

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

PUENTE COLGADO SOBRE EL RÍO EBRO EN AMPOSTA (TARRAGONA)

Las bases del concurso y los planos que acompañaban á las mismas precisaron con toda exactitud la mayor parte de los elementos que se justifican en estas líneas.

Nos hemos, pues, de limitar á completarlos, justificando las disposiciones adoptadas.

EMPLAZAMIENTO.—La base 2.^a del concurso prescribía que el eje del puente se ejecutase de modo que coincidiera con la prolongación de la calle de San Sebastián de la ciudad de Amposta.

Este emplazamiento exige la demolición del Matadero actual, y además necesita á la salida del puente una curva y contracurva para enlazar con la carretera de Vinaroz á la Venta Nueva, pues, según estaba taxativamente señalado por la base 1.^a del concurso, éste no sólo comprendía las obras del puente propiamente dicho, sino las obras de enlace del mismo con la parte construída en la citada carretera.

Por lo demás, no cabe duda que este es el mejor emplazamiento de cuantos pudieran proponerse para el puente, sobre todo teniendo en cuenta que el Ayuntamiento de Amposta demolerá por su cuenta el Matadero.

Nada tenemos que objetar tampoco al trazado horizontal de las avenidas del puente, que fueron fijadas por el Ingeniero encargado de la Jefatura de Tarragona.

RASANTES.—La base 4.^a del concurso prescribía que la parte más baja del tablero del puente se hallará, por lo menos, á un nivel de 5,20 metros sobre la señal de avenidas de 23 de Octubre de 1907 indicada en la inscripción, puesta por el Ayuntamiento de Amposta en el edificio del mercado, sito en la plaza del Duque de la Victoria, y como el grueso de las diferentes partes que componen el tablero, por nosotros proyectado, es de 0,76 metros, podemos poner la rasante del puente á una altura de $5,20 + 0,76 = 5,96$ metros sobre dicho nivel de avenidas, con lo que cumplimos también con la prescripción de la citada base del concurso, que exige que la rasante del puente esté á lo sumo 6,40 metros por encima de este nivel.

Fijada la rasante del puente antedicha, que ponemos horizontal en una longitud de 223,75 metros para que comprenda el puente y sus muros de acompañamiento, tenemos que enlazar esta rasante con la de la carretera, lo que se consigue con una rampa de 0,017 en 113 metros para la entrada del puente y una pendiente de 0,020 en 382 metros para la salida del mismo.

Como la rampa de entrada del puente sigue la calle de San Sebastián, nos ha convenido reducir todo lo posible la altura de la rasante del puente, pues de este modo las cotas de terraplén que son precisas para la rampa de entrada se reducen á su mínimo y se perjudicarán lo menos posible las casas situadas en la calle antedicha, que son, por lo demás, de muy poco valor.

ANCHO DEL PUENTE.—La base 5.^a del concurso determinaba las dimensiones que había de tener el puente y la carretera en sus tramos de avenidas, y nos hemos atendido estrictamente á las dimensiones prescritas de 4,50 metros para la circulación rodada y dos andenes ó paseos de 0,75 metros cada uno.

DESAGÜE.—La base 6.^a del concurso prescribía que el desagüe lineal sería por lo menos de 124 metros.

Nuestra solución de puente está formada por un solo tramo de 130 metros de luz á la altura del apoyo del tablero.

Hemos aumentado en 6 metros la luz mínima, no sólo con el objeto de mejorar el desagüe, sino para poder construir en seco el cajón para el cimientado de la pila de la margen izquierda y evitarnos un andamio y medios auxiliares, de un coste seguramente superior al del aumento de 6 metros de luz.

SISTEMA DE PUENTE.—Las bases del concurso, en su prescripción 8.^a, autorizaban al concursante para elegir libremente la clase de materiales, forma y sistema que considerasen preferibles para solucionar este problema, así como el sistema de cimentación más conveniente.

Por el examen del terreno y la gran profundidad que alcanza el río en el cauce, nos ha parecido desde el primer momento que la solución más indicada para este emplazamiento era la de un puente colgado.

Como es sabido de todos los Ingenieros, los puentes colgados han sido objeto de muchas preocupaciones y recelos; pero los perfeccionamientos que se han introducido en la fabricación de los cables por un lado, y las disposiciones que hoy se adoptan para aumentar la rigidez de los tramos por otro han hecho desaparecer los inconvenientes que tenían los puentes colgados construídos por el sistema antiguo.

No cabe duda que un puente colgado puede conservarse con tanta escrupulosidad como un puente de hierro de cualquier sistema, estando constituídos los elementos principales por diferentes cables y hasta pueden irse sustituyendo estos cables sin interrupción del tránsito, en el caso en que en cualquiera de ellos se llegara á observar señal de destrucción.

