

admisión y salida del vapor en los cilindros se haga de un modo rápido. En muchos casos es de desear que las locomotoras se presten á hacer el servicio en iguales condiciones en los dos sentidos, para que no sea necesario darles la vuelta al llegar á cada extremo. Las locomotoras más usadas para este servicio son las del tipo ordinario americano, pero en ocasiones se emplean locomotoras especiales que difieren algo en su disposición. Unas veces se sustituye el truck de cuatro ruedas por el de Bissell ó de dos ruedas; otras se colocan dos trucks sencillos, uno en la parte anterior y otro en la posterior de la máquina, que de este modo se presta mejor á marchar en los dos sentidos. En ambos casos se procura distribuir el mayor peso posible sobre las cuatro ruedas motrices.

Wagones de viajeros.—Las empresas de ferrocarriles en los Estados Unidos no tienen establecidos más que una sola clase de carruajes de viajeros. Algunas compañías en su origen establecieron dos clases, y no hubo pasajeros que tomáran billetes de la 2.ª Sin embargo, si bien no por cuenta de las Empresas existen en realidad dos clases de wagones de viajeros, siendo los de 1.ª los Pullman, establecidos por una compañía que lleva este nombre, la cual facilita los coches á las Empresas, bien sea para que éstas á cambio del pago de un derecho de privilegio, perciban el tanto más que deben abonar los viajeros para disfrutar esos coches, ó ya sea la misma compañía Pullman la que se encargue también de la recaudación de esos suplementos de billetes.

MANUEL LOPEZ BAYO.

(Se continuará.)

PROYECTO DE RECONSTRUCCION
DEL
PUENTE DE ISABEL II,
EN BILBAO.

(Conclusion.)

54. *Espesor del estribo.*—Para que el estribo esté en equilibrio, es necesario que la suma de los momentos de todos los pesos que cargan sobre él, con respecto á la arista de giro, contrarreste el momento del empuje con respecto á la misma arista. El empuje que actúa sobre el estribo es la dife-

rencia de los correspondientes á los dos arcos que en él se apoyan; así,

El empuje del arco de hierro, que consideraremos el correspondiente á un aumento

de temperatura de 25.º es. . . . 65475 kils.

El relativo al arco del Arenal. . . . 9174

Empuje efectivo. . . . 54299

Su momento, con respecto á la arista exterior del zócalo inferior, será aquella cantidad multiplicada por la altura del estribo, desde los arranques á la base de la fundación, igual á seis metros.

Momento = 325794 kilográmetros.

El peso del semiarco del Arenal. . . = 4.142

El del semi-arco de hierro comprendi-

da la carga permanente. . . . =16.000

Id. del macizo superior á los arranques. =40.710

Suma. . . . =60.852

El peso del estribo. . . . =15.800 E

llamando E su espesor

El momento de estos pesos con respecto á la arista de giro,

$$\frac{1}{2}(60.852 + 15.800 E) E :$$

Igualándolo al del empuje y haciendo las correspondientes reducciones, tendremos;

$$E^2 + 4,41E = 47,92$$

$$E = 5^m,04$$

Hemos dado al estribo el espesor de ocho metros, de modo que resulta el coeficiente de estabilidad 4,59.

La resistencia al resbalamiento está dada por la condición

$$\frac{P+P'}{Q} > \text{tang } x > 1.$$

ó

$$P+P' > Q.$$

La junta en donde existe el mayor peligro es la de los arranques, de modo que en ésta verificaremos si queda satisfecha aquella condición.

De las cantidades calculadas anteriormente resulta que

$$60\ 852 > 54\ 299.$$

55. *Resistencia de la pila.*—Estando los dos arcos igualmente cargados, la diferencia de empujes es casi nula y, por lo tanto, sólo consideraremos uno de los tramos con la carga accidental. El caso

más desfavorable para la resistencia de la pila, es, evidentemente, cuando uno de los arcos está totalmente cargado; pero en la práctica nunca puede verificarse que uno de los tramos esté expuesto al peso uniformemente distribuido de 400 kilogramos, y aún en la prueba, como el objeto de ésta es reconocer las condiciones de la construcción de hierro, no hay necesidad de hacer un experimento que pueda poner en peligro la pila. Así, en las condiciones facultativas se impone: 1.º Que los arcos se carguen por mitades con el peso de 400 kilogramos, y 2.º que se expongan simultáneamente durante veinte y cuatro horas al mismo peso extendido en toda su longitud.

