rompen el equilibrio de la tension haciendo mayor la de los cables ó cadenas á cuyo lado gravitan es indispensable tener en cuenta esta circunstancia, lo que no seria necesario si la pila fuese pila-estribo por que entonces por si podria resistir perfectamente a toda la tension en su maximum de efecto.

El número de tramos, la disposicion de estas pilas y de las curvas catenarias depende de una infinidad de circunstancias locales y economicas que debe el Arquitecto pesar con mucho pulso examinando y comparando cuantas sean posibles y resuelvan el problema para elegir luego de entre ellas la que presente mayores ventajas, y entrar en

seguida á calcular las dimensiones de las diferentes partes atendiendo al objeto á que estan destinadas.

Este calculo se hace con la mayor sencillez teniendo á la vista las formulas que presentan los autores que han escrito sobre el particular como M.Seguín, M. Navier, Dⁿ Celestino del Pielago y otros que ha recopilado con mucho acierto y utilidad el Ingeniero Le-Moyne en un tratadito que ha publicado en mil ochocientos veinte y cinco sobre los calculos para averiguar el coste y dimensiones de las partes que constituyen los puentes colgantes.

El peso del puente y de las cargas accidentales debe ser el primer dato pues que de él depende esencialmente la tension que experimenten las cadenas, y se conocera cubicando las diferentes partes del puente que se multiplicarán por las respectivas gravedades especificas, así como la mayor carga sera la que resulte de suponer lleno de gente el piso del puente ó sea en un peso de ciento cuarenta libras por cada cuatro pies cuadrados.

Calculada la maxima tension de toda la curva facil es determinar el grueso ó seccion que deberan tener los cables así como el macizo del fiador cuyo peso debe ser bastante mayor que la tension para la debida solidez ya que no sea posible hacerlos de una sola pieza.

Como por ensayos anteriores se debe conocer la resistencia á la tension de una barra ó alambre de hierro de una seccion dada facil nos es tambien averiguar la que correspondera á cada pendola cuando sabemos el número de ellas que ha de sostener el puente y conocemos el peso de este y el de las cargas accidentales.

Ademas de estos cálculos deben hacerse tambien los de las demas partes del puente para saber así positivamente que si hay peligro por las dimensiones dadas, ni son estas tan escesivas que graven sin utilidad el presupuesto de la obra, circunstancia que no debe olvidar nunca el

Facultativo pues á veces es causa de que no se lleve á efecto irrogandose los perjuicios consiguientes a su falta.

Dada una ligera idea de la teoria de estos puentes paso á dar algunos detalles sobre su construccion. En los de Cadenas formanse estas unas veces de barras cuadradas de hierro aisladas, otras de barras redondas ó de seccion rectangular, algunas veces de anillos ó eslabones oblongos y tambien se suelen emplear barras pareadas de dos en dos adaptadas la una sobre la otra: la forma de los anillos se altera con facilidad especialmente en los cambios de direccion sino se intercala entre ellos unos dados de hierro fundido que mantenga constantemente la distancia de los dos lados del eslabón. Las barras de seccion rectangular puestas de canto no tienen este inconveniente y presentan ademas la ventaja de poderlas abugerear en frio con un sacabocados no necesitandose por lo tanto caldearlas para hacer las argollas que han de unir sus extremos con las barras inmediatas por medio de pequeños anillos oblongos en los que entran gruesos pernos de hierro con cabezas obaladas por un lado y sugetos con tuercas por el otro.

La pendolas suelen ser barillas de hierro forjado de seccion circular cuyo extremo superior esta fijo con un péño á la cadena y el inferior sostiene las cabezas de los maderos traveseros del piso ó de los cerchónes de hierro que suelen remplazarlos con muy buen exito. A fin de que puedan obrar todas las pendolas deben disponerse sus extremos inferiores con una rosca y tuerca de manera que pueda aumentarse ó disminuirse su longitud.

La porcion de cadena, que descansa sobre los soportes de los pilares está formada de pedazos de barras curvas que formen el cambio de dirección, empleandose algunas veces con este objeto cadenas flexibles formadas de eslabones pequeños. De todos modos unense estas á las cadenas de retencion que deben ser mucho mas fuertes y que están sugetas solidamente en el estribo ó pozo de amarre si bien con un mecanismo tal que puedan aflojarse ó estirarlas cuando lo exigiere el estado de tension de las cadenas.

Cuando en vez de cadenas se emplean cables de hierro se construyen estos comunmente de alambres que se disponen entre si como si se construyese una maroma de cañamo ó mejor aun formando un haz del número de alambres de que haya de constar y á los cuales se les sujeta por medio de ligaduras de alambre cocido de tres á cuatro pulgadas de largo y espaciadas de dos á tres pies. Con el obgeto de que todos los alambres de que consta el manojo contribuyan igualmente á sostener el peso del puente no deben hacerse las ligaduras, hasta despues que fuera de la obra se haga afectar á aquellos la curva, que ha de formar puesto en obra el Cable.

Las pendolas pueden ser de hierro forjado como las que he descrito ó bien de alambres con tal de que en la parte inferior ó superior puedan tener movimiento para que no quede ninguna sin egercer el esfuerzo que le corresponde.

El número de cables ó cadenas de que ha de constar un puente varia segun las circunstancias; cuando por cada lado deba tener dos ó mas pueden disponerse de modo que se proyecten verticalmente segun una sola curva, ó varias de distinta de distinta sagita procurando que por entre ellas pasen las pendolas que irán unas veces en direccion vertical y otras oblicua.

Calculado de antemano lo que ha de bajar el centro del puente deberá darse una curvatura ó sagita en este punto tal que no quede nunca horizontal y si con una suave pendiente longitudinal que permita facilmente la salida de las aguas del entablonado del piso.

La suspension del puente no debe empezarse de manera alguna, hasta tanto que las obras de fabrica no esten perfectamente consolidadas en especial las de los pozos de amarra y entonces si los cables ó cadenas no fueran de un peso considerable se colocarían pasando uno de sus extremos de una orilla á otra del rio subiendolos encima de los pilares por medio de tornos hasta hacerlos tomar la sagita que se haya

calculado: si el peso de las cadenas ó cables fuese demasiado grande tendria mas cuenta establecer un puente provisional de poco coste, formado de cuerdas de cañamo ó esparto y cuyo piso que podia ser movable constituiria el andamiage.

Puestas las cadenas se colocan facilmente por ellas mismas las pendolas y se fijan todas las partes del piso del puente, siendo digno de llamar la atencion los minuciosos detalles que sobre este particular refieren las obras publicadas por los varios profesores que han dirigido este genero de puentes.

Muchas son las cuestiones que se han suscitado al comparar los puentes de cadenas con los de alambre introducidos por el distinguido Ingeniero M. Seguin y los partidarios de ambos sistemas alegan sus razones en pro y en contra siendo en mi concepto mucho mayores las de este y por lo tanto preferible en igualdad de circunstancias. En efecto: primero siendo de alambre se obtiene una economia de bastante consideracion, pues segun asegura el Ingeniero Lebran el ahorro que resultaria en un puente en que se empleasen cuatromil quintales de alambre seria tal que despues de veinte y tres años produciria capitalizando los intereses una suma suficiente para volver á renovar enteramente todo el sistema de suspension quedando ademas un capital mayor que el economizado. Segundo: Ha habido y es mas facil que haya roturas en las cadenas que en los cables, bien sea al tiempo de probar los eslabones, al tiempo de probar las cadenas ó al tiempo de probar el puente.

Tercero. La fuerza del hierro en barras es menor bajo un peso determinado que la del alambre.

Cuarto: Es mas dificil hacer pruebas parciales en las cadenas sin alterar el hierro, mientras que pudiendose hacer facilmente con cada alambre y con los cables sin que pierda su elasticidad, al tiempo de ponerlos en obra tienen las circunstancias que se desea y que no reunen las cadenas cuyo hierro puede haberse alterado.

Quinto: La mayor facilidad en el manejo de los cables y su colocacion en obra.

Sesto :La conservacion ó entretenimiento de los cables es mas facil que en las cadenas, por que en estas es imposible introducir en las articulaciones la pintura al oleo que evita la humedad y por lo tanto la oxidacion mientras que en los cables puede formarse con mas facilidad una capa exterior impermeable que liberte de la humedad á los alambres.

De los Puentes de Fabrica

Si los puentes por su escesivo coste deben ser permanentes y duraderos, si por medio de estos monumentos de interes general ha de permanecer un hecho heroico ó sublime es preciso procurar construirlos con todo conocimiento y con los materiales mas apropósito sin cuyos requisitos no será larga su duracion. Las mayores obras de esta clase y de los demas ramos de la Arquitectura que nos legaron los antiguos muchas de las que aun se conservan en muy buen estado eran de fabrica de silleria, que es sin duda alguna el material mas a propósito para la construcciones por su riqueza, resistencia, facilidad en adquirir distintas formas, por no alterarla ni el agua, ni los yelos, ni el calor cuando es de buena calidad, prestandose por fin á la intima union de unas piezas con otras para formar un todo lo mas compactado y homogéneo posible.

Por todas estas razones confirmadas ya por la esperiencia de muchos siglos no decaerá nunca la construccion de los puentes de Silleria por mas adelantos que se hagan en los puentes colgantes, en los de madera y hierro, y sean aplicados oportunamente y con preferencia á los primeros en muchas circunstancias.

Las partes principales que constituyen el puente son primero los cimientos, segundo pilas y estribos, tercero las bovedas, cuarto coronación y piso, de las cuales paso a tratar por separado.

Cimientos

Los cimientos al mismo tiempo que son la parte mas esencial de la obra, son á veces la mas costosa y casi siempre la mas dificil de construir y en la que el profesor debe poner el mayor esmero por ser casi incorregibles en lo sucesivo los defectos que se cometen en la fundacion. Esta debe ser tal que pueda resistir perfectamente y sin ceder no solo á los esfuerzos permanentes de la precision y empujes sino á los producidos por la corriente y los cuerpos que arrastre en sus avenidas. Si la naturaleza del suelo no se prestase á ello por carecer de la consistencia necesaria es indispensable conseguirla artificialmente, pero aun apareciendo terreno firme se debe estar seguro que mas abajo de aquel no hay otro flojo ó existe alguna cavidad que con el tiempo resienta la obra, como sucedió en Paris con los muros de la Iglesia de Val-de-Grace, que aunque cimentados en firme se hundieron porque á algunas varas de profundidad habia un gran hueco de una cantera que debio ser explotada algunos siglos antes.

