

Puente Maule en Banco Arena

(Datos para una monografía)

POR

SAMUEL FLORES RUIZ

UBICACION

El puente sobre el Maule en Banco Arena, ubicado en el Km. 83 del F. C. de Talca a Constitución, es una de las obras mas importantes de esa línea; (cuya trocha es de 1.00 m.), su construcción y entrega al tráfico público, después de varios años de explotación del ferrocarril, vino a llenar una necesidad justamente reclamada por el comercio y movimiento de pasajeros entre las ciudades nombradas, suprimiendo el trasbordo en Banco Arena con sus molestias, peligros y dificultades consiguientes.

INAUGURACION

La inauguración oficial de esta obra tuvo lugar el 19 de Diciembre de 1915, últimos días de la Administración del Excmo. señor don Ramón Barros Luco.

PROPUESTAS PUBLICAS.

El 17 de Abril de 1907, la Dirección de Obras Públicas, autorizada por el Ministerio respectivo, pedía propuestas públicas en Santiago, Europa y Estados Unidos para la construcción de los puentes El Tranque, Canelo, Maule y Cholchol, debiendo los interesados acompañar a la licitación junto con el valor de la propuesta, los planos correspondientes de cada proyecto.

El día fijado para la apertura de las propuestas, se presentaron para el puente del Maule las siguientes firmas:

Schneider y Cía. del Creusot, por £ 33 672 en 20 meses; peso por m|c., 2 500 kilos.

Daidet y Pillet, Proyecto A por £ 36 581 en 23 meses; peso 2 000 Kls.

Daidet y Pillet, Proyecto B por £ 39 263

Saavedra, Bénard y Cía. por las Fábricas Unidas Augsburg--Nürnberg por 40 362 £ en 13 meses, peso 2 200 Kls.

PROPUESTA ACEPTADA.

El Supremo Gobierno aceptó la propuesta de la firma Schneider y Cía. por la suma de 33 672 £., por ser la mas baja y ofrecer mayores garantías en la infraestructura; pues fijaba la cota de fundación de los machones a mayor profundidad que la indicada en los otros proyectos.

Por falta de sondajes geológicos dentro del lecho del río que no pudieron llevarse a cabo por carecer de los elementos necesarios, la Dirección de Obras Públicas no proporcionó a los interesados ningún dato sobre la naturaleza del sub-suelo de fundaciones; pero para asegurar la estabilidad de la obra y salvar las dificultades que por esa circunstancia pudieran presentarse durante la construcción, se introdujo entre las diversas cláusulas del contrato de la propuesta aceptada, la siguiente:

Si la naturaleza del terreno hiciere necesario bajar con las fundaciones a mayor profundidad que las cotas previstas en los planos, el trabajo que haya de efectuarse debajo de dichas cotas se pagará aplicando a cada metro corrido de machón o estribo los precios que siguen:

Estribo Talca	88 £
Machones	104 "
Estribo Constitución	34 "

PLAZO DE CONSTRUCCION.

El plazo estipulado en el contrato para la terminación de la obra fué de 20 meses contados desde el 26 de Mayo de 1908, día en que se firmó la escritura pública, debiendo el contratista pagar una multa de 33,67 £ por cada día de atraso.

Para el caso en que hubiere necesidad de profundizar las fundaciones mas allá de las cotas previstas, se dejó establecido que el plazo se prorrogaría en dos semanas por cada metro corrido de exceso en los machones y estribos.

Según lo estipulado, el contratista debía entregar terminada la obra el 26 de Enero de 1910.

CONDICIONES GENERALES DEL PROYECTO.

El proyecto contratado se componía de 6 tramos iguales e independientes de 53,25 mts. de luz, medidos desde los centros de los montantes extremos de la viga.

Las aguas máximas quedaban a dos metros de la cabeza inferior de la viga, altura que se estimó suficiente para dar paso a los árboles que pudiera arrastrar el río en sus avenidas.

Los accesos del puente lo formaban grandes terraplenes de 7 mts. de altura, una curva de 300 mts. de radio a la entrada y otra de 125 a la salida.

