

los resultados de los trasportes por el río con los que pueden tener lugar por las vías terrestres.

Además se han consignado otras noticias tomadas de nuestras aduanas, que si dan idea mas ó menos exacta del movimiento habido en el tiempo á que se refieren no arrojan luz alguna respecto al punto principal del corte por unidad del peso y de distancia.

Se ve, pues, que en la apreciacion del coste de las obras, siquiera sea en globo, indispensables para el establecimiento de la navegacion en los supuestos que se han discutido, y la de su conservacion para llegar á conocer la entidad de los sacrificios á que conduciría cada uno de los dos sistemas, así como tambien el coste de los fletes en la actualidad y el que prudencialmente podrán tener mejoradas las condiciones del río, noticias todas indispensables para hacer la comparacion con los resultados que podrán esperarse de las otras clases de vías de comunicacion, de cuyo modo se puede llegar á fijar lo procedente respecto al problema de la navegacion del Tajo de la cual hemos creído conveniente dar una idea con las noticias tomadas de los trabajos importantes llevados á cabo por los Ingenieros de la provincia de Cáceres.

BERECIBAR.

MEMORIA DESCRIPTIVA

DEL

PROYECTO DE UN PUENTE DE PIEDRA

SOBRE EL RIO LLOBREGAT

PROVINCIA DE BARCELONA.

(Conclusion.)

Arcos.

Los cinco de que se compone el puente son todos iguales y escarzanos, teniendo cada uno 20^m 62 metros (74 pies) de luz y 3^m 56 (12,8 pies) de flecha, habiendose elegido esta forma, por que no llegando las mayores avenidas á los arranques, no

se cae en el inconveniente, que en el caso contrario tendrian, de estrechar la seccion cuando mas falta hace que no se obstruya: la forma en arco de círculo es ademas la mas sencilla y la que mas facilidades presenta para la construcción.

Fijado al aprobar el proyecto de la carretera transversal de Tarragona á Palamós, el ancho de 6,15 metros (22 pies) que deberian tener entre paramentos interiores de pretilos todos los puentes y pontones que se construyeran, se deduce que la longitud de las bóvedas ha de ser de dichos 6^m 15 (22 pies) mas el grueso de los pretilos, y como estos tienen en este puente 0^m 42 (1,5 pies,) ó 0^m 84 (3 pies) entre ambos, resulta para la longitud total de las bóvedas 6^m 96 (25 pies) que es lo que tienen en el proyecto.

La forma de las bóvedas es cilíndrica, no habiendo creído necesaria la adición de las superficies alveadas llamadas *cuernos de vaca*, porque teniendo estas por principal objeto el de evitar los efectos de las contracciones, cuando el terreno en que están cimentadas es atacable por las aguas, siendo el en que se ha de fundar este puente sólido é insocavable se ha juzgado que seria complicar sin fruto la construcción el adoptar una forma de bóvedas, cuya aplicación al caso presente no estaria bastante justificada.

La fábrica de que han de construirse las bóvedas es de sillería en su totalidad. No se ha admitido el sistema de ejecutar de sillería solo las aristas ó frentes, y el resto de ladrillo, 1.^o porque la gran luz y poca flecha de los arcos hubiera hecho arriesgada la construcción: 2.^o por la malísima calidad del ladrillo del país á causa de las tierras salitrosas con que hay que fabricarlo, que no presenta garantías de duración suficientes para una obra de tanta importancia: 3.^o por el excesivo precio de este material, apesar de lo abundantes que son las leñas en el país: 4.^o por último, por el anacronismo que resulta de construir una obra de ladrillo, en un punto en donde por todas partes se descubren canteras de buena piedra.

El espesor de las bóvedas es uno de los elementos mas importantes en un proyecto de puente. Su determinacion es por otra parte un problema físico-matemático de difícil resolución por los muchos y variados elementos que deben tenerse en cuenta.

En su consecuencia se ha fijado en 0^m 98 (3,5 pies) el espesor de las bóvedas, por comparación con otros semejantes de puentes ya construidos y

que han resistido perfectamente, y por resultado de las fórmulas empíricas de Gauthey, y aplicando entonces el cálculo á las dimensiones determinadas de este modo se ha encontrado que se llenaban con exceso las condiciones de estabilidad, y que no se llegaba ni con mucho al límite de $\frac{1}{10}$ de la presión necesaria para causar la destrucción de la sillería.