Pocas veces podrá abrirse en seco las zanjas para los cimientos y será preciso entonces ó ver de variar el curso de las aguas por otro punto ó aislar el espacio que áquellas hayan de ocupar por medio de ataguías que permitan hacer la escavacion con alguna comodidad auxiliados con algunas bombas para achicar el recinto que se vaya formando y en que naturalmente entrará alguna agua por el fondo á los costados. Hecha la zanja dos ó tres pies mas honda que la superficie del terreno firme se procederá á rellenarla de gruesa mamposteria con mortero hidraulico cuidando de macerarla suficientemente y de rellenar con ripio cuantos huecos formen las piedras, a no ser que se quiera remplazar la mamposteria con un buen hormigon hecho de grava ó piedra menuda y de mortero tambien hidraulico, cuyo resultado es asi mismo muy bueno por conseguirse un cimiento solido é incompresible.

Si el terreno no fuese suficientemente solido se estableceria un pilotage espaciado convenientemente coronado con un buen emparrillado de madera sobre el que se empezaria á sentar la obra de fabrica.

Por poco que se reflexione sobre este modo de fundar con ataguías que es el que mas generalmente se ha empleado y con muy corta practica que se tenga en las construcciones hidraulicas se nota facilmente lo pesado y costoso que es este sistema y lo inseguro en muchas ocasiones pues el mas leve descuido en la construccion de las ataguías ó la existencia de filtraciones y manantiales copiosos hace penosísimo el desagüe por muchas bombas que se empleen retrasando considerablemente unos trabajos que deben hacerse con la mayor actividad en las aguas bajas.

Tambien suelen fundarse las pilas y estribos sobre escollera de bastante talud cuyo pie queda sugetado con pilotes, otras veces se establece un pilotage rodeado de tablestacas, se rellenan las cuadrículas con mamposteria ú hormigon hidraulico hasta enrasar las cabezas que pueden llegar un pie mas bajo de las menores aguas y de alli empieza ya la obra. Fundase tambien con cajones mucho mas perfeccionados que los que se emplearon por la primera vez en el puente de Westminster y recientemente en los puentes de Roma y Burdeos y cuyo medio tambien ha servido en algunas esclusas de navegacion, en otras de limpia y aun tambien para los muelles de los puertos como el de Tolon en Francia y el del Grao de Valencia en nuestro pais. Los cajones son de madera; su fondo horizontal y sus paredes verticales estan formadas de maderos perfectamente ensamblados y calafateados y dispuestas aquellas de manera que puedan levantarse y sacarse desu lugar cuando ya no sean necesarias. Construyense estos armazones á las orillas del rio, colocandolos luego en los sitios que corresponda haber pila ó estribo y cuyo fondo (si es que no va el cajon sobre pilotage) se habrá procurado limpiar con dragas para dejarlo horizontal tirando los barrenos necesarios en el caso de que el fondo fuese un banco de piedra inclinado que no permitiese buen asiento. Asi que está lastrado y enteramente sumergido se empiezan los agotamientos y la construccion de la mamposteria, si bien algunos autores aconsejan dejar flotando el cajon que se irá sumergiendo por el peso de la fabrica, sistema qué si bien merma los agotamientos y no exige tanta resistencia en las paredes del cajon espone el maderamen á cuantas variaciones haya en el regimen de

las aguas y lo que es peor puede perderse é inutilizarse toda la mamposteria si cuando se sumerge no sienta bien en el fondo, lo cual puede corregirse facilmente si se coloca vacio y se lastra.

Para evitar la corrosion en los cimientos de los puentes no basta solamente encajonarlos en una fila de pilotes y tablestacas, es utilisimo ademas y muchas veces indispensable formar entre las pilas un radier ó rastrillo general que haga inalterable el fondo. Estos se construyen de varios modos segun las circunstancias y las localidades; unas veces estan formados de escollera de grandes bloques colocados con cierto orden, otras se establecen con faginas, algunas se forman con pilotage y emparrillado cuyas cuadrículas se rellenan de piedra en seco ó mamposteria, y hacense tambien por fin de hormigon, mamposteria y aun de Silleria.

Cuanto he tenido ocasion de establecer en los puentes, pontones y alcantarillas que he construido en la carretera de las Cabrillas se han hecho de gruesas piedras en seco bien maceadas y ripiados los huecos y contenidas ademas á la entrada y salida del puente con cadenas de mamposteria con cal dispuestas en arcos convexos á la direccion de la corriente.

Para el trazado de los cimientos de un puente se empieza por marcar las dos lineas principales, que son, el eje del puente y el del rio. Señalase el primero por medio de pilotes clavados á ambos margenes, asi como el segundo por otros dos establecidos en medio del cauce cuya anchura se habra medido exactisimamente; bien sea por los medios trigonometricos ó por cualquiera otro. El mismo sistema de pilotes se empleará para fijar las paralelas á los ejes que marcarán las dimensiones, teniendo cuidado de trazar sobre un punto fijo e invariable todas las cuotas de las alturas de las diferentes partes para obtener luego la mayor exactitud tirando por estos puntos lineas horizontales.

De las pilas y estribos

Fijado en el proyecto de un puente el número de arcos de que ha de constar y la forma de estos, se determinará el espesor que deban tener las pilas y estribos; estos deberán resistir al empuje de los arcos que tenderá á hacerlos resbalar sobre su base ó girar sobre su arista inferior siempre que se considere formando una sola masa. El empuje de las tierras debe tenerse muy en cuenta, pues si el puente fuese de demasiada altura podría tal vez aquel exceder al empuje del arco y mal podría resistir si su espesor solo se hubiese calculado en este concepto.

Respecto al espesor de las pilas variará segun las funciones que deban desempeñar: si se quiere, que resistan al empuje de los arcos deberá ser aquel el mismo que para los estribos, mas si las pilas solo hubieran de soportar los pesos de las cargas fijas y moviles y resistir la diferencia de empujes de los dos arcos laterales en el momento en que uno de ellos esta cargado accidentalmente, es evidente que las dimensiones deberán ser mucho menores.

El primer sistema, no se emplea generalmente, escepto en los puentes de muchos arcos en que se suele establecer alguna pila-estribo en el intermedio; pudiendose asi economizar el establecimiento de todas las cimbras á la vez lo que seria indispensable si los apoyos fueren solo pilas.

El no emplearse las pilas-estribos, no solo ocasiona una gran economia de materiales, sino que contribuye generalmente á la solidez de los puentes disminuyendo por el menor espesor de las pilas, las causas que producen las socabaciones y remolinos que ocasionan la ruina de estas obras. De aqui, el haberse empleado en los puentes modernos, esas pilas tan ligeras, como atrevidas, que sorprenden verdaderamente al que las contempla, cuando no tiene conocimientos en la materia.

La construcción de las pilas y estribos exige sumo cuidado, excelentes materiales y una unión íntima con las bóvedas que deben sostener. Siendo muy conveniente también, darles más ensanche en su parte inferior como se practica generalmente por medio de las gradas de las primeras hiladas que se establecen sobre los cimientos.

Los frentes, de las pilas se defienden del choque de los cuerpos, que pueda arrastrar la corriente, por medio de las partes avanzadas que se llaman tajamares. Muy varia ha sido la figura, que se les ha dado consistiendo en los puentes antiguos en prismas de base triangular cuyo triángulo isósceles unas veces era rectilíneo y otras mistilíneo, componiéndose de dos arcos de círculo, cuyo radio, era el espesor de la pila que formaba la base. En la actualidad se prefiere la figura semicircular; no solo, por la mayor resistencia que presenta al choque de los cuerpos, sino porque es muy propia, para cortar las aguas de la corriente.

La altura de los tajamares debe siempre ser mayor que la de las grandes avenidas, coronándose su parte superior con molduras sencillas terminadas por un semicírculo muy aplastado, al que se da el nombre de sombrerete.

En algunos puentes monumentales y en otros ricamente decorados las pilas las formaban columnas empotradas que á veces llegaban hasta la imposta del puente.

En cuanto á los estribos debe procurarse que su planta no perjudique de manera alguna al libre curso de las aguas; y por esta razón suelen establecerse unas medias pilas, que se unen á los muros de ala, que fortifican y resguardan las márgenes al mismo tiempo, que dirigen suavemente las aguas.

Inútil es decir, que la mejor fábrica para las pilas y estribos, es la formada de sillaría, mas su excesivo coste en general hace que se economice en muchas ocasiones reduciéndola solo á los paramentos y

aun á veces unicamente a los zocalos, aristones y tajamares, haciendo el resto del paramento de ladrillo, mamposteria concertada ú ordinaria segun los casos. La solidez y duracion en cualquiera de estos sistemas, depende esencialmente del esmero con que se agecuten sin faltar en nada á los buenos principios de construccion.

Los muros en ala, pueden tener su paramento vertical ó con un ligero talud para su mayor resistencia, haciendose tambien cuando lo exigen las circunstancias de superficies ganchas llamadas paraboloides sin que en ninguno de los casos pueda ocurrir la menor dificultad en la construccion, estableciendo con conocimiento los reglones que hayan de servir de directrices.

De las Bovedas

Entre la infinidad de superficies, que pueden formar el intrados de una boveda, se ha elegido generalmente para los puentes, aquellas que ademas de ser mas propias para el objeto á que estan destinadas, reunen la sencillez de su generacion y proporcionan mas facilidad y esactitud en el corte de las piedras. Las bovedas cilindricas reunen estas ventajas y mucho mas si la curva directriz es circular y de aqui su uso tan comun para los puentes desde los primeros que se construyeron de fabrica. Si el puente es recto las generatrices rectilineas del cilindro son perpendiculares al plano de la curva directriz, de manera que los lechos que pasarán por ellas y por normales á esta, serán tambien normales á la superficie, que es lo que debe procurarse en todas ocasiones y puede conseguirse haciendo aplicacion del problema general de Geometria descriptiva de trazar una superficie normal á otra en una linea de esta. A si es que, en la actualidad se aparejan ya perfectamente los arcos oblicuos, sin resultar angulos agudos, ni el inconveniente que antes se presentaba en la trasmision de las presiones y empuges.

Los arcos pues que se usan mas comunmente como Directrices de las superficies de los puentes son la semicircunferencia, el arco gótico ó

apuntado, el escarzano, el adintelado y el elíptico que suele remplazarse por el carpanel. El profesor al tiempo de hacer el proyecto eligirá de entre ellos, el que sea mas adecuado segun las circunstancias locales, la altura que deba tener el puente y demas, pudiendo tambien ensanchar la seccion de paso de las aguas á la entrada y salida del puente por medio de los Cuernos de baca que tan oportunamente dispuso el celebre Perronnet en el de Neully.