Por consiguiente, para determinar el espesor de la pila, supondremos que un medio tramo, por ejemplo el 2.º, esté cargado de 400 kilogramos por metro superficial. En este caso el empuje será de 9725 kilogramos, y su momento de 38.558 kilogramómetros.

El peso de los dos arcos contiguos con la carga permanente y el del macizo superior á los arranques es de 52.906 kilogramos; el de la pila, 14.400 E, de modo que,

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(52.906+14.400E) E &= 38558 \\ E^2+5,675 E &= 8,10 \\ E &= 1^m, 60 \end{aligned}$$

Y multiplicando este espesor por el coeficiente de estabilidad 1,5 resulta para espesor uniforme de la pila, 2^m,40 que es el que la hemos dado en los arranques. Pero la estabilidad de la pila proyectada es mucho mayor, puesto que sus paramentos tienen la inclinación de 0^m,05 y se apoya en dos zócalos que aumentan mucho su base.

CAPITULO IV.

Resumen y conclusion.

I.

COMPARACION ENTRE LOS DOS PROYECTOS.

56. *Condiciones generales.*—Bajo el punto de vista de solidez y duracion no hay comparacion posible entre una obra de sillería que atraviesa intacta é inalterable siglos enteros y una construcción de hierro cuya vida no ha consagrado

aún la experiencia. Para dar la preferencia á una construcción de esta clase es preciso que así lo exijan motivos poderosos de localidad, facilidad ó economía que no existen en el caso que nos ocupa, como lo veremos á continuacion.

La disposición de tres arcos, tanto bajo el punto de vista arquitectónico, cuanto de conveniencia, es preferible á la de dos tramos, pues la colocacion de una pila en medio del rio y de la corriente es poco acertada, viniendo á chocar contra ella todas las materias arrastradas por las aguas.

57. *Desagüe.*—Veamos si el proyecto de dos arcos presenta más facilidad á la salida y desagüe de las aguas. El ancho de los claros entre estribos es en aquel de 57^m,60, mientras que en el de sillería es de 57^m,50. Pero esta diferencia es pequeñísima y del todo despreciable.

En cambio los arranques de los arcos están en este último á mayor altura; y la seccion desde bajar, comprendidos los arcos laterales sobre el Arenal y el ferro-carril es de 599 metros cuadrados, mientras que en el segundo proyecto es de 545. La seccion total hasta el intrados es igual y de 495 metros cuadrados en ambos sistemas. De modo que en las avenidas ordinarias, hasta la altura de los muelles, el proyecto de arcos de hierro presenta una ventaja de ocho metros cuadrados, mientras que en las avenidas extraordinarias hay un exceso de 56 metros cuadrados en favor del primero.

En el puente actual el ancho entre estribos, descontados los espesores de las cuatro pilas, es de 58 metros, y la seccion, en las avenidas ordinarias es de 226 metros cuadrados, es decir, en 10 metros superior á la correspondiente al proyecto de sillería. En las avenidas extraordinarias es sólo de 392 metros cuadrados.

Pero en el caso de una de esas avenidas seculares, como la del año 1801, es cuando el puente de sillería ofrece ventajas incalculables. En efecto, cualesquiera que fuesen los desperfectos causados, es seguro que resistiria al empuje de las aguas, que en todo caso pasarían por encima, mientras que la construcción de hierro sería arrastrada ó destruida por los choques de los cuerpos que llevase la corriente.

58. *Coste.*—El presupuesto del proyecto de arcos de sillería sobre el rio asciende á 555.015 pesetas, y el de arcos de hierro á 597.766. Esto, que, á primera vista, puede parecer algo chocante, consiste en que la supresion de un apoyo no produce economía en

los cimientos, pues el aumento de luz en los arcos exige un aumento consiguiente en el espesor de los estribos que anula aquella ventaja. Hay también un aumento en el cubo de la mampostería. Además, el precio del hierro está alto, aún en Inglaterra, y en la localidad, con los enormes derechos de aduana que tiene que pagar, llega á ser muy subido. Creemos, sin embargo, que el que hemos deducido, de 0,74 por kilogramo, no tiene nada de exagerado para la obra delicada en que habrá de emplearse, y en varias obras construidas en Francia hemos visto el material pagado poco más ó ménos á ese tipo.

