

milímetros, y otras escuadras iguales forman las cabezas opuestas de dichas piezas de doble T.

Las barras de la celosía de los tímpanos son paralelas, y sus cruzamientos están á 0^m,50 en dirección de la cornisa, y á 0^m,70 en sentido vertical. Su sección es plana y rectangular, de 100 × 10 en una dirección y de $\frac{100 \times 41}{11}$ en la otra, á fin de contrarrestar la tendencia del cuchillo á doblarse, pero colocando la cara plana hacia el exterior.

Los dos cerchones se hacen solidarios: 1.º Por las viguetas del piso que enlazan los largueros, cuya sección es de doble T de 0^m,25 de altura, y separadas en 1^m,50, viguetas que están arriostradas en sentido horizontal por cruces de San Andrés formadas de piezas de T; 2.º, por otras viguetas que unen los arcos, de 0^m,20 de altura y de la misma forma que las de los largueros, separadas en 1^m,50 en los seis claros inmediatos á los arranques y en 3^m,00 en la parte central, que se hallan arriostradas también en igual forma, y 3.º, por otro enlace vertical, que se establecerá sobre los arranques y en otros dos planos perpendiculares al eje del puente y á 7^m,00 de aquéllos.

Algunos Ingenieros recomiendan que se apoyen los arcos en los estribos sobre rótulas, disposición que simplifica los cálculos, cesando la indeterminación del trazado de la curva de presiones; pero en la actualidad se va desechando aquella disposición, y hemos preferido doblar las chapas de las cabezas inferiores del arco en sentido normal al intrados, para apoyarlas sobre sólidas placas de fundición, por el intermedio de cuñas de acero, que se podrán calzar, tanto al montar el tramo, como cuando lo exijan las grandes variaciones de temperatura.

Sobre los largueros van las cornisas de fundición de 0^m,30 por 0^m,35, que sostienen el pavimento, en unión con otros cinco largueros de madera de 0^m,22 por 0^m,14, que se apoyan en tarugos atornillados á las viguetas de hierro. La tabla de roble tendrá 0^m,04, de espesor.

Estribos, escalinatas y tramo seco.—Los estribos son de fábrica y de planta rectangular, de 5^m,30 en sentido de la ría por 6^m,15 de espesor en los arranques, siendo sus paramentos verticales. El muelle de la margen izquierda queda 1^m,05 más alto que el de la derecha, ó sea á 7^m,10 sobre bajar y al nivel de los arranques; de modo, que estando á 11^m,00 el pavimento del puente, en los estribos su altura es de 3^m,90 y 4^m,95, respectivamente, sobre los muelles. Para que el empuje de los arcos no produzca desarreglos en las mamposterías, las placas de apoyo se asientan sobre unas bóvedas de sillería.

El trazado de las escaleras se ha hecho procurando disminuir en lo posible las cimentaciones, y de modo que el paso por los muelles quede espacioso, rectificándose el resalto que forman el estribo izquierdo del puente antiguo para colocarlo en su alineación natural, con lo cual se consigue dejar en aquella orilla un tramo seco de 6^m,20 y 3^m,05 de altura libre.

Teniendo la pasadera 4^m,00 de latitud, y siendo dobles las escaleras de acceso, se ha fijado en 2^m,00 la anchura de éstas, en 0^m,15 la altura de los peldaños, y en 0^m,32 las huellas.

En la margen izquierda se sujetan los largueros del arco á los del tramo seco con tirantes de 0^m,05, empotrándose otros iguales en la roca, y en la orilla opuesta quedan enclavados los tirantes en el macizo de mampostería.

Decoración del puente.—La ornamentación es esencialmente racional, conservándose su osamenta sin alterarla, acentuando sus diversas partes, pero procurando idealizar las masas con formas más delicadas y atractivas; y en el caso actual se ha dispuesto de modo que el arco y el larguero se destaquen de los tímpanos, cuyo objeto se limita á hacer solidarias las partes resistentes de la cercha.

El pavimento debe siempre acusarse por una cornisa más ó menos rica, y hemos colocado una serie de ménsulas, distantes 0^m,75, que adornan el larguero y que marcan las viguetas del

suelo. Para que la superficie del arco no quede desnuda, y después de varios ensayos de ornamentación, nos hemos decidido por colocar una serie de rosetones de fundición de 0^m,23 de diámetro, que indican el arriostrado de los arcos, por más que, en cuanto á la forma de las piezas de unión, no haya completa armonía, puesto que aquéllas son de palastro y los rosetones parecen acusar tirantes de sección redonda.

En los cruzamientos de la celosía hemos colocado análogos rosetones de 0^m,15, aunque de distinto diseño, y la parte central se ha decorado con adornos especiales de fundición superpuestos al palastro. Los antepechos son de hierro forjado de liras repetidas, á las que se han agregado flores y hojas, á fin de decorarlos y de que queden bastante cerrados, para evitar caídas de los niños, y para aumentar la rigidez de estas barandillas se interrumpen á distancias de 3^m,75 por pequeñas columnas de fundición, agregándose en el centro el escudo de armas de la villa, que no tenía otra colocación más adecuada que en el medio de los antepechos.