Fijada ya la curva directriz y teniendo los demas datos necesarios se calculará el espesor de la clave, los empujes del arco, el espesor de los estribos, las presiones que sufren las dovelas y cuanto tienda en fin á asegurar el buen exito del proyecto, para no necesitar luego que se está seguro de la exactitud de las dimensiones señaladas, que atender esclusivamente á la parte material de las construcciones.

Debiendo ser los lechos y planos de junta perpendiculares entre si y al intrados de la boveda se dividirá esta, segun sus dos lineas de curvatura unicas que en toda superficie pueden satisfacer aquellas condiciones. Cuando es cilindrica y recta, la generatriz rectilinea y el arco, son las lineas de curvatura, siendo muy sencilla por consiguiente la forma de las dovelas, cuyas plantillas, que deverán ser de hierro, se sacaran al hacer la monte de la boveda sobre un plano á proposito para el objeto, y que sino le hay se prepara en el suelo con mamposteria enlucida con una capa muy lisa de yeso para poder trazar las lineas con facilidad y precision. Si la boveda fuese algo oblicua aun podria construirse como si fuera recta mas si la inclinacion fuese de veinte y cuatro a veinte y siete grados se trazarán los lechos de la cabeza segun planos normales á la curva del frente los cuales se prolongan hasta que encuentren á los correspondientes de la boveda recta.

En algunos puentes se han cortado los lechos de muchas dovelas parte segun el plano normal al intrados y parte segun el plano horizontal de la hilada, formando lo que se llama saltacaballo, que si bien no ofrece inconveniente cerca de los arranques, es muy facil se rompan en

las dovelas mas separadas, sobre todo cuando la boveda tiene que aguantar grandes cargas.

Para la construccion de las bovedas se emplean cimbras compuestas de varios cerchones de madera espaciados entresi segun el peso que tienen que aguantar, los cuales estan terminados por una curva paralela al intrados y distante de él de seis á diez pulgadas, en cuyo intervalo se colocan de una cercha á otra viguetas de canto y sobre ellas van cargando las hiladas de dovelas, no debiendose olvidar de poner antes cuñas de madera para el asiento asi como entre las viguetas y las cerchas. Suelen apoyarse las cimbras sobre los machones en canes salientes que se dejan al efecto, sobre los que se establecen una ó dos filas de soleras, si bien en algunos puentes se ven aun los mechinales que se hicieron para en ellos empotrar pedazos de madera que sirvieran de canes ó bien descansar directamente los puentes de la cimbra. En mi concepto lo mas comodo es el empleo de postes de madera arrimados a los machones, medio que con muy buen exito he empleado en cuantas obras de esta clase he construido.

Descansando cada hilada de dovelas sobre una vigueta horizontal apoyada en las cerchas ejercerá sobre ellas en el sentido de las juntas un cierto esfuerzo que deberá calcularse para cada punto á fin de dar á las piezas todas las dimensiones que exija la resistencia que tienen que vencer asi como estudiarse su disposicion para que no se altere mientras se cierra la boveda, no debiendo por lo tanto estar aquellas solicitadas por fuerzas que tiendan á hacerlas girar sobre las uniones y ensambles.

Si la cimbra tiene sus puntos de apoyo al pie de los estrivos se dispone de manera que la presion normal de las dovelas que actua sobre la vigueta se descomponga en dos, una en el sentido de la tornapunta que desde la misma irá á parar al apoyo y que por lo tanto quedará destruida y la otra en el sentido horizontal del puente que une dicha vigueta con su simetrica al otro lado que á su vez tendrá otra componente horizontal destruyendose ambas. Esto mismo sucederá respecto á las demas

viguetas y el equilibrio subsistirá en el sistema colocando las hiladas por ambos lados á la vez.

Para consolidar mas y mas las tornapuntas y puentes que constituyen la cimbra suelen ponerse algunas manguetas que las enlazan.

Cuando la cimbra tiene puntos de apoyo entre los pilares las presiones son trasmitidas á estos por puntales colocados en la misma direccion que ellas obran, y á fin de que no puedan doblarse se colocan algunas riostras.

En el puente de Waterloo de ciento veinte pies de luz iban de cada vigueta á los puntos de apoyo dos tornapuntas, en las que obraba toda la presion destruyendose completamente en aquellos, y por cuyo medio se consigue un equilibrio estable, no estando la cimbra solicitada á cambiar de figura aun cuando se sienten mas dovelas de un lado que de otro.

Las cimbras á la Pitot aunque no son tan buenas como las que se acaban de describir se usan sin embargo con bastante buen exito en los arcos de medio punto, elipticos y carpaneles y se establecen del siguiente modo. Tiradas las tangentes horizontal y verticales en el centro de la clave y arranques, se hace pasar por las intersecciones rectas normales á la curva y en los puntos en que lo sean se dispone el puente sostenido sus extremos por tornapuntas que descansan en las soleras que hay á la altura de los arranques ademas de otras colocadas hacia el tercio del puente y que sostienen al mismo tiempo la sopanda que le refuerza. Sobre el puente hay cuatro pares é igual número de piezas curvas sobre que descansan las viguetas, cuyo conjunto se halla fortificado ademas con manguetas.

Las cimbras de Perronet son mas faciles de cambiar de figura, consistiendo en cerchones de varias carreras de piezas que forman porciones de poligono, cuyos angulos corresponden cada uno al centro de los lados inmediatos estando todos enlazados entre si por manguetas

normales al intrados, en las cuales se ensamblan los extremos de las piezas.

Cuando las bóvedas son de hormigón es conveniente hacer la cimbra con cerchones ligeros sobre los que se boltea una chuerda de ladrillo simple, ó doble ó triple según la luz y sagita de la bóveda; estas chuerdas tienen mucha resistencia y se dejan generalmente muchos años logrando así que el hormigón, que debiera ser hidráulico, se consolide perfectamente.

Cuando la bóveda es de ladrillo se le da el nombre de rosca y podrá ser de uno ó más ladrillos de espesor; su construcción debe ser muy esmerada y á fin de que el grueso del tendel sea constante es muy conveniente hacer los moldes de los adobes á propósito en forma de cuñas, sistema que va introduciéndose ya para ciertas obras como pozos, arcos pequeños, etc y que debe generalizarse pues como se ve claramente resultan grandes ventajas para la solidez.

En muchas ocasiones se hacen de sillería las boquillas de las bóvedas y el resto de ladrillo ó sillarejos, fabrica que bien construida es sumamente sólida y produce grandes economías.

Para fijar la posición de cada dovela deberán calcularse y señalarse las coordenadas de la arista del trasdós referidas á dos ejes rectangulares colocados en ambos frentes el uno horizontal y el otro vertical á no ser que se pueda por medio de un cintel establecer la inclinación de cada lecho en cuyo caso se hará el asiento con mucha facilidad puesto que sobre la cimbra estarán marcadas las aristas del intrados.

Cuando las cimbras no ofrezcan una completa seguridad respecto á variar de forma es conveniente dejar algo mayores las juntas hacia los sitios en que deben comprimirse en el asiento de la bóveda y estrecharlas más en donde deban abrirse, poniendo además algunos pequeños calzos de madera de pino para que no se desportillen las aristas al tocarse.

Algunos autores aconsejan se proceda á descimbrar el arco tan luego se haya cerrado con el objeto de que los morteros no adquieran consistencia hasta que la boveda haya tomado por el asiento la figura en que ha de quedar despues de la construccion. Este metodo produce mas asiento que el seguido por otros constructores de dejar puesta la cimbra muchos meses hasta que se haya endurecido el mortero y puesto que ninguno de los dos ha tenido mal resultado lo mas prudente es tomar un termino medio y ni bien descimbrar el arco al cerrarle ni tardar tampoco muchos meses.

De todos modos esta operacion se debe de hacer muy despacio y con cuidado para evitar los choques y movimientos bruscos y que la masa entera de la boveda adquiera alguna velocidad que podria romper algunas dovelas. Empiezase por ambos lados desde los salmeres hacia la clave á quitar las cuñas y viguetas, lo cual se logra con facilidad hasta los riñones pero desde alli ya es necesario un escoplo para verificarlo pues hacia la clave oprime fuertemente la boveda á la cimbra.

Los senos de los arcos que iran á terminar al trasdos se hacen comunmente de mamposteria cubriendo en seguida todo con una capa de dos ó tres pulgadas de espesor de buen mortero hidraulico perfectamente mezclado y batido con ripio menudo el cual se pone por tongaditas delgadas que se trabajan bien de palustre para que no quede ninguna grieta cubriendo con paja toda la superficie cuando está concluida esta operacion para conseguir se sequen lentamente. Por este medio se consigue no penetren las aguas que filtrarán del camino y se introducirían en los lechos y juntas de las dovelas.

Estas terminarán en los frentes en las hiladas horizontales de los timpanos sin prolongarlos hasta encontrar la imposta como se observa en algunos puentes con muy mal efecto, debiendose tener tanto mas cuidado en esto cuanto que en ello estriba principalmente la decoracion de estos edificios que repelen en general los adornos y molduras delicadas siendo su principal caracter la solidez. En los puentes que se construyan en

despoblado la decoracion debera ser aun mas sencilla y severa que en los que establecen á las inmediaciones ó en el interior de las poblaciones, y siempre las molduras de las cornisas deben ser pocas y bien pronunciadas.

Coronanse los puentes con una baranda ó pretil que deberá ser de silleria en los que se hagan de esta fabrica ó de ladrillo ó manposteria con albardilla de silleria cuando entra aquel genero de construccion en el puente. De todos modos su altura no deberá esceder de cuatro á cuatro y medio pies con un espesor de pie y medio procurando por medio de los cortes que se den á las juntas verticales asegurar los sillares unos con otros para impedir los vuelquen y tiren al rio ó barranco.

Tanto la imposta como los pretiles no se deberan sentar en obra hasta despues del descimbramiento para no esponerse á que se desportillen los vivos y aristas cuando verifique su asiento el arco: mas si deberan hacerse antes de aquel los terraplenes y afirmado, cuidando de no establecer este encima mismo del trasdos del centro del arco porque las percusiones de los carruages trasmitidas directamente le serian perjudiciales, por lo que se procurará que haya una capa de tierra intermedia de un pie lo menos de espesor que proporcione la debida elasticidad.