La ubicación de este puente en Banco Arena, fué impuesta por la circunstancia de que la plataforma de la vía se construyó hasta ese punto, sin el propósito de cruzar el río y continuar la línea hasta Constitución, por razones de economía. El lugar mas apropiado para su ubicación se hallaría a unos pocos kilómetros mas arriba del sitio en que quedó ubicado, en un punto del río denominado «Piedra de Lobo», en donde el lecho se presenta encajonado, con sus riberas bien definidas, lo que habría permitido acortar notablemente su largo y el de los terraplenes de acceso; y además, el eje del puente habría tenido, más o menos, la dirección general del trazado, evitándose así el gran desarrollo y pequeños radios de las curvas de enlace.

La mayor profundidad del agua en Banco Arena, en la época del estiaje, alcanza a 10 metros, y la máxima, según los datos obtenidos hasta la fecha del estudio llegaba a 17,50 mts.

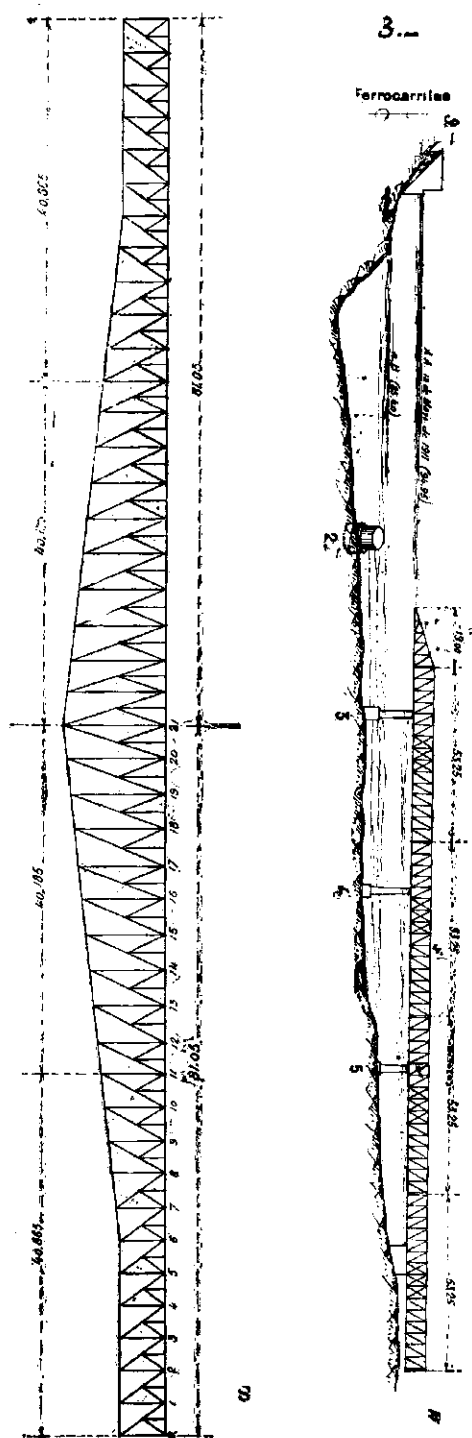
SUPERSTRUCTURA.

La superestructura del puente la constituían seis tramos metálicos de 53,25 metros de luz (vía superior).

Cada tramo estaba formado por dos vigas principales colocadas a 3,60 mts. de eje a eje, divididas en quince paños de 3,55 mts. cada uno. La altura de la viga era de 5,30 contados de nudo a nudo.

La viga pertenece al tipo Pratt, de enrejado simple, montantes comprimidos y diagonales tendidas.

Las cabezas son en forma de cajón formado por una platabanda horizontal y dos palastros verticales unidos a la anterior por cantoneras de fierro ángu-



Figs. 4 y 3

lo y reforzadas exteriormente, en el extremo libre por escuadra de fierro longitudinales; interiormente, el cajón va reforzado con atiesadores de fierro plano, uno en cada paño.