Habiéndose desplegado algún lujo de ornamentación en el tramo metálico, tampoco debía haber pobreza en la obra de fábrica; así es que proyectamos los paramentos de los estribos de sillería almohadillada de la excelente y superior caliza de Motrico. La cornisa lleva el mismo perfil que en la parte metálica, aunque con menos saliente, por la falta de ménsulas, y los largueros se acusan por frisos estriados, contribuyendo también á la decoración las balaustradas de las escalinatas y de las plataformas de los estribos, que son de hierro fundido, pintadas imitando sillería, y cuatro farolas.

El puente colgado de Santa Isabel.

Este puente, construido sobre el Gállego, da paso á la carretera de primer orden de Madrid á Francia por Zaragoza y La Junquera, y se halla en las inmediaciones de Zaragoza, en un punto en que la frecuentación es muy importante.

Consta de un solo tramo, cuya luz es de 136^m,40; la altura de los apoyos sobre la rasante es de 14^m,20, el ancho del paso para los vehículos 4^m,70, y hay, además, dos aceras de 0^m,70.

Fué construido á mediados de este siglo por una empresa concesionaria que cobró un peaje durante veinte años, y, cuando, terminado este plazo, quedó su conservación á cargo del Estado, los Ingenieros pudieron observar los graves defectos de que adolecía, viéndose precisados á proponer una limitación de cargas, á pesar de lo molesta que resultaba para el público esta medida en un lugar tan concurrido.

En 1886 el Ingeniero Jefe D. Javier Huarte Mendicoa ordenó al Ingeniero D. Luis Gaztelu, encargado de la carretera en aquella fecha, que procediese á verificar un reconocimiento minucioso del puente é informase un proyecto de puente metálico fijo, que había sido redactado por el Ayudante D. Plácido Galvis, para sustituir al colgado. Las conclusiones de aquel informe se pueden resumir así:

1.º Del reconocimiento resultó que el estado de los cables de amarre era verdaderamente alarmante, á juzgar por lo que se pudo ver, siendo imposible visitar estos cables en toda su extensión.

2.º Debía renunciarse á la sustitución del puente colgado por otro fijo, á causa del elevado coste de esta solución, aconsejándose la reparación del puente existente y su transformación en puente colgado rígido y de piezas amovibles, á semejanza de lo que ya se había hecho en Francia con los puentes de Saint-Illpize, Lamothe-sur-l'Allier, Verdun-sur-Garonne y algunos otros. Se consideraba posible, mediante la adición de nuevos elementos, llegar á dotar al puente colgado de una capacidad de transporte comparable á la de un puente fijo, calculándolo para soportar la carga ordinaria de 300 kilogramos por metro cuadrado.

El Ingeniero D. Antonio Fernández Navarrete redactó el proyecto de reparación y dirigió las obras, que se ejecutaron por

Administración en 1889 y 1890. Las reformas esenciales que se introdujeron son las siguientes:

1.º Renovación de las amarras, añadiendo un cable suplementario para poder en todo tiempo extraer uno de estos cables, y, por lo tanto, permitir el reconocimiento y la renovación sucesiva de todos ellos cuando llegue el caso. Se adoptó esta solución en vista de la imposibilidad de disponer galerías visitables.

2.º Colocación de cables oblicuos destinados á sostener directamente las partes del tablero próximas á los apoyos.

3.º Adición de dos cables de acero de alambres retorcidos, sistema Arnodin, uno á cada lado del puente.

4.º Adición de una viga de rigidez, que al mismo tiempo pudiera servir de barandilla.

5.º Sustitución de los apoyos, que eran bielas oscilantes de fundición, por otros fijos de hierro, formados por cuatro montantes de sección L enlazados por celosías.

6.º Sustitución de las viguetas de madera por otras armadas de acero, sistema Arnodin.

7.º Renovación de todas las péndolas, sustituyendo las antiguas flexibles por otras nuevas rígidas.

La barandilla ó viga de rigidez que se había proyectado, era análoga á la del puente de Lamothe; pero se introdujo, al ejecutar las obras, una modificación interesante. El pasamano es un cable atirantado que se amarra por sus extremos á los estribos por medio de ensamblajes cónicos, sistema Roebling, que permiten variar su tensión; los montantes están formados por dobles hierros en C que llevan en sus extremos unas poleas por las cuales pasan unos cables continuos que van del extremo inferior de un montante al superior del inmediato, constituyendo las diagonales de las mallas. La cabeza inferior es un larguero de celosía, cuya altura es la distancia entré la cara superior de las viguetas y el piso de la acera. Las aceras son de palastro estriado.