Por otra parte, la adopción para el tablero de un forjado de hormigón armado, cuya disposición ha sido empleada en los úl

timos puentes colgados que se han construido, así como los cables oblicuos para las partes del tablero inmediatos á pilas y la barandilla rígida constituyendo una viga armada, son todas disposiciones que aumentan tan sensiblemente la rigidez de los puentes, que no se nota más oscilación en éstos al paso de carros y peatones que en los demás sistemas de puentes metálicos.

En *Le Génie Civil* del 4 de Febrero de 1905, y en el de 30 de Diciembre de 1911, se describen dos puentes colgados de 163 y 164 metros de luz, contruidos recientemente por el reputado Ingeniero Mr. Arnodin, autor y constructor de los puentes colgados transbordadores de Bilbao, Bicerta y Burdeos, sobre el río Blavet (Morbihan) y sobre el Rummel (Argelia), y en el número 1983 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS se describe el puente colgado de 878 metros de luz que se va á construir sobre el Hudson, en Nueva York, y que será en bastante tiempo el tramo mayor del mundo.

De esta opinión era ya Morandiere, Croizette-Desnoyers y Resal en sus clásicos libros sobre los puentes.

Este último, en su prólogo, dice textualmente el año 1885: «Las catástrofes que han proscrito el empleo en Europa de los puentes colgados, fueron más bien debidas á errores en la concepción y en la ejecución de las obras que se han hundido, que á un vicio inherente al principio de los puentes colgados, y los yanquis, que hacen de este sistema un uso tan grande sin experimentar iguales peligros, dan de ellos una irrevocable prueba». De aquí deduce Resal que este sistema de puente volverá á ser empleado en muchos casos, y así ocurre, en efecto.

No creemos, pues, que haya motivo para que en España desechemos un procedimiento de construcción que permite solucionar con sensible economía el problema de los pasos de muchos ríos caudalosos ó de profundos cauces, que ofrecerían dificultades y gastos mucho más considerables con cualquier otro sistema de puente.

En este caso creemos que está el puente de Amposta.

SISTEMA DE CIMIENTOS.—La margen derecha no ofrece dificultades de fundación, pues la ladera está constituida por un terreno compacto y conglomerado silíceo, donde sólo será necesario excavar la superficie para obtener un cimiento seguro.

En cambio, en la margen izquierda el terreno es de arena negra legamosa y, según los sondeos efectuados por la Jefatura de Tarragona y de los que tenemos copia, sólo se encuentra á una profundidad de 30 metros la grava compacta.

Claro es que, por medio del aire comprimido, podríamos llegar á ese terreno, pues en el Puente de San Luis (América) han alcanzado hasta 33,70 metros de profundidad pero con enormes dificultades y peligros.

Pero nosotros creemos que para la pila izquierda del puente de Amposta bastaría con llegar á 10 metros como máximo y apoyarse sobre la arena con una presión máxima de 4 kilogramos por centímetro cuadrado, que, según demostramos en nuestro libro *Puentes económicos*, pág. 174, resiste el fango.

En cuanto á las socavaciones, es seguro que en aquella margen nunca llegarán á esa profundidad.

En el emplazamiento del puente y por efecto de la curva que allí tiene el río, toda la fuerza de la corriente se dirige á la otra margen, y en el lado izquierdo que nos interesa no tiene velocidad el río, según lo comprueba el hecho de que allí se depositan las arenas legamosas que constituyen dicha margen.

Y como, por otra parte, con los 130 metros de desagüe lineal que damos no se perturba en lo más mínimo el régimen del río, es seguro que junto á la pila izquierda no ha de haber nunca fuertes corrientes y, por lo tanto, que no son de temer socavaciones.

Respecto á los cimientos de muros de acompañamiento y del macizo de amarre de la margen izquierda, proponemos que los cimientos alcancen una profundidad media de unos 5 metros por debajo del terreno, que es suficiente, á nuestro juicio, pues con mayor motivo que para la pila no habrá á lo largo de estos muros corriente sensible.

Expuestas ya estas consideraciones generales, pasaremos á describir y calcular los diferentes elementos del puente.

* * *

OBRAS DE EXPLANACIÓN.—No consisten éstas más que en terraplén en las dos márgenes para enlazar la rasante del puente con el pueblo por un lado, y por la carretera por otro.

PILAS.—Adoptamos para las pilas formas y proporciones parecidas á las que se emplean en todos estos puentes.

Como esta obra se encuentra á la entrada de un pueblo que está llamado á un gran porvenir y como esta importante villa contribuye con 200.000 pesetas á la construcción de la obra, creemos justo que se procure dar á estas pilas, dentro de sus proporciones generales, el mayor grado de belleza posible.