Los montantes y diagonales son de dos clases: los mas próximos a los apoyos son compuestos de fierro doble té formado por una alma llena y dos cantoneras en cada cabeza; los demás que siguen, hasta el paño central, son vigas doble té formada por cabezas de fierros ángulos y alma de enrejado, constituido por diagonales de fierro plano en forma de zig-zag.

Montantes de viga doble té de alma llena, 2, 3, 4, 5.

Montantes de viga doble té de alma enrejado 5, 6, 7, 8.

Diagonales de viga doble té de alma llena 1, 2, 3, 4.

Diagonales de viga doble té de alma enrejado 5, 6, 7, 8.

Los montantes de los apoyos son formados por vigas en forma de cajón doble.

El tablero metálico del puente lo constituyen travesaños de fierro doble té compuestos de una alma y cuatro cantoneras de fierro ángulo, a los cuales vienen a ensamblarse las longuerinas, de perfil análogo a los anteriores; sobre estas últimas descansan los durmientes que prolongados mas allá del largo ordinario, van a formar a ambos lados de la vía las pasarelas de servicio de 0,60 metros formadas por dos tablones de roble de 12" por 2".

Los contravientos de las vigas, en el sentido vertical y horizontal, están formados por cruces de San Andrés compuestos de dos cantoneras de fierro ángulo remachados en forma de simple té.

Una baranda de fierros tubulares va remachada en la cabeza superior de las vigas.

Los durmientes colocados sobre la vía, en el puente, son especiales, de 3,00 m. por 0,20 y por 0.125 y se amarran a las longuerinas por una escuadra de fierro y un perno.

Cada tramo descansa sobre la albañilería de los machones y estribos por intermedio de dos aparatos de apoyo a rótula, uno de ellos fijo y el otro de dilatación, compuesto de cinco rodillos, la placa de descanso de los rodillos troncos apoyados sobre la albañilería por intermedio de una lámina de plomo para uniformar las presiones.

En el proyecto los aparatos de apoyo descansaban sobre piedra tallada, que fué reemplazada en la construcción por macizos de concreto N.º 0 de proporción $1^c \times 2^a \times 4^p$.

INFRASTRUCTURA.

La infraestructura del puente la constituían cinco machones y dos estribos hechos de albañilería de concreto, fundados, a excepción del estribo Sur, por el sistema de aire comprimido, empleando un cajón o cámara de aire con ataguías metálicas remachadas a la cara superior del cajón.

PRECIO DE LAS OBRAS.

Los precios de las diversas clases de obras, estipulados en el contrato fueron los siguientes:

Hormigón colocado	2 £ — 12s el M. ³
Estuco	0 £ — 2s el M. ²
Madera en pilotes y emparrillado, colocada	4 £ — 0s el M. ³
Ferretería colocada	25 £ — 0s la tonelada.

MODIFICACIONES DEL PROYECTO

La Dirección de Obras Públicas, en vista de la mala calidad del terreno encontrado a la cota prevista en los planos, durante el hincamiento del cajón N.º 3, resolvió de acuerdo con una de las cláusulas del contrato, aumentar la profundidad de la excavación del estribo Norte y de los machones 3, 4 y 5; ensanchar la base de estos últimos para disminuir la presión por unidad de superficie sobre la base de asiento; y además, se convino con la Empresa Constructora en modificar la sección transversal de los machones 1 y 2, reemplazando los cajones metálicos por otros de mayores dimensiones, dándole a los nuevos una sección de 15 mts. por 8 mts. en vez de $9 \times 5,60$ y 9×5 mts. que tenían respectivamente, según los planos del proyecto.

Aceptadas esas modificaciones, el 10 de Mayo de 1911 el río Maule experimentó una creces extraordinaria que elevó sus aguas a una altura imprevista y no alcanzada hasta esa fecha en avenidas anteriores, llegando hasta el nivel de la cabeza inferior de las vigas principales del puente (Véase fig. 3).