En cuanto al firme se construirá por el mismo sistema de piedra machacada que se verifica en los caminos y cuyos buenos resultados ha acreditado ya la esperiencia, cuidando de dar salida á las aguas que caigan sobre su superficie por medio de canelones que se establecen de varios modos segun el gusto del que dirige la obra.

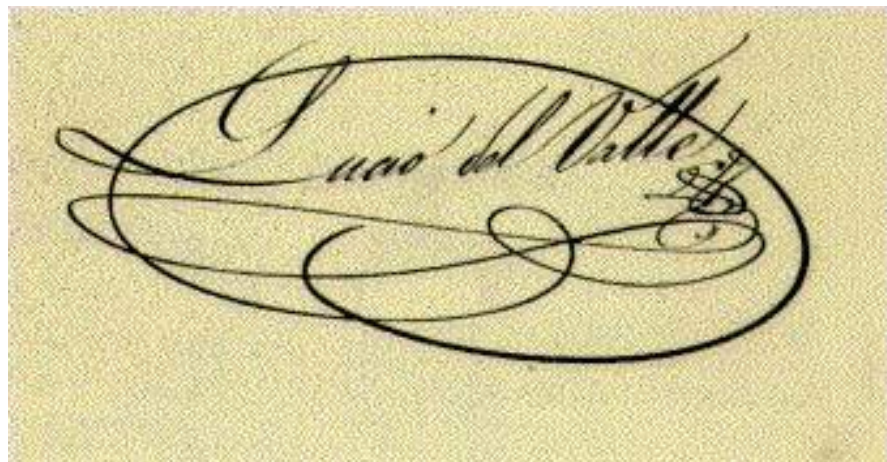
La anchura de los puentes entre los pretiles varia segun la concurrencia que haya en el lugar en que este situado. En los que se construyen en las carreteras lejos de grandes poblaciones se les suele dar veinte y cuatro pies en vez de los treinta y seis que tienen aquellas, con lo que se economiza mucha en la boveda: uniendo este retiro con el camino por medio de unos recodos unas veces en angulo recto, otras con

porciones de circulo, formando á veces plazas circulares, ovaladas, etc.. que contribuyen, estando bien dispuestas, a hacer mas grandiosa la obra, y dar mucho mayor desahogo al puente. Finalmente deben resguardarse los angulos de estos recodos por medio de guardaruedas de piedra que varian tambien mucho de forma pero que generalmente suelen ser cilindros ó conos truncados.

Si el puente esta á la inmediacion ó en el interior de una poblacion de importancia ademas de ser mas ancho es muy conveniente que tenga andenes á ambos lados para la gente de á pie dejando el centro para los carruages y caballerias.

No concluiré estos ligeros apuntes sin repetir á la ilustrada corporacion á que me dirijo lo dificil que es recopilar en pocas paginas lo que tantos autores celebres han escrito sobre el punto que he discutido; así es que me he limitado tan solo á los principios mas generales que deben tenerse presentes para el establecimiento, disposicion y construccion de los puentes.

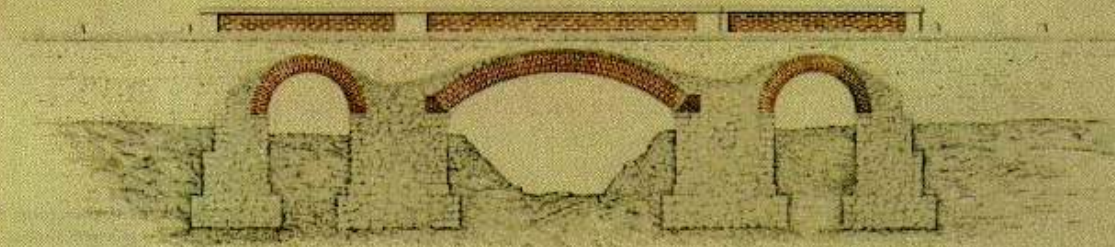
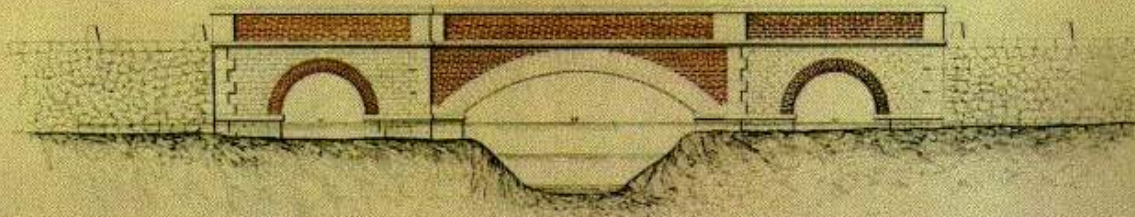
Valencia 1º de Diciembre de 1844

A handwritten signature in black ink on a light-colored, textured paper. The signature is written in a highly decorative, cursive script. The name 'Julio del Valle' is clearly legible in the center, with elaborate flourishes extending above and below the main text. The signature is enclosed within a large, oval-shaped loop.

PONTÓN

sobre
el río Cigüela.

1845



1845

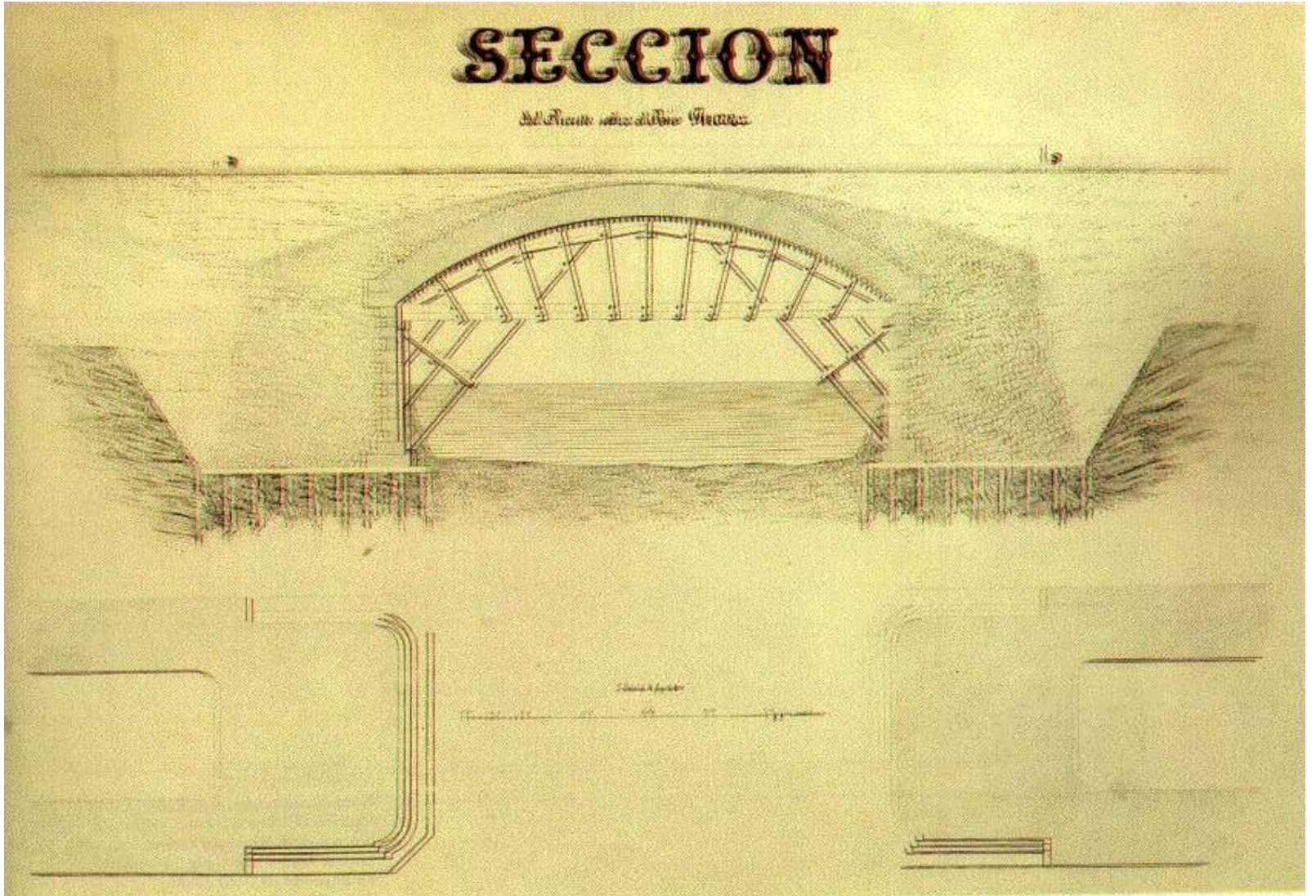
ALZADO, PLANTA Y SECCIÓN
LONGITUDINAL

Pontón sobre el río Cigüela. Carretera de Valencia
por las Cabrillas. Proyecto desde Requena a Salices.
Madrid, 1845.