A ese efecto las hemos proyectado con una decoración, á nuestro juicio, adecuada á la importancia del puente y al papel que desempeñan los diferentes elementos de estas pilas.

Sobre la pila propiamente dicha, proyectada con sencillez y de mampostería hidráulica careada en sus paramentos, con ángulos de sillería, se elevará una puerta de entrada al puente, que servirá al propio tiempo para apoyar los cables del tramo.

Estas puertas se construirán de sillería y mampostería, todo ello con mortero hidráulico de portland.

Sobre la parte central del arco se elevarán unas arcadas que llevarán los escudos de España y de la villa de Amposta.

Con objeto de reducir en lo posible la carga sobre la parte superior del arco se aligerará el macizo sobre dichas arcadas por medio de cañones de cemento armado á lo largo de las mismas y una terraza del mismo material en la parte superior de las arcadas, quedando hueco el espesor intermedio.

No creemos que se considere excesivo el pequeño aumento de gasto producido por la decoración proyectada para estas puertas, que es la única que tiene tan importante obra.

Descripción de la parte metálica.

No teniendo nuestra Compañía de Construcciones práctica alguna en puentes colgados, hemos considerado prudente asociarnos para este proyecto y ejecución con la Sociedad Franco-Española de Trefilería, Cablería y Tranvías Aéreos, fundada en 1900, y que hoy se denomina de Alambres, Cables y Transportes Aéreos, que se encargará de la ejecución de toda la parte metálica del puente que ha proyectado y calculado con arreglo á los tipos de puente antes citados contruidos por Arnodin.

Esta Sociedad no es desconocida para el Estado, pues ha ejecutado para el pantano de Belsué (Ingeniero D. Miguel Mantecón) un transbordador aéreo, y para la División hidrológica del Miño (Ingeniero D. Francisco Durán) cuatro pasaderas colgadas. También ha ejecutado para nosotros un transbordador aéreo para las obras del puente de Orense, con luz de 250 metros, que nos presta sin interrupción el más satisfactorio resultado.

Describiremos á grandes rasgos esta parte metálica:

La luz total del tramo colgado, siendo de 134 metros (1), se divide en tres partes: una central de 86 metros y sostenida por

(1) Entre ejes de apoyos.

los cables primarios ó suspensores en número de seis por cada lado del tablero, teniendo cada uno una sección de 2.494 milímetros cuadrados; las otras dos partes del tramo tienen cada una 24 metros de largo y están sostenidas por los cables oblicuos en número de seis de cada lado, que son los que aseguran la rigidez del puente.

Los cables suspensores pasan libremente sobre un carro de dilatación y van á amarrarse á los macizos de amarre ó anclaje. Dos cables de retención de 55 milímetros de diámetro y 1.787 milímetros cuadrados de sección cada uno, están dispuestos en cada cabeza para compensar el esfuerzo horizontal de los cables oblicuos que tiende á hacer adelantar el carro de dilatación en la cabeza de la pila.

Los cables oblicuos pasan sobre poleas del carro, y una disposición de rodillos facilita el paso sobre la cabeza de la pila. Cada carro de dilatación tiene 10 rodillos de 70 milímetros, con su placa y guías.

Los cables suspensores se encuentran á una altura de 15 metros sobre el nivel de la calzada, siendo su flecha total de 13,80 metros.

Los carros descansan sobre las pilas antes descritas.

En su parte central, el tablero está sostenido por péndolas colgadas de los cables primarios ó suspensores.

El tablero del puente se compone de:

Una calzada para el paso de dos carros de 4,50 metros de ancho y dos laterales de 0,75 metros de ancho. La calzada está formada por un forjado de hormigón armado de 0,12 metros de grueso, sobre la que se pondrán losas de asfalto comprimido de 4 centímetros de grueso.

Los andenes serán de chapa estriada de 7 milímetros de grueso

Este forjado se apoya sobre viguetas armadas de acero á 1,25 metros de distancia.

La viga armada articulada, formando barandilla, tiene 1,40 metros de altura en tramos de 1,25 metros. Está compuesta de montantes de hierro fundido de sección circular y de diagonales articuladas de acero dulce. Hay dos pares de largueros en C y hierro Zorés, formando pasamano.

Por último, el tablero, además del arriostramiento formado por el piso de hormigón, lleva un arriostramiento inferior de hierros en C.

SOBRECARGAS DEL CÁLCULO.—Hemos supuesto para el cálculo de todos los elementos del puente, además de los pesos propios, las sobrecargas siguientes:

Sobrecarga uniformemente repartida de 300 kilogramos por metro cuadrado.