Las viguetas armadas son de acero. La cabeza superior es un larguero formado por dos piezas en E, y ligeramente bombeado. Dos dobles tornapuntas en forma de V vienen á sostener el larguero en cuatro puntos, que corresponden sensiblemente á los de apoyo de las ruedas de dos vehículos que se crucen sobre la vigueta. Un cable de atirantamiento fijado á los extremos del larguero sostiene los extremos inferiores de las tornapuntas donde éstas concurren dos á dos. Todas estas disposiciones se ven con bastante claridad en el grabado de la página 271, que da idea, además, del aspecto original que presenta el tablero visto por debajo.

Se presentaron, como era natural, tratándose de una obra especialísima, y que debía llevarse á cabo sin interrumpir el tránsito, grandes dificultades de ejecución, cuya descripción detallada no cabe en esta sucinta noticia. Pero la operación más difícil fué, sin duda alguna, la sustitución de las antiguas bielas oscilantes por los apoyos definitivos. Se montaron éstos rodeando á los antiguos y dejando sin cerrar una de las caras de celosía, para poder extraer por ella los apoyos antiguos. Se trasladaron uno á uno los alambres de los cables desde el apoyo antiguo al carretón del nuevo, sosteniendo este carretón con fiadores provisionales, y después se desmontaron las bielas de fundición para poderlas sacar del interior de los apoyos nuevos. Sólo durante esta última operación, que se ejecutaba en algunos minutos, había necesidad de suspender el paso por el puente.

Las pruebas de peso muerto se ejecutaron cargando el tablero á razón de 300 kilogramos por metro cuadrado, y aun debió de aumentar sensiblemente este peso por haber llovido estando cargado el puente. Es de notar que esta sobrecarga equivale á más del doble del peso propio del puente. Los resultados obtenidos fueron completamente satisfactorios, á pesar de estas circunstancias tan desfavorables, y la rigidez de la obra, aunque no es comparable con la de un puente fijo, ha aumentado mucho, sobre todo en las partes próximas á los apoyos sostenidas por los cables oblicuos. Desde que se llevó á cabo la reforma, el puente colgado de Santa Isabel presta un servicio equivalente al de un puente fijo, sin que sea de temer que se reproduzca la situación

anterior puesto que, con las disposiciones adoptadas, es posible ir renovando gradualmente los elementos esenciales á medida que se vayan deteriorando; el coste de la reparación no excedió de una tercera parte del presupuesto del puente metálico.

Los grabados de la primera página del número 9 y superior de la página 271 de éste, representan vistas tomadas durante la ejecución de las obras.

NUEVA CUBIERTA

PROYECTADA PARA EL DEPÓSITO COMERCIAL DEL PUERTO DE BARCELONA

(Continuación.) (1)

Ahora bien; R'_m tiene que pasar por el punto A, porque para que el equilibrio del trozo que estudiamos exista es necesario que dicha fuerza sea igual y contraria á la resultante de (πC_{m+1}) , (πT) y A, que pasan todas por el punto mencionado, como además ha de pasar por (a_{m+2}) , podemos calcular el ángulo que dicha recta forma con el horizonte

$$[23'] \quad \text{tang. } (\alpha R'_m) = \frac{(m+1)mL \text{ tang. } \varphi}{\frac{2\left(\frac{n}{2}-1\right)\frac{n}{2}}{\frac{L}{n}(n+1)}} = \text{tang. } \varphi \cdot \frac{m}{\frac{n}{2}-1}$$

una vez conocido este ángulo, tenemos

$$[24] \quad R'_m = \frac{X'_m}{\cos. (\alpha R'_m)}$$

y descomponiendo R'_m en las direcciones de los tirantes t_{m+1} y t'_m su componente, según esta última será la fuerza buscada

$$(\pi t'_m) = R'_m \frac{\text{sen } [(\alpha t_{m+1}) - (\alpha R'_m)]}{\text{sen } [(\alpha t'_m) + (\alpha t_{m+1})]}$$

Cálculo numérico de los esfuerzos.—Como ejemplo de aplicación de los principios expuestos indicaremos la parte principal de los cálculos numéricos, efectuados para comprobar la resistencia de los elementos de la cubierta del «Depósito comercial».

La luz salvada entre los muros será de 15^m,15; pero teniendo en cuenta que los ejes de las piezas se cortan á una distancia de 20 centímetros, contada á partir de los paramentos, hemos tomado como luz la cantidad de 15^m,55.

	Metros.
Luz entre ejes de los apoyos..	15,55
Inclinación de los pares $\varphi = 21^\circ 48' 05''$; tang. $\varphi =$	0,4
Separación de las correas.	en horizontal.. $\frac{15,55}{8} = 1,944$
	según el par. $\frac{15,55}{8 \cos. \varphi} = 2,093$
Separación de las cerchas.	4,25
Idem de los cabios.	0,85

Carga de seguridad del material por milímetro cua-

(1) Véase el número anterior.