59. *Dificultad de adquirir sillería en las circunstancias actuales.*—Existe una consideración de mucho peso para que muchos pudieran dar la preferencia á los arcos de hierro. Esta consideración es que, en el estado de guerra en que fatalmente se encuentra el país, y hallándose los puntos productores de sillería en poder de los carlistas, no hay posibilidad de construir el puente mientras no se haga la paz.

Esto, á primera vista, parece una razón convincente, pero harémos observar que en todo el año que viene, y aunque la paz estuviera ya hecha, no es posible dar principio á las bóvedas, pues todo el año de 1876 se empleará en la construcción de los cimientos, pilas y estribos. Hay que esperar que en ese intervalo concluya la guerra, y de no suceder así, se pudiera, llegado ese triste extremo, reemplazar la sillería por otro material ó echar sobre los estribos ó pilas construidas un paso provisional hasta esperar mejores circunstancias.

Teniendo en cuenta esa desgraciada circunstancia, que con toda fe esperamos no se presente, hemos redactado un presupuesto reemplazando la sillería de las bóvedas con hormigón Coignet. Esta piedra artificial se ha empleado, y se emplea en grandes construcciones, como lo demuestran el faro de Port-Said, inmenso monolito de 48 metros de altura; el acueducto de la Vanne, de 60 kilómetros de longitud, en donde se han ejecutado muchos arcos de 50 metros de luz; la iglesia del Vesinet, etc., etc. Dentro de muy poco tiempo vamos á construir el puente de Luchana según aquel sistema, y este ensayo podrá servir de prueba y ejemplo. De todos modos la falta de sillería no impediría la construcción de las bóvedas, pues en todo caso podría echarse mano de esos ladrillos piedras, tan consistentes y duros, que igualan al granito, que se fabrican en Bélgica sin cocción

ninguna, y que podrían ejecutarse aquí económicamente trayendo las máquinas necesarias

Lo importante en esta obra es la absoluta seguridad de la fundación y la perfecta construcción de los estribos y pilas, á los que hemos dado toda nuestra atención.

II.

MARCHA Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.

60.— Por grande que sea la actividad que quiera desplegar el Excmo. Ayuntamiento, no se podrá dar principio á las obras, propiamente dichas, del puente, en lo que resta de año. El tiempo que falta habrá de emplearse en los preparativos indispensables, como aprobación del proyecto, subasta, acopio de materiales y adquisición de los aparatos necesarios para la fundación de los cimientos. Con estas operaciones preliminares llegará la primavera del próximo año de 1876, y el tiempo oportuno para emprender con gran actividad aquellos difíciles é importantes trabajos.

Los cimientos del estribo de la izquierda serán lo primero que se ejecute, á fin de construir inmediatamente el estribo y el arco del ferro-carril, antes que principie la explotación de éste, si es posible. Mientras tanto se fundará el estribo de la derecha y en seguida las dos pilas, construyéndose en el intervalo el estribo, los arcos del Arenal y la rampa, etc., de modo que para fin de año queden terminados los apoyos hasta los arranques. Durante todo ese tiempo, y si lo permite el estado del país, se extraerá, trasportará y labrará la sillería de las bóvedas, y si para la primavera del año 1877 se han ejecutado todas esas obras, puede asegurarse que se habrá hecho un trabajo verdaderamente extraordinario.

Entonces se colocarán las cimbras y se voltearán los arcos, de modo que para el verano ó otoño del mismo año pueda quedar terminado del todo el puente y abierto á la circulación.

Como se puede observar, la elección de arcos de hierro no produciría gran ganancia de tiempo, y su colocación, de todos modos, tendría lugar en la misma época de 1877. Toda la diferencia podría consistir en un mes ó dos de ventaja.

Bilbao, 51 de Mayo de 1875.

ADOLFO DE IBARBETA.

Nota de la Redacción. Las láminas correspondientes al puente de Bilbao no han podido aún repartirse por haberse retrasado su reducción á escala; pero se publicarán á la mayor brevedad para encuadernarlas con este tomo.