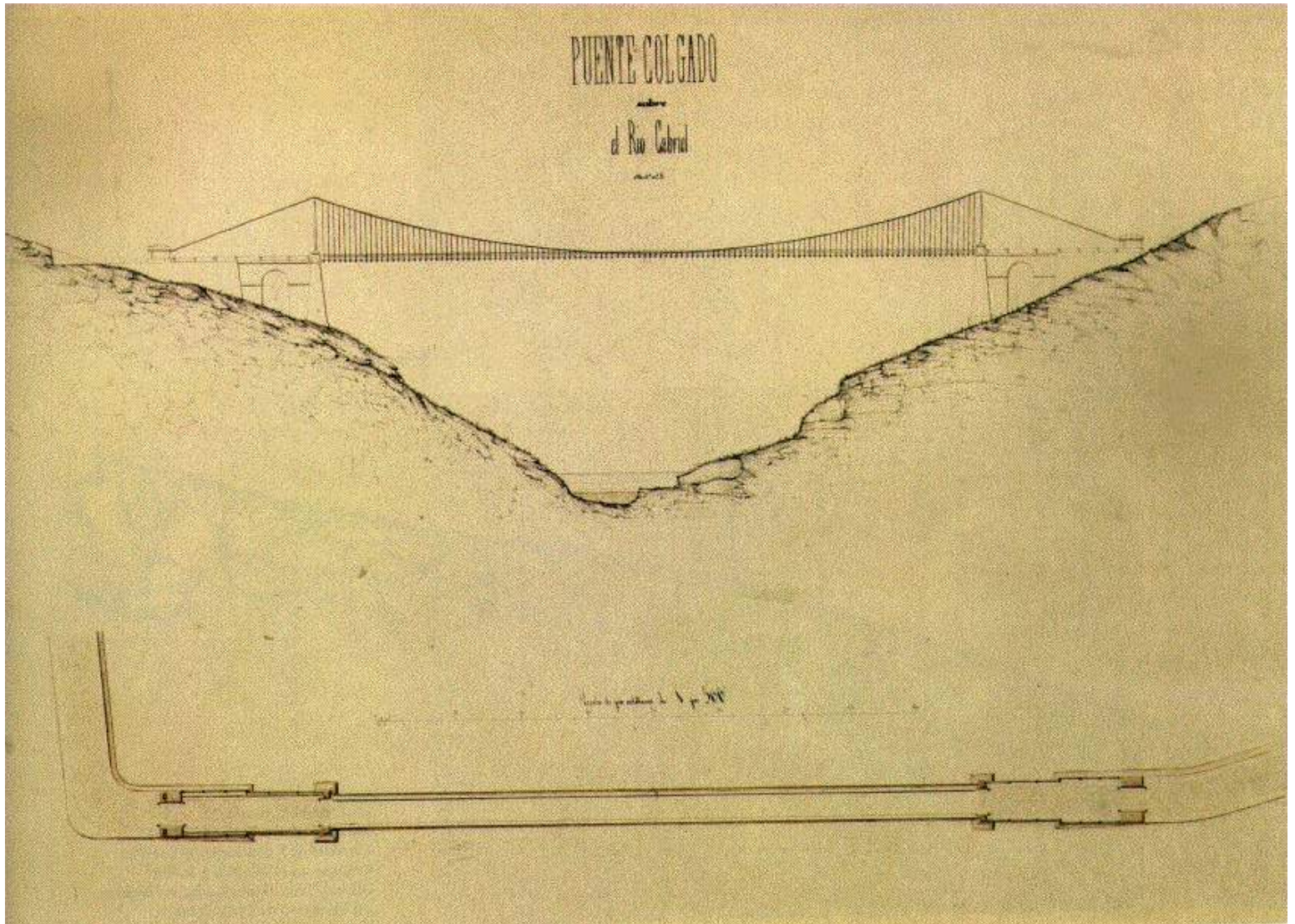
Tomo I. pág. 52. Archivo del Ministerio de
Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente.

SECCION

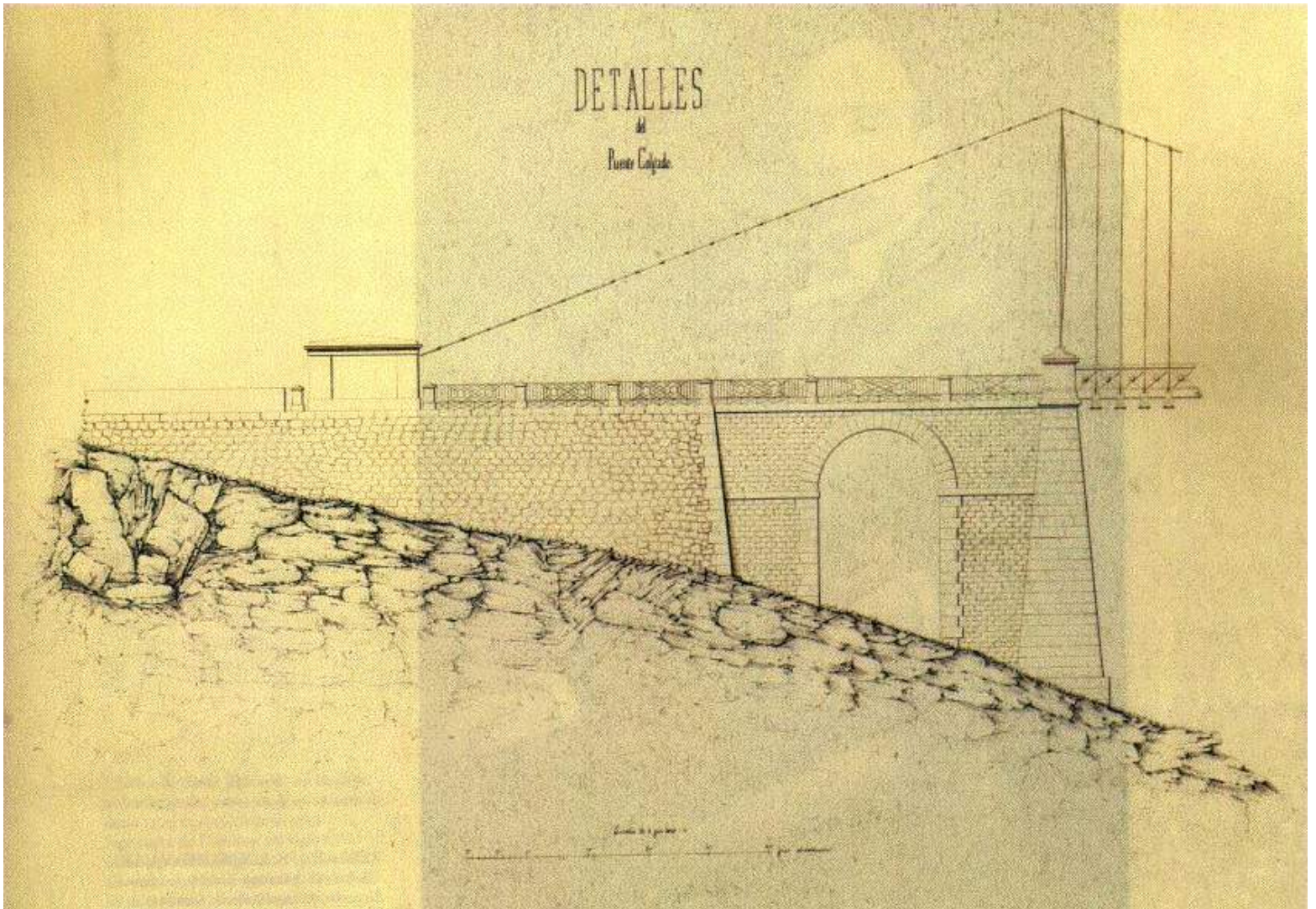
del Puente sobre el Rio Júcar



SECCIÓN
Puente sobre el río Júcar. Carretera de
Valencia por las Cabrillas. Proyecto desde
Requena a Saelices. Madrid, 1845.
Tomo I. pág. 49. Archivo del
Ministerio de Obras Públicas,
Transportes y Medio Ambiente.



ALZADO Y PLANTA
Puente Colgado sobre el río Cabriel.
Carretera de Valencia por las Cabrillas.
Proyecto desde Requena a Saclices.
Madrid, 1845. Tomo I. pág. 38. Archivo
del Ministerio de Obras Públicas,
Transportes y Medio Ambiente.



DETALLES
Puente Colgado sobre el río Cabriel.
Carretera de Valencia por las Cabrillas.
Proyecto desde Requena a Saelices.
Madrid, 1845. Tomo I. pág. 39. Archivo
del Ministerio de Obras Públicas,
Transportes y Medio Ambiente.



RETRATO DE LUCIO DEL VALLE
Oleo de G.Maureta. Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de
Madrid.

Biografía

Lucio del Valle fue sin duda uno de los ingenieros más brillantes y polifacéticos del pasado siglo. Curiosamente hoy apenas se recuerda un personaje que, en contra de lo habitual, vivió en vida reconocida su valía.

Pocas huellas quedan de su vida privada: nació en Madrid en 1815, supuestamente hijo de un funcionario; se casó cumplidos ya los cuarenta años con Da Luisa de la Vega Inclán y Palma y murió el **17** de julio de 1874, a los 59 años, víctima de dolencias reumáticas que padecía desde muy temprana edad. Esta escasez de datos personales contrasta con la profusión de datos profesionales y académicos que nos descubre su historial¹.

Recibió una educación muy completa: estudió filosofía, química, botánica, geografía, lenguas y matemáticas, disciplina en la que destacó pronto, siendo nombrado profesor por la Inspección General de Instrucción Pública cuando apenas contaba **16** años.

Posteriormente estudió arquitectura e ingeniería de caminos, llegando a ser director de ambas escuelas e incluso siendo nombrado miembro de honor de la Academia de Bellas Artes de San Fernando. Su condición de matemático brillante tuvo también su reconocimiento al ser elegido en 1859 miembro de número de la Academia de Ciencias, Exactas y Naturales, en su sección de Exactas.

1. Fernando Sáenz Ridruejo, sin duda su mejor biógrafo, reúne un gran número de datos en el capítulo 5 de su obra *Ingenieros de Caminos del siglo XIX*, editada por el Colegio de Ingenieros de Caminos en 1990 y que constituye el nº 32 de la Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería.

Centró su actividad profesional principalmente en su faceta de ingeniero de caminos, si bien su formación de arquitecto y matemático impregnó todos sus proyectos. Fue el protagonista indiscutible de tres de las más importantes realizaciones de la ingeniería española del XIX: el camino de Valencia, el abastecimiento de Madrid y la torre metálica del faro de Buda.