Como las creces del Maule tenían lugar, ordinariamente, entre los meses de Junio y Agosto, la que citamos sorprendió al contratista de las obras completamente desprevenido, por cuya causa tuvo que lamentar perjuicios y pérdidas de consideración: todos los elementos de trabajo que se hallaban en la orilla,

fuera del alcance de las avenidas ordinarias, fueron destruídos o arrastrados por la corriente; el motor y las compresoras de aire se inutilizaron por destrucción y pérdida de varios accesorios; desaparecieron 400 metros de cable de acero y casi toda la madera y durmientes que se hallaron al alcance de las aguas, junto con algunas lanchas y botes de servicio de propiedad de la Empresa.

Pero el perjuicio de mayor consideración que hubo que lamentar con esa avenida extraordinaria e inesperada, fué la destrucción del andamiaje o plataforma de servicio formada de pilotes, construída alrededor del machón N.º 2 y como consecuencia inmediata, el volcamiento del cajón y ataguía que recién se había hecho descansar sobre el fondo del río para dar principio a su hincamiento.

Las dos campanas o esclusas del aire fueron desprendidas de las chimeneas del cajón y se destruyeron arrastradas por la corriente, con sus respectivos huinches. Dichas campanas pesaban alrededor de dos toneladas cada una. Una de ellas apareció en el puerto de Constitución, pero completamente inutilizada.

El cajón metálico, que en el período mas alto de la creces desapareció bajo el nivel del agua, dejó ver en la baja marea un extremo de la ataguía en unos veinte centímetros.

Pasada la creces, pudo constatarse que dicho cajón no había sido volcado por la corriente, sino inclinado hacia aguas arriba, a causa de una socavación que se produjo en ese extremo del machón, y que según los sondeos de reconocimientos, alcanzó a una profundidad de 7,50 m.

El peso total del cajón en el momento del accidente se descomponía como sigue:

Peso propio y envoltura metálica	75 Tns.
222 m. ³ de concreto a 2,4 Tns. cada uno	573 Tns.
TOTAL	618 Tns.

Producido ese desastre, que nadie pudo prever, la Dirección de Obras Públicas, después de un detenido estudio pudo apreciar las dificultades e inconvenientes que presentaría la operación de colocar nuevamente el cajón averiado en su respectivo sitio, y acordó celebrar con la Empresa Constructora un nuevo contrato definitivo por la suma de 75 315 £ que comprendía todas las obligaciones anteriores y además, las que se enuncian enseguida:

1) Reemplazo de los tres primeros tramos, de 53,25 mts. por dos continuos de 81,05 metros.

- 2) Sustitución de los machones 1 y 2 por uno solo colocado al centro del claro que existe entre el estribo Sur y el machón N.º 3.
- 3) Transformación del estribo Norte en machón.
- 4) Prolongar el largo del puente por el lado Norte, agregándole un tramo de 53,25 metros.
- 5) Construcción de un nuevo estribo.
- 6) Elevar el nivel general de la infraestructura del puente en 2 mts.
- 7) Colocar alrededor del machón (1—2) de los tramos continuos, escolleras de defensa formadas por un mil de bloques de concreto de un metro cúbico de capacidad cada uno.

Por su parte, el Fisco se comprometía a adquirir los dos tramos metálicos sobrantes al precio estipulado en el contrato primitivo, por la suma de 2 925 £ 6s — 8d. cada uno; y además, los dos cajones metálicos con sus ataguías, pertenecientes a los machones 1 y 2, por la suma de 1 581 £.

El estado de los trabajos a la fecha de firmarse el último contrato, era el siguiente: estaban por terminarse ambos estribos y los machones 3, 4 y 5, trabajos que avaluados a precio de contrato sumaban ü 20 778; recién se iniciaba el hincamiento del machón N.º 2 afectado por la avenida.