Sobrecarga dinámica producida por dos carros de frente, de 6 toneladas sobre un eje.

El art. 5.º de la Instrucción para redactar los proyectos de puentes metálicos autoriza la reducción á 300 kilogramos por metro cuadrado de la sobrecarga estática, cuando se trate de puentes alejados de centros importantes de población, y creemos que estamos en este caso.

Pero además, si por una circunstancia imprevista y accidental, estuviere sometido algún día el puente á una sobrecarga mayor, ya veremos que podrá resistirlo sin peligro, dado el margen grande que queda entre los coeficientes de trabajo y el límite elástico del metal empleado.

CÁLCULO DE LAS VIGUETAS DEL TABLERO.—El cálculo gráfico da los esfuerzos de flexión y cortantes sobre la viga. Hemos calculado las viguetas contando:

1.º Una sobrecarga uniformemente repartida de 300 kilogramos por metro cuadrado sobre los andenes.

2.º El peso del tablero de hormigón, 350 kilogramos por metro cuadrado.

3.º Los dos carros de 6.000 kilogramos en posición de marcha, contando que esta carga se reparte únicamente sobre una viga única, lo que es una hipótesis muy desfavorable, pues la rigidez del tablero de hormigón armado permite asegurar que el peso de los carros se reparte sobre varias de las viguetas y sobre varios de los tramos articulados de la barandilla.

El momento de flexión, deducido del cálculo gráfico, es de 17.150 kilogramos, y para resistirlo constituimos las viguetas con una chapa de acero de 10 milímetros de 600 milímetros de altura, con cuatro ángulos de $100 \times 100 \times 10$, cuyo momento $\frac{I}{V}$ es de 2.280.

De donde se deduce

$$R = \frac{17.150}{2.280} = 7,5.$$

En cuanto al esfuerzo cortante, no es preciso comprobarlo, pues á simple vista se comprende que lo resiste con creces la vigueta proyectada.

CÁLCULO DE LOS CABLES SUSPENSORES.—Cargas.—La carga permanente es como sigue para un largo de tablero de 1,250 metros:

	Kilogramos.
Viga inferior.....	750
Piso de hormigón armado.....	1.970

Barandilla compuesta de

Ocho C de 140.....	160	
Dos postes de hierro f.....	100	
Cuatro diagonales.....	78	
Dos Zores de 220.....	36	
Dos C de 80.....	18	
Viga del guardarruedas.....	55	587
Chapa estriada.....	95	
Cuatro hierros de articulación en U.....	20	
Remaches, tornillos.....	25	
Dos cables ó barras de suspensión.....	100	
Doce cables suspensores.....	315	
Contraviento horizontal.....	70	
TOTAL	3.792	

ó sea por metro lineal de tablero

$$\frac{3.792}{1,25} = 3.033, \text{ ó sea } 3.000 \text{ kilogramos.}$$

Flecha de la parte central.—La catenaria central es de 86 metros, y las partes sostenidas por los cables oblicuos de 24 metros. La flecha total de los cables es de 13,80 metros, la flecha de la parte central parabólica es de

$$f = F \frac{d}{D - d} = \frac{13,80 \times 43}{67 \times 24} = 6,52.$$

Kilogramos

TENSIÓN DE LOS CABLES SUSPENSORES.—La carga permanente es de..... 3.000
y la sobrecarga uniformemente repartida es de $6 \times 300 =$ 1.800

la carga total uniformemente repartida es de..... 4.800

Resal, en su tratado de puentes metálicos, propone para la tensión horizontal del cable, considerándole en la forma real de la catenaria, la siguiente fórmula:

$$T = P \times \frac{a}{2f} \sqrt{4f^2 + a^2}$$

siendo P la carga uniformemente repartida, a la semiluz y f la flecha.

En las casas constructoras se considera la forma normal del cable como una parábola y se adopta la fórmula práctica:

$$T = \frac{P \times l^2}{8f}$$

La fórmula de Resal da

$$T = 4,800 \times \frac{43}{2 \times 6,52} \sqrt{4 \times 6,52 + 43} = 710.712 \text{ kilogs.}$$

La fórmula práctica da

$$T = \frac{4.800 \times 86 \times 86}{8 \times 6,52} = 680.613 \text{ kilogramos.}$$

Adoptamos la cifra mayor para la tensión horizontal, que es de 710.712 kilogramos.

En cada cable la tensión será de $\frac{710.712}{12} = 59.226$ kilogramos, y según el eje del cable en la pila $\frac{59.226}{\cos 17^\circ} = 61.887$ kilogramos.

Adoptamos un cable de 65 milímetros de diámetro, compuesto de 127 alambres estirados de 5 milímetros a 110 kilogramos de resistencia y cuya resistencia a la rotura es de 260.000 kilogramos

El coeficiente de seguridad es de $\frac{260.000}{61.887} = 4,2$.