Dicho espesor es pues en el puente de que se trata de 0,^m98 (3,5 piés), y lo compondrá un solo orden de dovelas. El trasdos de las bóvedas, siendo constante su espesor será concéntrico al intrados, lo que proporcionará la ventaja de poder ser labradas todas las dovelas del interior de los arcos con una sola plantilla. Las dovelas de los frentes están aparejadas por escalones, cuyas alturas de 0,^m42 (1,5 piés) corresponden con las cadenas de mayor y menor que hay en los rincones de las semipilas adosadas á los estribos, con la mira de que en cada escalon puedan ponerse en los paramentos de los tímpanos dos hiladas de sillarejo de 0,^m21 (0,75 piés) cada una; iguales á las de los estribos: la determinación de estos escalones está además sujeta á la condición de que resulten las dovelas de los frentes de 0,^m98 (3,5 piés) de altura próximamente como las del interior, mas bien mas que menos.

El arco se ha dividido en 55 dovelas, cuyo número, además de dar un grueso proporcionado para estas piedras, tiene la ventaja que debiendo ser de distinto tizon las dovelas contiguas para que queden interrumpidas las juntas, y conviniendo que sean de largo tizon las claves de los frentes, también resultan de tizon largo los contra-salmeras lo que no deja de ser un motivo mas de solidez en la obra y una perfección de aparejo que no por no ser de primera importancia debe despreciarse.

La construcción de las bóvedas debe hacerse con el mayor esmero, para lo que se han fijado en las condiciones facultativas los principios más esenciales que deben observarse, dejando los demás á juicio del ingeniero que inspeccione la obra. Entre ellos son de notar, el labrado de las dovelas y su sistema de colocación: para los primeros, se ha fijado que las caras de lechos sobre lechos y juntas estén labradas con la misma perfección que las caras visibles, porque es sabido lo que esto influye en el exacto contacto de las dovelas unas con otras, y por consiguiente en la igualdad con que se reparten las presiones y solidez y estabilidad de la construcción; para lo segundo, se

previene que las dovelas se colocarán en seco, vertiendo por entre sus juntas una lechada de mortero claro no hidráulico, proscribiéndose el uso de colocar cuñas entre las juntas, porque las dovelas deben tener en toda su longitud la forma aplastada que exige el arco, y las dimensiones que resultan del dibujo, no debiendo por consiguiente haber lugar al empleo de cuñas de ningún género. El mortero que se vierta por entre las juntas, sea dicho que debe no ser hidráulico, siendo en este punto las bóvedas las únicas partes del puente que gozan de esta excepción, lo que se hace con la intención de que no se sequen demasiado aprisa dichos morteros, prestándose mejor que en el caso contrario á los movimientos que las bóvedas experimentan durante su construcción, con la sucesiva apertura y cierre de las juntas de hilada que tiene lugar en el trasdos.

A fin de aumentar la estabilidad de las bóvedas, cargándolas en los puntos en que existe tendencia á abrirse sus juntas de hilada por el trasdos, después de descimbradas, se proyecta construir un macizo de mampostería ordinaria en los senos, que teniendo 1,^m 55 (5,5 piés) de altura en el centro de las pilas, vaya á morir á cero en las claves de los arcos, terminando esta mampostería por su parte superior, por un arco de círculo concéntrico al del cañon de las bóvedas.

Los muros de los tímpanos son verticales por el exterior, tienen 0,^m84 (3 piés) de grueso en su parte superior, y aumentan 0,^m28 (1 pié) más por medio de un escalon colocado 1,^m59 (5 piés) por debajo de la rasante del fondo de la caja del camino. Con estas dimensiones resultan los muros de tímpanos en la proporción próximamente de un tercio de la altura para su espesor.

Las clases de fábrica de que deberán construirse los mencionados muros son, de sillarejo, en el paramento; y de mampostería ordinaria, en el interior; bajo los mismos principios y con las mismas condiciones dichas al tratar de los estribos. El aparejo del sillarejo está combinado de modo, que sus juntas verticales están en relación con las de la imposta y pretiles; y en cuanto á las hiladas, como los escalones que forman las dovelas de los frentes concuerdan con las hiladas de sillería de los estribos, ha sido posible conservar para su altura la misma dimensión de 0,^m21 (0,75 piés) que tiene el sillarejo en los estribos, entrando por lo tanto dos hiladas de sillarejo en cada escalon de las dovelas de los frentes.

La construccion de los muros de timpanos debe hacerse despues del descimbramiento de las bóvedas, y como será posible que las claves de esta hagan algun ligero asiento, convendrá el que las dovelas superiores de los frentes que van á terminar al plano horizontal de debajo la imposta, se corten de 5,^m57 á 8,^m56 (0,2 á 0,5 piés) mas altas de lo que el dibujo marca, para que en el caso de bajar los arcos pueda relabrarse y colocarse la imposta en la situacion debida.