El nuevo presupuesto definitivo de £ 75 315 se componía así:

Infraestructura:

Machones 3, 4 y 5, estribo Sur y parte aprovechable del estribo

Norte.....	£ 20 778
Machón (1—2) levantado	17 180
Nuevo estribo Norte levantado	1 994
Defensa de mil bloques de concreto	2 400
Levante de ambos estribos y machones 3, 4 y 5.....	1 411

Superestructura:

6 tramos de 53,25 mts. a 2 925 £ — 6s — 8d. c u....	£ 17 552	
2 tramos de 81,05 mts. a 7 000 £ cada uno	14 000	£ 31 552
SUMA TOTAL		£ 75 315

Independientemente del presupuesto anterior, la Inspección Técnica del puente, confeccionó un proyecto de defensa de los machones 3, 4 y 5 contra los peligros de socavación, formado por escolleras de piedras naturales de un pe-

so mínimo de 700 kilos, que debían colocarse alrededor del perímetro de fondo. El cubo total de roca que comprendía el proyecto se fijó en 1 964 500 m.³ distribuidos en los tres machones.

Pedida la licitación pública en Constitución a la cual no concurrió la Casa Constructora del puente, se presentaron sólo dos proponentes, uno por \$ 39 850 y otro por \$ 47 600.

La Administración aceptó la primera de ellas, en el plazo de tres meses y medio.

NUEVO PLAZO

El plazo estipulado en el último contrato para terminar el puente, fué de 18 meses contados desde el 16 de Septiembre de 1911, el cual debía expirar el 16 de Marzo de 1913; sin embargo, el puente no fué entregado sino el 19 de Diciembre de 1915.

Las dificultades ocasionadas por la mala calidad del terreno de fundaciones, que obligó a practicar serios estudios de reconocimiento del sub-suelo, el cambio de sección de la base de la pila (1—2) estando el cajón ya hincado a la cota definitiva, junto con los serios inconvenientes y perturbaciones en el servicio, que trajo consigo el estallido de la gran guerra europea por la circunstancia de ser francesa la firma de la Casa Constructora, justificaron, al hacerse la liquidación del contrato, el atraso en la terminación de la obra y la exención del pago de la multa correspondiente.

PROPORCION DE LAS MEZCLAS

El cemento empleado en las albañilerías del puente fué de la marca «Elevator Portland» «Cement», Antwerp, Belgium.

La proporción de los diversos concretos fué la siguiente:

N.º 1) $1 \times 2,5 \times 5$, en el levante de los machones.

N.º 2) $1 \times 3 \times 6$, en la albañilería en elevación, desde el nivel de aguas mínimas hasta el coronamiento.

N.º 3) $1 \times 4 \times 8$ en el ensanche de la base de los machones.

N.º 4) $1 \times 5 \times 10$, en la albañilería de la cámara y en la parte cubierta por las ataguías metálicas.

El estuco de los paramentos visto de machones y estribos se hizo con mezcla de cemento y arena en proporción de 1×2 .

PESO DE LA FERRETERIA

(Proyecto primitivo)

Cajón machón N.º 1 sección $9 \times 5,60$ mts. peso	25 900 Tns.
Cajón machón N.º 2 sección 9×5 mts. peso	20 200
Cajón machón N.º 3 sección 9×5 mts. peso	19 383
Cajón machón N.º 4 sección $8 \times 4,60$ mts. peso	18 861
Cajón machón N.º 5 sección $8,60 \times 4,60$ mts. peso	18 861
Cajón estribo Norte sección $7 \times 5,50$ mts. peso	16 527
TOTAL	119 732 Tns.
Cajón machón N.º 1 nuevo, sección 15×8 mts. peso..	142 110 Tns.
Cajón machón N.º 2 nuevo, sección 15×8 mts. peso..	149 649
	291 759 Tns.

Los cajones N.º 1 y 2 antiguos los adquirió el Fisco; el N.º 2 nuevo se perdió.

PESO DE LOS TRAMOS METALICOS

(Proyecto primitivo)

L = 58,25 mts.

Tramo N.º 1 peso	120 608 Tns.
Tramo N.º 2 peso	124 656
Tramo N.º 3 peso	122 256
Tramo N.º 4 peso	119 000
Tramo N.º 5 peso	119 000
Tramo N.º 6 peso	119 000
TOTAL	724 520 Tns.

TRAMOS CONTINUOS

La viga de los tramos continuos pertenece al sistema Pratt, de enrejado sencillo formado por montantes comprimidos y diagonales tendidas.