El coeficiente adoptado para los puentes colgados es de 4.

El trabajo máximo será, pues, de

$$R = \frac{110}{4,2} = 26,2 \text{ kilogramos,}$$

muy aceptable para alambres estirados.

CÁLCULO DE LOS CABLES OBLICUOS.—Los cables oblicuos en número de seis en cada cabeza, soportan cada uno un largo de tablero de 3,80 metros.

En el caso de la sobrecarga uniformemente repartida, cada cable oblicuo recibe una carga de

$$\frac{4.800 \times 3,80}{2} = 9.120 \text{ kilogramos.}$$

En el caso de la sobrecarga móvil, el esfuerzo sobre cada cable es de

$$\frac{2.700 \times 3,80 + 12.000 + 1,5 \times 300 \times 3.800}{2} = 11,985.$$

El cálculo gráfico nos determina la tensión en cada cable.

Las tensiones respectivas de los seis cables oblicuos son: 12.650, 14.050, 15.880, 18.200, 21.275 y 15.600. Es de notar que este último cable no está tan cargado, porque no recibe la totalidad de la carga móvil, que es soportada también por las dos barras de suspensión.

Para uniformidad en la construcción, haremos los cables iguales y tomaremos la tensión máxima de 21.275 kilogramos. Ponemos un cable de 40 milímetros de diámetro compuesto de siete cordones de 19 hilos de 2,7 milímetros y cuya resistencia a la rotura es de 95.000 kilogramos.

El coeficiente de seguridad es de $\frac{95.000}{21.275} = 4,4$.

CÁLCULO DE LOS CABLES DE RETENCIÓN.—Estos cables hacen con el plano horizontal un ángulo de 25° y equilibran la tensión horizontal de los cables de suspensión y oblicuos. La tensión horizontal de los cables de suspensión es de 710.712 kilogramos.

La de los cables oblicuos determinada por el cálculo gráfico 126.000 kilogramos.

La tensión horizontal encima de la pila es de 836.712 kilogramos, y según el eje de los cables de retención, de

$$\frac{836.712}{\cos 25^\circ} = \frac{836.712}{0,906} = 923.523 \text{ kilogramos.}$$

Queda, por lo tanto, á equilibrar

$$923.523 - 742.644 = 180.879 \text{ kilogramos.}$$

Ponemos un cable de 55 milímetros de diámetro, sección 1.787 metros cuadrados.

La resistencia á la rotura es de 190.000 kilogramos; el coeficiente de seguridad en cuatro cables en cada lado del puente

$$\frac{190.000 \times 4}{180.879} = \frac{760.000}{180.879} = 4,2.$$

CÁLCULO DE LAS PÉNDOLAS.—Para evitar la ejecución delicada de numerosas piezas emplearemos para las péndolas cables en vez de barras de suspensión.

Cada cable llevará dos cabezas en sus extremos y se unirá á los cables de suspensión y á las viguetas con horquillas de acero dulce.

Las péndolas se encuentran en las condiciones más desfavorables en el caso de la sobrecarga dinámica.

A pesar de no corresponder al trabajo real, pues ya hemos dicho que el tablero de hormigón armado reparte el peso de los carros sobre varias viguetas y, por lo tanto, sobre varias péndolas, consideraremos que el peso de dos carros de frente actuará por entero sobre las dos péndolas correspondientes á la vigueta cargada.

La carga sobre cada barra será, pues, de

$$\frac{2.700 \times 1,25 + 12.000 + (450 \times 1,25)}{2} = 7.968 \text{ kilogramos.}$$

Siendo la carga de 7.968 kilogramos tomaremos un cable de 25 milímetros, compuesto de 37 alambres de 3,6 milímetros, y cuya resistencia total es de 40.000 kilogramos. El coeficiente de seguridad es de 5.

Las dos varillas en la viga inferior y la cabeza sufrirán un esfuerzo cada una de $\frac{7.968}{2} = 3.984$ kilogramos, trabajo 7 kilogramos por milímetro cuadrado, sección al fondo de la rosca 570 milímetros cuadrados, redondo de 32 milímetros.

La carga de 7.968 kilogramos se reparte sobre seis cables, ó sea sobre cada cable 1.328 kilogramos, por medio de una horquilla, sobre cada lado $\frac{1.328}{2} = 664$ kilogramos á 7 kilogramos por milímetro cuadrado, sección 95 milímetros cuadrados al fondo de la rosca, redondo de 15 milímetros.