Sobre los trasdoses de las bóvedas, ó mejor dicho, sobre la mamposteria de los senos, se construirá, despues del descimbramiento, la chapa ó contra-rosca de hormigon hidráulico, hecho con las precauciones que el arte enseña, para que no se resquebraje y que cumpla bien su objeto, que es el de impedir que las filtraciones de las lluvias por el pavimento del puente se comuniquen á las bóvedas y las deterioren. El espesor de la contra-rosca deberá ser de 0,^m14 (0, 5 piés) y en cuanto á su forma, se acaba de decir que será la misma que la de la mamposteria de los senos.

Mas si bien es cierto que con lo chapa de hormigon hidráulico se impedirá el que las aguas filtradas ataquen las bóvedas, tambien lo es, que si no se las procuraba una salida, se estancarian entre ella y los muros de los timpanos, y al cabo serian un principio de destruccion de la obra, tanto más temible, cuanto que empapadas las tierras que van encima recubiertas por el afirmado. no tendrían ventilacion y tardarian mucho tiempo en secarse. Para prevenir este inconveniente se han hecho dos cosas: la primera, reunir todas las aguas que puedan filtrarse por el firme encima de las pilas: la segunda, darlas salida á través de las bóvedas; para conseguir lo primero, se ha dado á la contra-rosca, y lo mismo á la mamposteria de los senos que va debajo, una pendiente trasversal, que siendo nula en los vértices de los arcos va aumentando hácia las pilas, en cuyo centro es la mayor: para lo segundo se han dispuesto unos cañones ó tubos de zinc, que tomando las aguas en los puntos bajos que se forman sobre las pilas á manera de pozos, las conduzcan al través de las bóvedas para verterlas en el río; los tubos tienen 5,^{cm}57 (0,2 pié) de diámetro y 5,^{cm}57 (0,2 pié) de grueso: se han puesto dos en cada pila, y se ha combinado su colocacion de modo, que siguiendo la normal de las bóvedas, caigan precisamente en el lecho de la segunda hilada de dovelas; que estén en el medio de la dovela que tiene cada uno

debajo, y en la union de dos dovelas de la hilada que tienen encima: así se consigue que su colocacion sea fácil y adecuada. Es preciso además tomar alguna precaucion para que las tierras que se echen sobre la contra-rosca no tapen los tubos, y para esto será bastante el llenar con piedras colocadas á mano los pequeños pozos de sobre las pilas.

La impostas cuya altura total es de 0,^m42 (1,5 piés.) es de silleria, y se colocará despues del descimbramiento y que los arcos hayan hecho todo su asiento. La anchura de las piedras de imposta es de 0,^m56 (2 piés), mas el vuelo de las molduras: sus longitudes son generalmente de 1,^m11 (4 piés) escepto en el caso en que el aparejo exija cerca y sobre los estribos modificarlas algun tanto. En cuanto á las molduras de que se compone la imposta se han puesto pocas pero pronunciadas porque es lo que conviene en esta clase de construcciones; y á fin de introducir alguna variedad agradable sin mayor gasto de ejecucion, se han cambiado algo las molduras de la parte de imposta que corresponde á los grupos de los estribos, conservando las líneas generales: así el toro y el filete que va debajo en la imposta general, se convierten sobre los estribos en una faja, y el cabeto y filete de aquella, se trasforma sobre estos en un talen.

La imposta va horadada cada 2,^m25 (8 piés) por unos pequeños taladros cilindricos que tienen por objeto dar salida á las aguas pluviales que caigan en el pavimento del puente.

Pavimento del puente.

No teniendo el puente sino el ancho de 6,^m15 (22 piés) entre pretiles, no hay que pensar en colocar andenes para los peatones porque por estrechos que se pusieran no dejarían el espacio suficiente para el tránsito de los carruajes. El pavimento está pues reducido al empedrado ó afirmado que debe llevar, que en nuestro caso se hará el segundo con preferencia al primero, por ser su piso mas suave y cómodo para el tránsito, por que toda la carretera irá con afirmado incluso las obras de fábrica, y porque no hay en las cercanias piedra á propósito para hacer un buen empedrado: la cuestion entre empedrados y afirmados ha sido ya tan debatida, que hasta con lo dicho para decidir la cuestion á favor de los últimos, siendo mi opinion que se haga segun dicho sistema el pavimento del puente de que se trata.