Cada tramo de la viga se compone, según puede verse en la figura 2, de una parte rectangular de cabezas paralelas en el extremo libre entre los nudos 0 y 6, y otra de forma trapecial con la cabeza superior inclinada comprendida entre el nudo 6 y el 20, en el centro del tramo. La altura de la viga en los extremos es de 5,20 mts. y en el centro 11,20 mts; ambos tramos son simétricos e iguales.

Las cabezas de la viga son en forma de cajón, análogas a las de los tramos cortos. En la zona de la viga en que los momentos de flexión son mínimos, entre los nudos 0 y 3 y 13 y 18, la cara superior del cajón se compone de un enrejado sencillo, y en el resto está formada por suelas de fierro plano.

Los montantes y diagonales son vigas doble té compuestas de una alma llena, cantoneras y platabandas.

Los travesaños y longuerinas, que forman el tablero del puente, son vigas doble té de sección análogas a las anteriores; los primeros se ensamblan a los montantes de la viga y las segundas al alma de los travesaños a plomo de los rieles.

Los contravientos verticales y horizontales consisten en cruces de San Andrés compuestas de dos fierros ángulos en forma de simple té.

En todo el largo que separa los trozos extremos de cabezas paralelas de la viga y a la altura de la cabeza superior, se consulta un fierro en U horizontal, remachado interiormente a los montantes y destinado a recibir la baranda del puente y una pequeña vigueta armada doble té compuesta de enrejado y cantonera, que amarra horizontalmente el fierro en U con el alma de los largueros del puente en el centro de cada paño, constituyendo al mismo tiempo una especie de contraviento general de las vigas.

El montante central de las vigas y los dos contiguos se hallan unidos en el extremo superior por contravientos formados por una vigueta armada de enrejado doble y cantoneras, reforzadas por consolas laterales en forma de arco; la sección trasversal del montante central, es en forma de cajón doble.

En cada uno de los paños de la viga se consulta una diagonal y un montante suplementario, cuyo objeto es reforzar la cabeza inferior de la viga en el centro del paño y contrarrestar la reacción que se desarrolla en los rodillos de los aparatos de lanzamiento al correr los tramos. Los montantes son vigas doble té de alma llena y cantoneras, y las diagonales de perfil análogo, de alma de

enrejado. Estas piezas en los tramos cortos de 53,25 mts. se colocaron provisoriamente de madera, para ser retiradas después de verificado el lanzamiento.

FRENAJE

En cada uno de los paños extremos de la viga continua, se consultan dos viguetas destinadas a resistir los efectos del frenaje, formadas por un alma llena de sección variable y cuatro cantoneras, remachadas, (las viguetas), a la cabeza superior de la viga principal y al centro de cada una de las longuerinas del paño.

APARATOS DE APOYO

La viga continua descansa sobre los machones y estribos por medio de aparatos de apoyo a rótula, fijo el del machón central y los otros dos, de dilatación compuestos de seis rodillos; entre ellos y la albañilería se interpone una lámina de plomo.

ANCLAJE DE LOS TRAMOS

En el interior del machón central de los tramos, a la cota de 93.45 mts. o sea, a 3,45 mts. de su coronamiento, se consultan cuatro vigas de sección U distribuidas de a dos y simétricamente colocadas con respecto al eje longitudinal del machón. Bajo la cara inferior de estas vigas horizontales, colocadas de canto y pasando por entre ellas se apernan dos pares de tirantes de fierro redondo de 60 m m. de diámetro, que prolongados verticalmente al exterior, van a amarrarse al travesaño central de las vigas principales, formando de esta manera, un contraviento general de todo el sistema. Las vigas en U, que forman la base de este anclaje, están reforzadas por cuatro viguetas doble té remachadas normalmente a su cara superior.

DATOS SOBRE CONSTRUCCION

Estribo Sur.—La fundación de este estribo, del lado de Constitución se consultó, como se ha expresado anteriormente, con excavación al aire libre, por ser la ribera del río en ese punto formada por un banco de roca granítica que forma cuerpo con una puntilla de cerro que sirve de protección al estribo y al terraplén de acceso, del lado de aguas arriba.