En 1840, apenas acabada la carrera, fue destinado al distrito de Valencia, como subalterno primero y como ingeniero jefe más tarde. En el distrito, la obra más importante, que acababa de ser emprendida, era el camino de Valencia, o carretera de Las Cabrillas, como se la llamaba entonces. Las obras habían comenzado, pero aún quedaba por proyectar gran parte del trazado, primer trabajo que afrontó el joven ingeniero. Esta empresa, que le obligaba a cabalgar diariamente muchos kilómetros para su supervisión, fue sin duda la que le formó como ingeniero constructor. En ella empleó presidiarios, lo que era práctica habitual en la ejecución de obras públicas desde hacía varios siglos, logrando de ellos unos resultados notablemente superiores a los usuales al poner en práctica con gran éxito sus propias ideas sobre utilización de los penados en la ejecución de obras de fábrica²

En el trazado del camino, la obra que presentó más dificultades y que tuvo que proyectar con mayor dedicación, dándole a la postre más satisfacciones, fue sin duda el puente sobre el río Cabriel, en las cuevas de Contreras. Su aplomo al enfrentarse a la obra es una clara muestra de su talante:

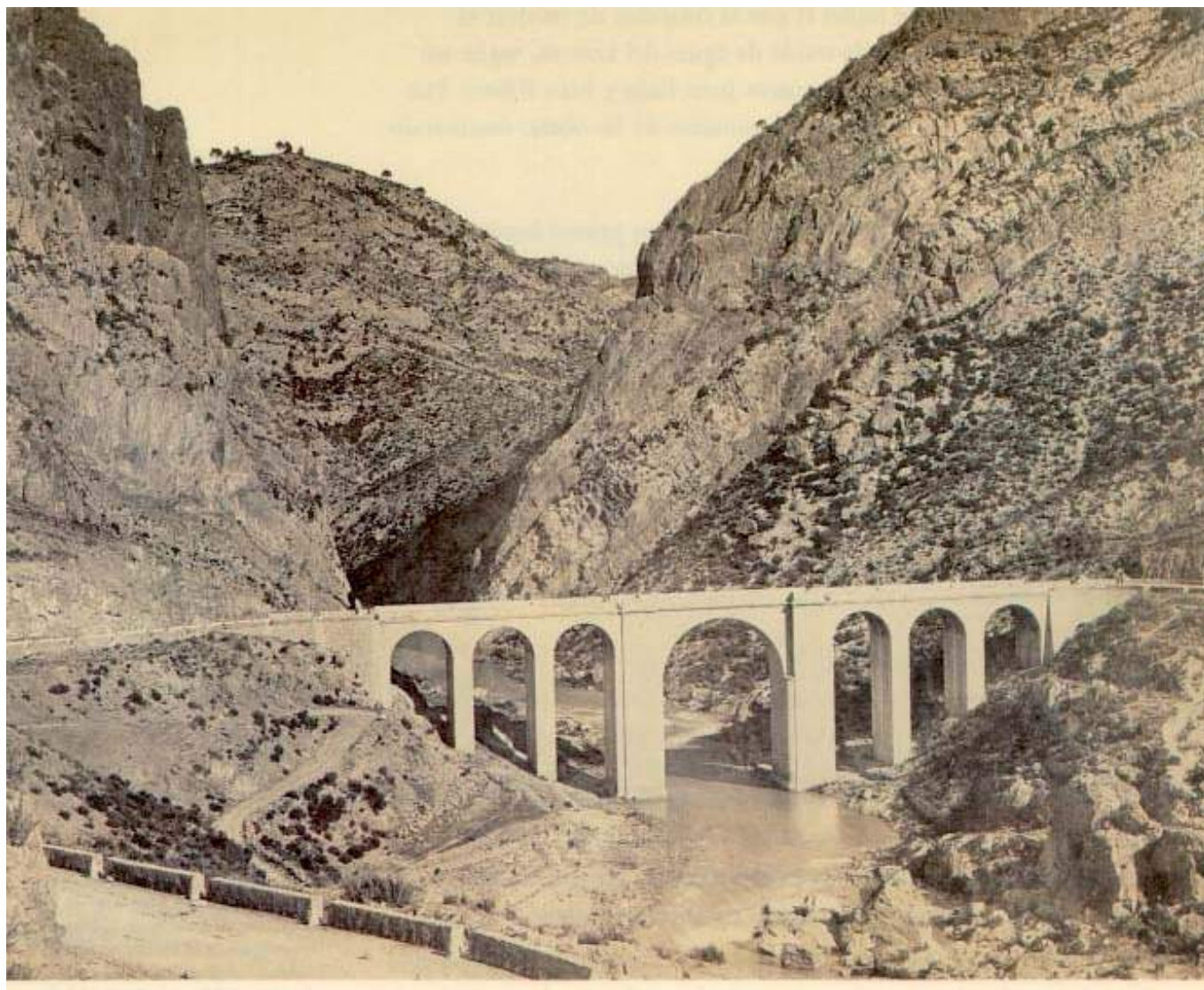
“Pasaré: bajaré en carruaje, al galope, sin llanta en las ruedas y volveré a *subir cómodamente*”³

Del reto salió tan airoso que fue considerado como modelo de proyecto y ejecución durante mucho tiempo⁴.

2. Ideas que plasmó en el “Reglamento especial para los presidios de obras públicas”, que redactó en 1843 y fue aprobado dándole carácter general.

3. Rodríguez e Intilini, Vicente, “Necrología del Excmo e Ilmo St. D. Lucio del Valle”, Revista de Obras Públicas, Madrid, 1 de noviembre de 1874, pág. 244.

4. Es significativo el cambio de actitud frente al paisaje y la obra civil en los últimos tiempos. Eduardo Echegaray, en una conferencia-homenaje a Lucio del Valle que pronunció en el Ateneo en 1886, hablando sobre dicho puente opina: “tal vez el que hoy recorra la carretera de las Cabrillas, diga que no está en armonía lo agreste del país y lo delicado de la obra”. Echegaray, E., “D. Lucio del Valle. El arte del ingeniero y el cultivo de las matemáticas en España”, Ateneo Científico, Literario y Artístico de Madrid, La España del siglo XIX. Colección de Conferencias Históricas, curso de 1885-86. Tomo II, Madrid, 1886, págs. 189.215.



PUENTE DE CABRIEL EN 1867
 Archivo de la Biblioteca Nacional.

En los diez años que permaneció en Valencia, Lucio del Valle se configuró como uno de los ingenieros más notables del momento. En opinión de Fernando Sáenz Ridruejo, el mejor:

“allí se formó como ingeniero y allí cimentó su fama de constructor. Cuando llegó, en 1841, era un joven que prometía; cuando en 1851, regresó a la Corte era el más sólido valor de su Cuerpo”.⁵

⁵ Sáenz Ridruejo, F., op. Cit., pág. 129.

En 1851 se creó el Canal de Isabel II con la finalidad de resolver el abastecimiento de Madrid con la traída de aguas del Lozoya, según un anteproyecto redactado por los ingenieros Juan Rafo y Juan Ribera. Fue nombrado José García Otero director facultativo de las obras, destinando a Lucio del Valle el puesto de subdirector.

Incorporado en su nuevo cargo, Valle se encargó en primer lugar de la redacción del proyecto definitivo, dirigiendo un equipo formado por Juan Ribera, Eugenio Barrón y Constantino de Ardanaz. Al equipo se incorporó más tarde José Morer, quien fue responsable del proyecto de distribución urbana.

De las obras, la que Valle emprendió con más entusiasmo, pero mayores problemas planteó, fue la presa de toma, el Pontón de la Oliva que, desde el comienzo de su construcción, se vió afectada por continuas filtraciones en el macizo calizo de cimentación y lecho del vaso ⁶. Para su ejecución, trasladó el presidio de la carretera de Cabrillas, construyendo una caserna en las inmediaciones del Pontón ⁷.

A finales de 1855 Lucio del Valle fue nombrado director del Canal, sucediendo a García Otero, tras la muerte de este último.

El 24 de junio de 1858, vencidas todas las dificultades, fue inaugurado solemnemente el abastecimiento de Madrid. Como agradecimiento a la labor de Lucio del Valle, la Reina le impuso la cruz y la banda de Carlos III, a la par que le envió una emotiva carta autógrafa:

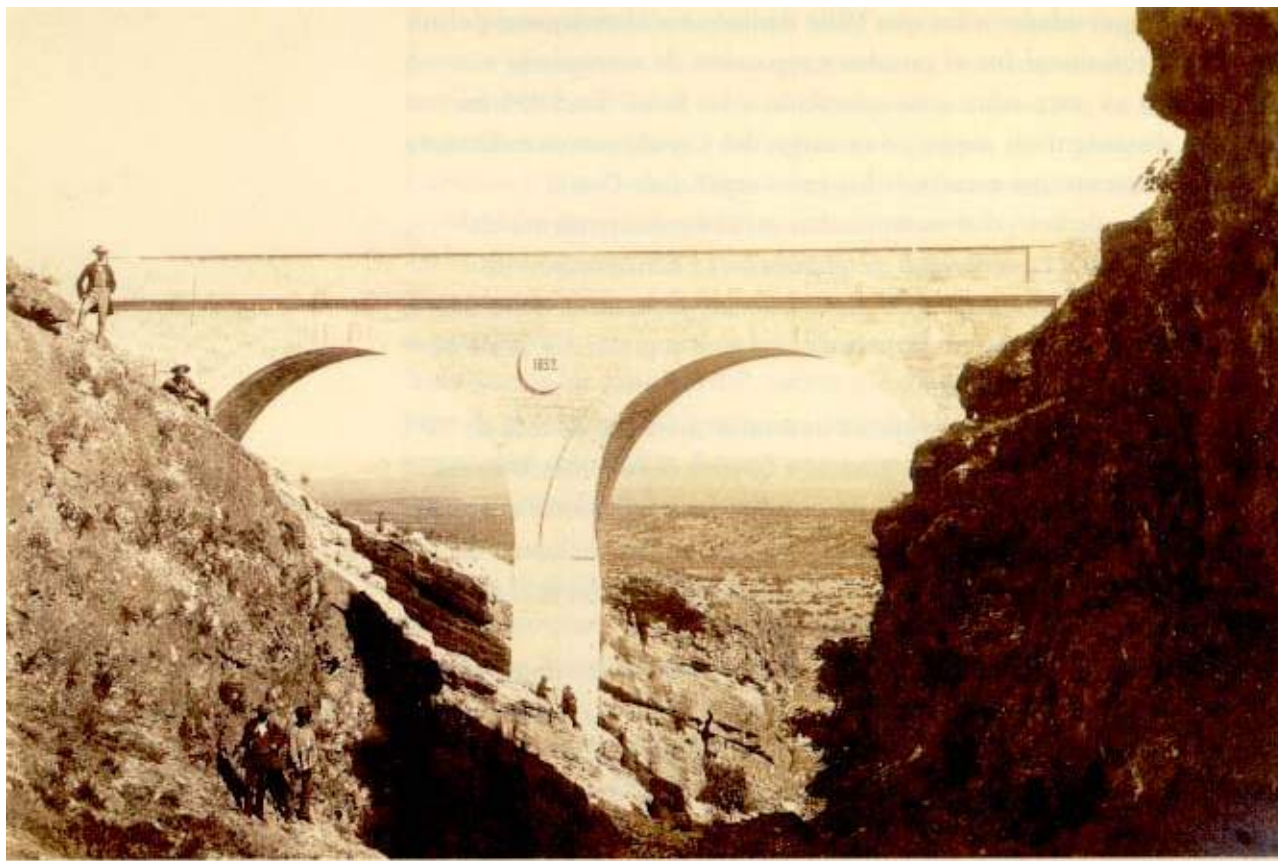
“Valle: si Carlos III viviera colocaría en tu pecho la Orden que instituyó para premiar la virtud y el mérito. A su nieta cabe la satisfacción de ponértela y la de apreciar tu talento a tu Reina. Isabel. 24 de Junio de 1858” ⁸.