El afirmado, cuya caja deberá tener 0,^m14 (0'5 piés) de profundidad, no descansará directamente sobre la contra-rosca, sino que para evitar que esta se deteriore, habrá una capa intermedia de tierras de 0,^m14 (0'5 piés) de espesor, que deberán elegirse de buena calidad y apisonarse bien, de manera que entre la caja para el firme las tierras que lleva esta debajo y la chapa ó contra-rosca, componen los 0,^m42 (1'5 piés) que tiene de altura la imposta.

Una de las cosas que deben estudiarse cuando los puentes tienen su pavimento horizontal como en el presente es el modo de desembarazarse de las aguas de lluvia que caigan en él. Nada más fácil de conseguirlo cuando el puente tiene pendiente longitudinal, ó cuando tiene andenes por debajo de los cuales puedan establecerse cunetas, pero no concurriendo en nuestra obra ninguna de estas dos circunstancias, es preciso discurrir el medio mas conveniente de conseguir el objeto. Tres se presentan desde luego: el primero el de colocar canales por encima de la imposta, dejando los correspondientes mechinales en los pretilos: el segundo el de construir sumideros verticales ó inclinados que atraviesen las bóvedas; y el tercero el de dirigir estos sumideros por debajo de la moldura mas saliente de la imposta, taladrando esta de modo que no se perciban apenas á la vista. No se ha adoptado el primer medio, porque da mal aspecto al puente y se ha preferido el último. Se ha desechado el segundo por que debilita las bóvedas con taladros ó grandes ó muy numerosos y con el peligro que resulta para la solidez de hacer pasar las aguas á traves de ellas; porque seria operacion difícil la de taladrar piedras de 0,^m98 (3'5 piés) de longitud que tienen las bóvedas, si se ponian verticales los sumideros, resultando además ángulos, cada vez mas agudos, á medida que se aproximarán á las pilas; ó resultarían sumideros acodados si para evitar los defectos de los verticales se intentaba poner tubos de metal, siguiendo las puntas de las dovelas en todo el espesor de las bóvedas, y que despues se enderezaran para tomar la vertical, hasta llegar al pavimento.

Consiste el medio elegido en practicar los sumideros en el sillar de la imposta, siendo los taladros cilindricos circulares de 8,^{cm} 56 (0'3 piés) de diámetro, y con una inclinacion tal, que pasando el eje de los cilindros por la arista formada por la interseccion del plano vertical del paramento interior del pretil con el horizontal superior de la

imposta, venga precisamente la salida de las aguas por debajo del toro de la imposta: y si se quiere desviar las aguas de los paramentos del puente, nada más fácil que el dejar en la misma piedra de la imposta, debajo de la desembocadura de los sumideros, unas pequeñas canales que cumplan este objeto. Asi se da salida á las aguas sin dar mal aspecto á la obra.

Debe haber por cada lado un sumidero cada 5,^m34 (12 piés) en medio de cada dos de los guarda-ruedas que defienden el pretil.

Antepechos, muros de acompañamiento, banquetas y guarda-ruedas.

Los antepechos ó pretilos tienen 0,^m42 (1'5 piés) de grueso y 0,^m84 (3 piés) de altura, no contando con la albardilla que tiene 0,^m14 (0'5 piés) mas 5,^{cm}57 (0'2) de bombado, con otros 5,^{cm} 57 (0'2 piés) de vuelo por ambos lados de los paramentos de los estribos: la altura de estos es pues en total 1,^m 03 (3'7 piés.)

Los muros de acompañamiento son necesarios en la orilla derecha para poner los terraplenes de esta parte á salvo de las avenidas del rio: en la orilla izquierda solo se proyectan de muy poca longitud, para hacer simétrica la construccion y para que las tierras no caigan por su talud sobre el estribo de esta parte.

El perfil trasversal de dichos muros es el siguiente; terminando por 0,^m84 (3 piés) de grueso en su parte superior, tienen en el paramento exterior el talud de $\frac{1}{10}$, y por el interior aumentan su escalon de 0,^m 28 (1 pié) á cada 1,^m 39 (5) de altura, á partir de la rasante del fondo de la caja del camino.

Los muros estarán compuestos de mamposteria ordinaria en el interior paramentada de mamposteria concertada de hiladas horizontales de 0,^m 21 (0, 75 pié) de altura.

Los muros de acompañamiento van coronados con losas de silleria de 0,^m 21 (0,75 pié) de altura y de 0,^m 61 (2'2 piés) de anchura, volando fuera del paramento de dichos muros 5,^{cm} 57 (0,2 piés)

El talud de $\frac{1}{10}$ de los muros va á intestar en el retorno ú angulo recto que unen los distintos anchos de los estribos y de la carretera, y la union de dichos muros con la fábrica de los estribos, se hace por medio de una cadena de silleria de mayor menor que va en el rincon que forma su encuentro

y que es simétrica con la que va en el rincón de encima de las semipilas adosadas á los estribos.