A fin de reforzar el empotramiento del estribo dentro de la excavación contra cualquier peligro de deslizamiento, se acordó, fuera de contrato, rellenar con concreto el espacio comprendido entre los paramentos del macizo y las paredes del herido hasta la altura de la primera zarpa o recogido, compensando dicho trabajo con una pequeña modificación introducida en la albañilería del cuarto de cono de defensa del terraplen.

La cota de la base de fundación, según el proyecto, era de 87,75 y el estribo quedó fundado a 85,75, o sea dos metros mas abajo que la cota prevista en los planos.

La proporción del concreto empleado fué de $1 \times 4 \times 8$ en las fundaciones y $1 \times 3 \times 6$ en la elevación.

La tasa de trabajo del suelo de fundación incluyendo carga permanente y sobrecarga era de 3,7 Kgs. por c m.²

Otra modificación que se hizo a este estribo, por cuenta del contratista, fué el relleno con concreto del espacio comprendido entre los muros de vuelta, haciendo de ellos un solo macizo de albañilería.

TRABAJOS AL AIRE COMPRIMIDO

Los trabajos al aire comprimido se ejecutaron empleando cajones metálicos fijos compuestos de una cámara de aire o cajón, de una atagüa y dos chimeneas dotadas cada una de una campana o esclusa para la introducción de los materiales y entrada de los operarios.

La cámara de aire era un cajón metálico corriente en esta clase de obras, formado por montantes de fierros ángulos y una envoltura de palastro calculada para resistir la presión del aire y el empuje del agua, el cielo del cajón, sobre el cual se apoya la albañilería, estaba formado por un entramado de vigas doble te y planchas de palastros conveniente reforzadas.

La campana o esclusa era de forma cilíndrica de dos metros de diámetro por dos de altura, con el cielo y piso cóncavos interiormente. Su capacidad permitía contener un máximo de quince hombres.

Del centro del piso de la esclusa y a un nivel mas alto, partía la chimenea de bajada a la cámara de aire, de 1 mt. de diámetro formada por trozos cilíndricos de palastros de . . . mt. de longitud, con bridas interiores para su ensambladura. Cada chimenea estaba dotada de una escalera de fierro que comunicaba la esclusa con la cámara de aire.

La atagüa, ensamblada a la cara superior del cajón, estaba formada por palastros de fierro remachados de manera a no dejar relieves al exterior; se

prolongaba sobre el nivel de aguas máximas, de modo que la albañilería dentro de ella se ejecutaba al aire libre. Esta envoltura metálica, para resistir la presión del agua, llevaba en su interior refuerzos verticales formados por viguetas armadas llamadas agujas, compuestas de dos escuadras unidas por un enrejado, distanciadas a 0,60 m. una de otra y remachadas de canto a la pared de la ataguía; en el sentido horizontal el refuerzo consistía en fierros ángulos destinados a unir los palastros de la ataguía, colocados entre las viguetas anteriores.

La cámara o cajón del aire se alimentaba por dos compresoras movidas por un motor de 35 caballos, que antes de esa fecha había servido en faenas agrícolas, pero para los trabajos del puente representaba un exceso de potencia ya que habría bastado uno de 15 HP.

El consumo de combustible era de 2 toneladas de carbón en 24 horas.

El aire salía de las compresoras por una cañería de fierro de 3" y llegaba a un pequeño depósito metálico de forma cilíndrica, destinado a servir de indicador de presión, dotado de un manómetro y de una válvula de seguridad, siempre a la vista. De la parte superior de este depósito arrancaba otra cañería del mismo espesor, que conducía el aire directamente a la esclusa; y por medio de una válvula y un tubo de derivación al interior de la chimenea, independientemente de aquella; de tal manera, que en cualquier momento podía descargarse la esclusa sin afectar la marcha de los trabajos. Dos manómetros, uno dentro de la esclusa y otro del lado afuera de la chimenea, sobre el tubo de llegada, marcaban la presión del aire en el interior de la cámara.

(Continuará)