Estas horquillas se amarran á un hierro $\perp$ de 90×50 , y el cable de suspensión está colgado por medio de dos horquillas; el trabajo sobre cada una es de $\frac{7.968}{2} = 3.984$ kilogramos, ó en cada lado 1.992 kilogramos á 7 kilogramos por milímetro cuadrado, sección 285 milímetros cuadrados al fondo de la rosca, redondo de 24 milímetros.

CÁLCULO DE LA VIGA ARTICULADA EN BARANDILLA.—La sobrecarga móvil actuando sobre una viga del piso se distribuye sobre dos cabezas de viga articulada.

La carga sobre cada una es de

$$\frac{2.700 \times 0,25 + 12.000 + 450 \times 1,25}{2} = 7.968 \text{ kilogramos}$$

igual á la de las barras de suspensión, y por diagonal

$$\frac{7.968}{2 \cos 42^\circ} = 5.384 \text{ kilogramos,}$$

á 7 kilogramos por milímetro cuadrado, sección $\frac{5.384}{7} = 769$ milímetros cuadrados al fondo de la rosca, redondo de 34 milímetros.

Los montantes verticales soportan una compresión de 5.384 kilogramos, sección media máxima 4.000 milímetros cuadrados.

$$R = \frac{5.384}{4.000} = 1,35 \text{ kilogramos.}$$

Resal y Maurice Lery, en sus tratados de puentes metálicos, indican que en las vigas auxiliares de puentes colgados, sostenidas por cables oblicuos, que es el caso actual, el momento de flexión es la tercera parte de la resultante en una viga apoyada libremente en los dos extremos.

La fórmula de Resal, muy complicada, ha sido modificada en la práctica por una fórmula sencilla aplicada por las casas constructoras, cuyo resultado se aproxima al de la fórmula de Resal.

Según esta fórmula práctica, la tensión de los largueros en las cabezas es

$$\frac{6.000 \times 86}{4 \times 3 \times 1,40} = 307 \text{ 14 kilogramos.}$$

siendo 6.000 kilogramos la sobrecarga sobre la viga articulada, 86 metros la parte central parabólica y 1,40 metros la altura de la viga.

La sección de los largueros [de 140 milímetros inferiores y superiores es de 4,080 milímetros cuadrados además del hierro de Zorés, pasamano del que hace abstracción.

Tendremos, pues,

$$R = \frac{30.714}{4.080 \times 2} = 3,35 \text{ kilogramos.}$$

CÁLCULO DEL ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL.—Dada la pequeña superficie que presentan los cables, y, sobre todo, la rigidez que al tablero presta el forjado de hormigón armado, podríamos excusarnos de poner arriostramientos, pero para mayor seguridad y siguiendo el ejemplo de Arnodin, en sus puentes ya citados, proponemos unas cruces de San Andrés horizontales, cada cuatro tramos de 1,25 metros, que calculamos gráficamente.

Suponemos el puente cargado y un viento de 170 kilogramos por metro cuadrado; que es macizo el trozo de barandilla de cuatro tramos que se considera, en uno de los lados del puente, deduciéndose los huecos en el tramo de barandilla del otro frente.

Resulta así un esfuerzo horizontal de 1.800 kilogramos sobre un trozo de 5 metros.

Cuando el viento alcance á los 270 kilogramos, como el tramo no estará cargado, pues con tal huracán no hay quien se atreva á pasar por el puente, la superficie resistente disminuye de tal manera que el esfuerzo sobre los cuatro tramos considerados del tablero resulta inferior á los 1.800 kilogramos, según es fácil comprobar.

CÁLCULO DE LOS LARGUEROS DE LOS CABLES OBLICUOS.—Estos largueros están sostenidos por los cables oblicuos cada 3,80 metros.

La sobrecarga dinámica es la que da el mayor esfuerzo.

El momento máximo será en estos largueros, para el paso de carros, con los andenes cargados

$$M = \frac{1.625 \times 380 \times 380}{8} + \frac{6.000 \times 380}{4} = 863.312.$$

Adoptando viguetas de acero en T de 340 milímetros que tienen con un momento de inercia $\frac{I}{V} = 931$, resulta para el acero un trabajo de

$$\frac{863.312}{931} = 9,3 \text{ kilogramos.}$$

HORQUILLAS.—Las horquillas de los cables oblicuos en los largueros soportan un esfuerzo máximo de 20.700 kilogramos; con dos secciones, el trabajo á 7 kilogramos será $\frac{20.700}{7 \times 2} = 1.478$, lo que exige acero redondo de 51 milímetros.

Además, para evitar la compresión de los largueros, se colocará un cable de tensión de extremo á extremo de los largueros en cada lado del puente.