Para guarecer á los carruajes de un descarramiento que podria causar su caída desde lo alto de los muros, se colocan sobre estos banquetas de 2.^m 25 (8 piés) de longitud 0.^m 84 (3 piés) de altura y 0.^m 42 (1,5) de grueso alternadas con claras que llevan en su medio un guarda-ruedas. La posición relativa de las banquetas y de los guarda-ruedas puede verse en los dibujos, en la que se observa que los segundos resguardan á los primeros de los choques de las ruedas de los carruajes que se desvian demasiado.

Las banquetas se han proyectado de silleria en tres hiladas de 0.^m 28 (1 pie) de altura, en las que las estremas se componen de dos piedras cada una y la intermedia de tres. Para la perfecta estabilidad de estas piezas entre si, y que no puedan ser volcadas por el choque de una rueda ó los transeuntes malévolos, se establecerán interiormente uniones que traven entre si las piedras de cada hilada y las de cada dos hiladas contiguas.

Dos clases de guarda-ruedas van en esta obra, los unos que han de ir aislados, y los otros adosados á los pretilos; de aquí sus diferentes formas: los primeros son cónicos de seccion horizontal circular, la seccion en los últimos es un rectángulo terminado por un semicírculo: la altura en unos y otros es de 0.^m 70 (2,5 piés,) su grueso en la parte superior de 0.^m 21 (0, 75 pie) y de 0.^m 42 (1,5) en la inferior, estando todo el talud que resulta por esta diferencia de gruesos por la parte inferior de la carretera y siendo por lo tanto verticales por la exterior. A fin de que los guarda-ruedas adosados á los pretilos no comuniquen á estos los choques que reciban de los carruajes, estarán separados de aquellos 5.^{cm} 57 (0,2 pie.) Todos los guarda-ruedas tendrán á lo menos 0.^m 56 (2 piés) de entrada debajo del pavimento, para que los carruajes no los derriben con facilidad.

Marzo 31 de 1853.

BIBLIOGRAFIA.

MEMORIA

SOBRE EL RECONOCIMIENTO HIDROLÓGICO DEL VALLE DEL GUADALQUIVIR.

Con este título acaba de publicar la Junta de

estadística los trabajos que durante la campaña de 1865 ha hecho el Ingeniero Jefe del cuerpo de Caminos, Canales y Puertos D. Pedro Antonio de Mesa de reconocimiento del valle del Guadalquivir, estudiando no solamente la cuenca de este rio sino tambien todos sus afluentes.

Notable es por mas de un concepto la memoria del Sr. Mesa tanto por la clase de trabajo de que trata como por la manera que su autor tiene de presentarlo.

En la Introduccion de dicha memoria empieza el autor por manifestar modesta y terminantemente la marcha que ha seguido en todas sus operaciones, las dificultades que en su trabajo ha encontrado y los libros, memorias y datos que ha consultado para escribirla.

Dividida la memoria en dos partes trata en la 1.^a el Sr. Mesa, que denomina *Descripcion física é hidrográfica de la cuenca del Guadalquivir* del origen probable de las aguas de este rio y de sus principales tributarios, de los limites de su valle, de su estension y poblacion, deduciendo el número de habitantes por kilómetro cuadrado, la pendiente media del rio principal y de sus afluentes.

Da el autor una ligera idea geológica de los terrenos que constituyen este valle y su estension, indicando su carácter distintivo bajo el punto de vista hidrológico, y concluye en esta parte por dividir el valle en cuatro regiones principales agrupando en un cuadro las condiciones de cada una respecto de su longitud, superficie que vierte las aguas en k² cuadrados, pendiente media por metro, alturas sobre el nivel del mar, naturaleza de los terrenos de que se compone y vegetacion predominante.

La 2.^a parte denominada *Datos hidrométricos de la cuenca del Guadalquivir*, está dividida á su vez en otras cuatro partes.

En la 1.^a denominada *region superior* empieza por manifestar el modo que ha tenido de hacer los aforos y cual ha sido el resultado de ellos tanto de los verificados en el rio principal como de los que han hecho en los secundarios de 1.^o y 2.^o orden tributarios ó afluentes de aquel, obteniendo un resultado tan admirable que sumando los aforos de todos los rios que vierten al Guadalquivir en toda esta parte del valle se encuentra el mismo caudal de aguas, con muy corta diferencia, que da el aforo verificado al final de esta seccion en el rio principal. De este número de metros cúbicos de agua que lleva el Guadalquivir en este punto y