El Canal de Isabel II, con sus mas de 70 km de longitud, venciendo terrenos de topografía tan adversa que exigió numerosos túneles y obras de fábrica, construído con grandes dificultades climatológicas, sanitarias, económicas e incluso políticas, fue realizado con una gran calidad, tanto de proyecto como de construcción, por lo que puede considerarse como una obra ejemplar.

⁶ Todos los intentos de atajarlas fueron infructuosos, abandonándola finalmente para construir una nueva presa: El Villar. Esta decisión fue tomada unos años después de que Lucio del Valle dejara el Canal.

⁷ Se originó un debate previo sobre la conveniencia de utilizar presidiarios en las obras del Canal. Tras exponer Valle sus razones en un artículo publicado en el 1er ejemplar de la Revista de Obras Públicas, " Aplicación de los presidiarios a las obras públicas". editado el de mayo de 1853, fueron adoptados los penados , que demostraron una gran competencia en los trabajos.

⁸ Es extraño que Lucio del Valle, autor del proyecto y director de las obras , fuera olvidado por el Canal de Isabel II en la reseña histórica del abastecimiento incluida en la memoria conmemorativa del centenario de l Canal, publicada junto con la memoria de los años 1946-50.



ACUEDUCTO DE LAS CUEVAS
Fotografía de Clifford. Archivo de la
Biblioteca Nacional.

Echegaray, en sus “Recuerdos”, alaba la brillantez y elegancia de las soluciones adoptadas por Valle, en las que al ingeniero se suma el arquitecto. En particular, le impresionó el acueducto de Las Cuevas:

...” y aquel acueducto de Las Cuevas que yo ví construir y que casi ví proyectar es el non plus ultra de la sencillez y de la elegancia... No es un

puente, no es un acueducto; es una palmera de piedra, de tronco ligerísimo y elevado, con las palmas de una y otra parte desigualmente encorvadas, más erguidas las de aguas abajo, cediendo más a su propio peso las de aguas arriba. Y en toda la obra ni una moldura, ni un adorno, la belleza noble, pura y elegante de la línea... En el sobre de una carta la proyectó D. Lucio del Valle”⁹.

⁹ Echegaray, José, “Recuerdos”, Madrid Científico, año XIX, núm. 740 y ss, p. 677

Otra de las actividades a las que Valle dedicó una buena parte de su quehacer profesional fue al estudio y ejecución de estructuras metálicas, y en particular, a su aplicación a los faros. En 1855 fue relegado durante unos meses de su cargo del Canal, encomendándole el reconocimiento del estado de los faros españoles. Como consecuencia, detectó ciertas anomalías en el funcionamiento de algunos de ellos y la necesidad de plantearse la construcción de otros. Entre ellos, era urgente el alzado de tres faros en el delta del Ebro. El mismo se encargó de redactar los proyectos de los faros de Buda, La Baña y El Fangar.

Para la isla de Buda, Valle proyecta una torre metálica de más de 50 m de altura que fue en su inauguración (1864) el faro más alto del mundo en su tipología y motivo de orgullo de la ingeniería española del siglo XIX. Estuvo en funcionamiento hasta la Nochebuena de 1961 en que se derumbó¹⁰. Desde 1869 y hasta su muerte, Lucio del Valle fue el presidente de la Comisión de Faros.

Por su valía como ingeniero, arquitecto, matemático y conocimiento de lenguas, así como por su seriedad y sentido crítico, le encomendaron diversas comisiones tanto en España como en el extranjero, e incluso acudieron a él para arbitrar en determinadas polémicas de la época, como fue el deslinde de competencias entre ingenieros y arquitectos, o la reforma de la Puerta del Sol, quizá el mejor exponente del Valle arquitecto¹¹.

En vida fue distinguido con prestigiosos nombramientos: Secretario de S.M., Consejero de Sanidad del Reino, Consejero Real de Inspección Pública..., y fue galardonado en varias ocasiones por sus méritos: Cruz de Caballero de la Real Orden Americana de Isabel la Católica, Comendador de la Orden de Carlos III, Cruz de Carlos III, Caballero de la Gran Cruz de la Orden Civil de M^a Victoria.

Los últimos años le dedicó, casi exclusivamente, a la Escuela de Caminos.

¹⁰ Sáenz Ridruejo, F., op. Cit., pág. 171

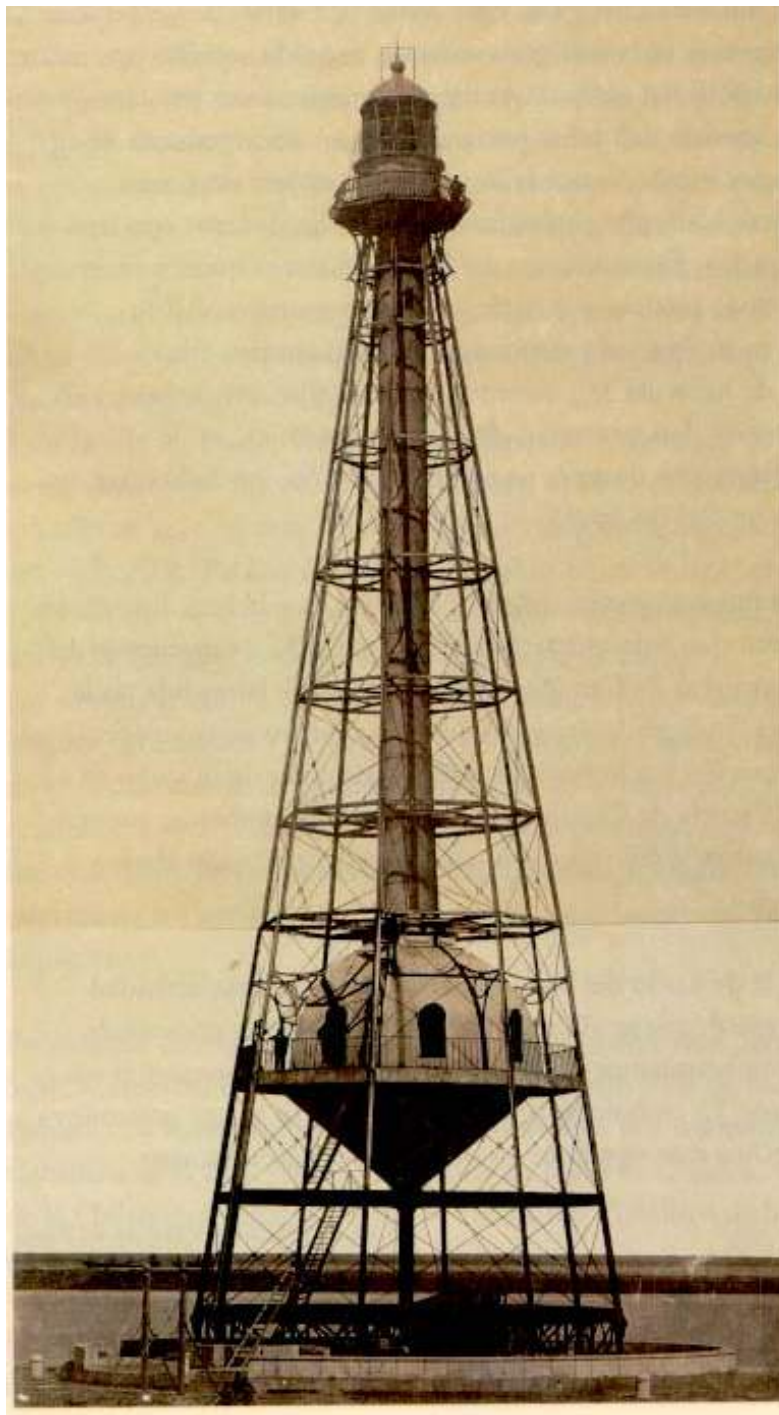
¹¹ En el número de la Revista de Obras Públicas en que se da la noticia de su muerte (1 de agosto de 1874), se hace referencia expresa a la polifacética labor desarrollada por Lucio del Valle, nombrando las entidades para las que prestaba sus servicios: "La Junta Consultiva de Caminos, nuestra Escuela, la Academia de Ciencias, la de San Fernando y el Consejo de Instrucción pública conservarán indeleble recuerdo de su saber, incansable actividad, inquebrantable rectitud y criterio tan eminentemente elevado, como práctico

En la personalidad de Lucio del Valle sobresalen varios rasgos: a una potente inteligencia unía una gran sensatez, acusado sentido práctico y una innata sensibilidad estética. Antepuso siempre a sus satisfacciones personales su sentido del deber hacia el Cuerpo de Ingenieros de Caminos y la sociedad. Nunca le asustó enfrentarse a un nuevo problema o actividad; por el contrario, asumía las órdenes con un envidiable espíritu. Esta sumisión no le impedía ser crítico y tener un gran sentido de la justicia por encima de los personajes. Así lo demostró ya en su época de estudiante, cuando encabezó la "sublevación de julio del 37", recién nombrado director de la escuela Juan de Subercase. Sus protestas, de índole académica, no le impidieron desarrollar después una buena relación con Subercase, que tuvo en Valle un fiel discípulo.

Cercana ya su muerte protagonizó otro episodio de rebelión. En 1871 se dictó un decreto que redujo drásticamente la plantilla de ingenieros del Cuerpo de Ingenieros de Caminos. A Lucio del Valle la medida no le afectaba, pero le indignó la situación del gran número de compañeros cesantes. Su reacción fue inmediata: pidió la dimisión de su cargo de director de la Escuela de Caminos, dimisión que fue aceptada, aunque pasados unos meses le convencieron para su reincorporación al año siguiente.

En conjunto, la de Lucio del Valle fué una vida de intensa actividad profesional y social, que se vió recompensada por el gran número de comisiones, nombramientos y reconocimientos que le dispensaron sus contemporáneos. La cronología que a continuación se recoge pretende recurrir los hechos más significativos de tan destacado ingeniero.

Rosario Martínez Vázquez de Parga
Ingeniera de Caminos



EL FARO DE BUDA
Fotografía de Martínez Sánchez. Archivo de la
Biblioteca Nacional.