MACIZOS DE AMARRE.—Como hay que dejar huecos para el paso y amarre de los cables, debemos construir estos macizos con hormigón hidráulico de portland. Pero para que armonice su aspecto anterior con el resto del puente, se ejecutarán los paramentos con mampostería careada.

La disposición empleada para los amarres y para la visita de los mismos es igual á la que se ha hecho en los puentes de M. Arnodin ya citados.

CÁMARA DE MINA.—En la base 7.^a del concurso se prescribía que en los macizos de los apoyos del puente se habilitarán cámaras de mina, para su rápida destrucción en caso de guerra, si se creyera necesario.

Hemos visto en la Jefatura de Obras públicas de Tarragona el proyecto redactado por la Comandancia de Ingenieros de Lérida, aprobado por Real orden de 30 de Abril de 1909, pero este proyecto se ha hecho sobre la base de un proyecto de puente metálico rígido, redactado anteriormente, y que no ha sido aprobado por la Superioridad.

Para el caso de puente colgado consideramos completamente inútil toda cámara de mina, pues para destruir el puente basta cortar los cables, operación que puede efectuarse con algunos cartuchos de dinamita en algunos minutos.

Pero en último caso, si los Ingenieros militares desearan disponer alguna cámara especial, deberán proyectarla sobre nuestros planos y fácil será dejar en los macizos de pilas ó amarres los huecos necesarios al efecto.

CÁLCULO DE LOS MACIZOS DE AMARRE.—El esfuerzo de los cables suspensores y de retención para levantar el macizo de hormigón, es de

$$923.523 \text{ kilogramos por } \sin 25^\circ = 390.650 \text{ kilogramos.}$$

El esfuerzo de deslizamiento es de $836.712 =$ á tensión horizontal de los cables.

Proyectamos para contrarrestarlo un macizo de amarre que en el caso de la variación de la margen izquierda, que es el más desfavorable, tiene un volumen de 1.487,5 metros cúbicos que pesa 3.272.500 kilogramos mayor que 390.650 kilogramos.

El esfuerzo de rozamiento es

$$(3.272.500 - 390.650) \times 0,40 = 2.881.850 \times 0,40 = 1.152.740 \text{ mayor que } 836.712.$$

Barras de anclaje.—Cada cable suspensor tiene cuatro barras de anclaje, fijadas en la forma indicada en el plano del macizo.

Cada barra soporta entonces una carga de $\frac{61.887}{4} = 15.472$ kilogramos, trabajo 7 kilogramos por milímetro cuadrado, sección $\frac{45.220}{7} = 2.210$ milímetros cuadrados al fondo de la rosca, redondo de 50 milímetros.

Los cables de retención soportan una carga de 45.220 kilogramos, cuatro barras y trabajo 7 kilogramos por milímetro cuadrado, sección $\frac{45.220}{4 \times 7} = 1.615$ milímetros cuadrados al fondo de la rosca, redondo de 50 milímetros.

J. EUGENIO RIBERA.

(Continuará.)

LA CIUDAD JARDÍN

Ojeada retrospectiva.

Construcción Cívica, Habitación popular, Ciudades Jardines, Cooperación, he aquí cuatro lemas que de hoy en adelante, á medida que sean plenamente conocidos los brillantes resultados de las experiencias que particularmente me propongo reseñar, difícilmente podrán ser concebidos, sino como inseparables; y si ahora haciendo una necesaria abstracción los separamos, sea esto únicamente admitido como un simple expediente informativo, sin dejar de tener nunca en cuenta el hecho que con más relieve va á resultar de nuestro examen, de que precisamente la Cooperación es el nexo que une indisolublemente en un solo conjunto armónico todos aquellos diversos concepto.

Precisamente una de las más importantes conclusiones prácticas á las cuales sin disputa alguna puede afirmarse ha llegado el movimiento de las Ciudades Jardines es la de que, si por una parte se impone la creación, allí donde las corrientes migratorias lo aconsejen, de villas y ciudades modelo, de nueva planta, que puedan desarrollarse libres de las férreas trabas que la herencia del pasado opone al conveniente desarrollo de los núcleos de población existentes, no menos importante que este aspecto, que podría llamarse radical, de la cuestión, es la tendencia moderada, oportunista, que lógica y paralelamente debe acompañarle y en la práctica le acompaña, dirigida á encauzar en lo posible el futuro desarrollo de las ciudades existentes bajo líneas tan semejantes como sea posible á las de los modelos antedichos.