Cronología

- 1815 - Nace en Madrid, el 2 de marzo.
- 1831 - Es nombrado profesor de matemáticas por la Inspección General de Instrucción Pública (15 octubre).
- 1832 - Inicia los estudios de arquitectura.
- 1834 - Interrumpe arquitectura para comenzar los estudios de ingeniero de caminos.
- 1836 - Recibe el encargo de explicar el 2º año de geometría descriptiva (1 noviembre).
- 1837 - Encabeza la rebelión estudiantil conocida como "sublevación de julio del 37". Es nombrado aspirante segundo, entrando a formar parte del Cuerpo de Ingenieros de Caminos y Canales (23 diciembre).
- 1838 - Es designado ayudante de Agustín de Marcoartú en el proyecto de la carretera de Zaragoza a Francia por Jaca (19 junio).
- 1839 - Termina los estudios en la Escuela de Caminos, Canales y Puertos, siendo el nº 2 de su promoción.
Es nombrado profesor de topografía y geodesia (12 diciembre).
Es ascendido a ingeniero ayudante segundo (17 diciembre).
- 1840 - Continúa los estudios de arquitectura.
Es recibido como arquitecto en la Academia de Nobles Artes de San Fernando (8 noviembre).
Es destinado como ingeniero subalterno al distrito de Valencia (5 diciembre).
- 1841 - Reemplaza a Elías Aquino en la carretera de Valencia (4 enero).
Es nombrado Ayudante 1º.
Representa al distrito de Valencia en un litigio sobre el Canal de Alicante (agosto).
Redacta el proyecto del puerto de Cullera.

- 1842 - Le es otorgada la Cruz de Caballero de la Real Orden Americana de Isabel la Católica, por su labor en la acequia de Murviedro (26 enero).
En otoño se abre al tráfico el tramo de la carretera de Valencia comprendido entre el Pontón de la Legua y la Venta de la Mina.
- 1843 - Redacta el "Reglamento especial para los presidios de obras públicas" (marzo).
Es nombrado académico de Honor de la Academia de San Carlos (mayo).
- 1845 - Es nombrado académico de mérito en la sección de arquitectura de la Academia de San Fernando (febrero).
Es nombrado miembro de la comisión formada para estudiar los formularios y los pliegos de condiciones que han de regir los proyectos de obras públicas (diciembre).
- 1847 - Se aprueba su proyecto de carretera de Valencia a Cullera (marzo).
Asciende a ingeniero jefe de 2ª clase (julio).
Es nombrado jefe interino del distrito de Valencia (agosto).
Inicia las obras del puente sobre el Júcar.
- 1849 - Publica las Reflexiones acerca del impuesto de portazgos.
Es nombrado "Secretario de S.M." (mayo).
- 1850 - Es nombrado académico de la de Bellas Artes de Valencia (marzo).
- 1851 - Es designado subdirector de las obras del Canal de Isabel II (16 julio). Se traslada a Madrid.
Presenta, junto con Ribera, Barrón y Ardanaz, parte del proyecto, con los planos de la presa del Pontón de la Oliva (15 septiembre).
- 1852 - Presenta el proyecto definitivo del trazado y obras de fábrica del Canal de Isabel II (25 abril).
Es nombrado Ingeniero Jefe de 1ª clase (septiembre).
Comienzan las obras del Canal.
- 1853 - Publica el artículo "Aplicación de los presidiarios a la obras públicas", en el nº1 de la Revista de Obras Públicas (mayo).
- 1854 - Es propuesto presidente de la comisión para el estudio del paso de la sierra de Guadarrama, en la línea del ferrocarril del Norte (puesto que ocupó finalmente José García Otero).

Es nombrado miembro de la comisión para redactar el reglamento de la Escuela de Caminos y Canales (septiembre).
Se paralizan las obras del Canal, por falta de fondos (diciembre).

- 1855 - Aumentan las filtraciones del Pontón de la Oliva.
Es relevado del cargo del Canal de Isabel II (11 febrero) y le encargan el reconocimiento de los faros de las costas españolas .
Es nombrado Comendador de la Orden de Carlos III (20 febrero).
Viaja a Lisboa para estudiar su abastecimiento de agua.
Viaja a París en comisión para contactar con los constructores de faros franceses (septiembre).
Es designado para formar parte de la comisión encargada de deslindar las atribuciones de ingenieros y arquitectos (14 septiembre).
Es nombrado Ingeniero Jefe del distrito de Madrid (2 noviembre).
Es nombrado director del Canal de Isabel II (17 diciembre).
- 1856 - Le conceden licencia para contraer matrimonio con D^a Luisa de la Vega Inclán Y Palma (2 enero).
Es designado miembro de la comisión formada para estudiar las reformas de la contabilidad de las obras públicas (16 febrero).
Se aprueba su reglamento para las escuelas prácticas de faros (8 julio).
Proyecta los acueductos de La Sima, La Retuerta y Colmenarejo, para el Canal de Isabel II (agosto).
Recibe el encargo, junto con Juan Ribera y José Morer, de redactar un proyecto de reforma de la Puerta del Sol.
Se inaugura el 1er tramo del Canal, que comprendía desde la presa de toma hasta el paso del río Guadalix (29 noviembre).
Es nombrado Consejero de Sanidad del Reino (12 diciembre).
- 1857 - Continúan las obras pendientes del Canal y de impermeabilización de la presa del Pontón de la Oliva.
Es nombrado director facultativo de las obras de reforma de la Puerta del Sol (29 mayo).
Es nombrado vocal extraordinario de la Junta Consultiva (11 agosto).
Es nombrado Consejero Real de Inspección Pública (10 septiembre).
Asciende a Inspector de Distrito (6 octubre).
Le designan para la comisión que debe formular un plan de indemnizaciones a los ingenieros y subalternos de obras públicas (11 noviembre).
Es nombrado vocal de la comisión de Faros (1 diciembre).
- 1858 - Es nombrado vocal de la comisión encargada de proponer las tarifas de precios máximos de peaje y transporte para los ferrocarriles (7 abril).

Se inaugura el Canal de Isabel II y le es impuesta la Cruz y Banda de Carlos III (24 junio).

Recibe el encargo de practicar aforos en el río Segura (24 agosto).

Recibe el encargo, junto a Angel Mayo y Víctor Martí, de tipificar los modelos de portazgos, casillas de peones camineros y pontones de carreteras (30 agosto).

Es nombrado miembro del jurado para el nuevo edificio del Ministerio de Fomento (7 septiembre).

1859 - La Dirección General aprueba los modelos de casillas de peones camineros (28 enero).

Es elegido académico de número de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en la sección de Exactas (17 febrero).

Como inspector de distrito le asignan primero Burgos y después Santander y el País Vasco.

Es comisionado a Francia e Inglaterra para gestionar la contratación del puente sobre el Eo y realizar gestiones relativas a faros (27 septiembre).

1860 - Recibe el encargo de redactar los proyectos de los faros del delta del Ebro: Buda, La Baña y El Fangar (9 enero).

Es nombrado vocal de la Comisión Permanente de Pesos y Medidas.

Es nombrado presidente de la comisión encargada de formular los proyectos de puentes de hierro.

1861 - Toma posesión como académico de Ciencias con el discurso: "Influencia de las Ciencias Exactas y Naturales en las Artes de la Construcción y más particularmente en aquellas en que figura el hierro como principal elemento de trabajo" (4 abril).

Forma parte de la Comisión encargada de estudiar las reformas del Reglamento orgánico del Cuerpo de Ingenieros de Caminos (3 diciembre).

1863 - Es nombrado vocal de la Junta Superior de la Escuela de Caminos (4 noviembre).

Es nombrado vocal de la comisión encargada de redactar el reglamento de las industrias peligrosas o insalubres (11 noviembre).

Es nombrado miembro de la junta formada para redactar los reglamentos y disposiciones sobre construcciones civiles y sobre las facultades de la junta consultiva de policía urbana y edificios públicos (27 diciembre).

1864 - Presenta la "Memoria acerca de la organización general del servicio de faros, boyas y balizas, sobre la necesidad de reformarla" (agosto).

Entra en funcionamiento el faro de Buda (1 noviembre).

- 1865 - Publica en la Revista de Obras Públicas el artículo: "Memoria sobre el alumbrado y balizamiento de las costas de Francia"(enero).
Se propone la fundación del Instituto de Ingenieros Civiles, designándole vicepresidente 1º (25 febrero). La iniciativa no prosperó.
Es nombrado director de la Escuela de Caminos (19 octubre).
Es nombrado vocal de la comisión formada en el 11º de Fomento para proponer y clasificar las líneas de la red ferroviaria española (26 abril).
- 1868 - Es nombrado académico de número de la de Nobles Artes de San Fernando (21 septiembre).
- 1869 - Es nombrado presidente de la Junta de Obras de la Biblioteca Nacional (12 enero).
Es nombrado director, en comisión, de la Escuela de Arquitectura (1 febrero).
Pide al poco la dimisión, que le es concedida el 22 de mayo.
Es nombrado miembro de la comisión para examen de los proyectos de escuelas de primera enseñanza (22 abril).
Es nombrado presidente de la Comisión de Faros.
- 1871 - Tras el decreto del 12 de agosto, pide la dimisión como director de la Escuela de Caminos. Le es concedida el 19 de agosto.
- 1872 - Retorna al servicio activo, encargándose de la presidencia de la tercera sección de la Junta Consultiva (1 enero).
Es nombrado nuevamente director de la Escuela de Caminos (23 febrero).
Es nombrado Caballero de la Gran Cruz de la Orden Civil de Maria Victoria (3 julio).
- 1873 - Es nombrado presidente de la Junta de Obras del Palacio de Justicia (18 enero).
- 1874 - Es nombrado miembro de la comisión encargada de estudiar la caducidad de la franquicia de los ferrocarriles (mayo).
Muere en Madrid (17 julio).

COORDINACIÓN

ROSARIO MARTÍNEZ VÁZQUEZ DE PARGA

ISABEL RUI-WAMBA

DOCUMENTACIÓN: TERESA SÁNCHEZ LÁZARO

FOTOGRAFÍAS: FERNANDO ZAZO, JOSÉ BAZTAN, ARCHIVO DE LA

BIBLIOTECA NACIONAL

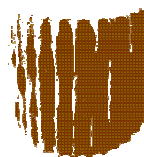
DISEÑO GRÁFICO: PILAR CARRIZOSA

FOTOCOMPOSICIÓN, FOTOMECÁNICA E IMPRESIÓN:

ARCE, CORPORACIÓN GRÁFICA, S.L.

PAPEL: REGISTRO AHUESADO, 130 g., TIPOGRAFÍA: GARAMOND

EDITA: FUNDACIÓN ESTEYCO



**FUNDACION
ESTEYCO**