Tanto en una como en otra dirección, el sistema económico cooperativo ha dado pruebas indiscutibles de ser un auxiliar más que poderoso, decisivo, para la eficaz resolución de los problemas planteados por la práctica, y así, al paso que por una parte vemos predominar y triunfar el ideal cooperativo en el grandioso y atrevido ensayo de la primera Ciudad Jardín de Letchworth, Inglaterra (y eso no sólo en su concepción económica fundamental, sino por la manera como en la práctica se ha llevado á cabo aquella enorme empresa de colonización urbana), por otra parte, todavía más brillante y más completo ha sido el resultado de los vastos y numerosos ensayos de aplicar el mismo sistema á las urbanizaciones en gran escala de los hasta entonces raquíticos, sórdidos y abyectos suburbios de las capitales modernas; con cuya brillante victoria, según se indicó, queda definitivamente confirmada la antedicha posición fundamental de la Cooperación como centro común de enlace de cualesquiera esfuerzos que en lo sucesivo se hagan para la conveniente solución de todos los problemas aludidos.

Dos son los principales caminos por los que el movimiento cooperativo podía lógicamente atacar el problema planteado por el monstruoso crecimiento de las modernas ciudades; problema que, así como desde el punto de vista colectivo toma el nombre de Construcción Cívica (*Town Planning* en inglés y *Städtebau* en alemán) bajo su aspecto individual se reduce al así llamado pro-

blema de la Habitación, tendiendo á salvaguardar el interés privado del ciudadano de los desastrosos efectos que para su conveniente alojamiento están produciendo aquellas caóticas aglomeraciones de los grandes centros industriales modernos. Siendo, en efecto, las cooperativas de consumo las primeras históricamente, y por ende, prácticamente, las más desarrolladas de todas las formas que en su desenvolvimiento ha afectado el fecundo principio de la cooperación, parecía natural que fueran estas Asociaciones, hoy día, como es sabido, en pleno florecimiento en los países más adelantados, las llamadas, en primer término, á embestir este problema de la habitación, proveyendo de adecuado alojamiento á sus millones de clientes, del mismo modo que con el tiempo han venido ellas á proveerles de la mayor parte de los mil variados objetos que las comunes necesidades humanas requieren, como son los múltiples artículos de comer, beber y arder, los de vestir y confecciones, maquinaria y utensilios para las industrias, ahorro, crédito, previsión para las necesidades y contingencias futuras y hasta los más remotos objetos de ilustración y cultura. Pero, ya sea á causa de los enormes capitales y de las severas restricciones impuestas por el comercio de inmuebles, ya por tener dichas Sociedades absorbidos sus recursos de todo género en otros cometidos más apremiantes, al paso que como vamos á ver, otros importantes organismos se preocupan particularmente de nuestro problema, ya por falta de una avisada orientación que en otras ocasiones se ha puesto de relieve, ó bien sea por todas estas causas juntas, lo cierto es que hasta muy recientemente las cooperativas de consumo han dado muestras de la mayor indiferencia ante los universales clamores del pueblo por lo que á la habitación se refiere.

Tan sólo en Inglaterra, y en menor escala en Alemania, donde puede señalarse el magnífico ejemplo de la gran cooperativa Produktion (1) de Hamburgo y aun allí desde hace muy pocos años, han empezado las cooperativas de consumo á preocuparse del problema, siendo, por tanto, relativamente mezquinos (tratándose de una organización que reúne más de 2 1/2 millones de miembros, con un total de ventas por valor de 1.886 millones y más de 900 millones de capital de explotación) los resultados totales hasta el presente obtenidos, según puede deducirse por los siguientes datos sobre Inglaterra presentados en el Congreso Internacional de la habitación celebrado en Londres en 1907, comparados con los que luego se verán relativos á brillantes éxitos de los otros organismos antedichos:

Sociedades cooperativas que tienen oficios de edificación	413
Sumas prestadas á sus miembros para comprar casas.....	6.532.000 Ls.
Número de casas construidas de este modo.	32.000
Sumas invertidas en construcción de casas que luego han sido vendidas á sus miembros.....	1.232.000 Ls.
Número de casas así construidas y vendidas.	5.577
Sumas invertidas por las Sociedades en construcción de casas para alquilar á sus miembros.....	1.839.000 Ls.
Número de casas de este modo alquiladas..	8.530

Total, 46.707 casas con un capital de importe 9.603.000 Ls.
A estos resultados hay que añadir, desde 1908, los incipien-

(1) Esta pujante Sociedad, fundada en 1899 y que contaba en 1908 con 35.098 miembros, haciendo operaciones por valor de 8.041.755 marcos, ha venido gradualmente añadiendo á su objeto, puramente distributivo al principio, las tareas de la producción de casi todos los artículos que expende, y luego el ahorro y la construcción de casas para uso de sus asociados, habiendo en 1910 construido 612 viviendas y 42 oficinas y almacenes.

También hay que señalar la Ciudad Jardín de Milanino, cerca de Milán, que está construyendo la Unione Cooperativa.