

Refuerzos de puentes metálicos en los Ferrocarriles del Estado

(Continuación)

CAPITULO II

Refuerzos de Puentes desde 1918

Al hablar del trabajo de refuerzos de puentes nos vamos a referir sólo al período en que este tomó importancia y se comenzó a buscar formas de hacerlo más económico y con mejor resultado, no sólo en cuanto a sus proyectos, sino también a su ejecución hecha no ya por particulares, sino por talleres de la Empresa.

En realidad, el problema de reforzar puentes siempre se presenta en las líneas férreas antiguas y su mayor o menor intensidad depende de la situación económica. Si hay dinero y el costo del material es bajo, vale más cambiar los tramos que reforzarlos; pero al contrario, si a la escasez de fondos se junta la carestía del material, conviene el refuerzo.

Nuestra Empresa, en general ha tenido una situación económica estrecha lo que ha obligado a estudiar cuidadosamente estos problemas con el objeto de gastar el minimum posible.

Cuando el material metálico estuvo a precios bajos, llegó a valer menos de \$ 0,25 el Kg. se cambiaron los tramos de varios puentes; pero cuando estos precios subieron enormemente hasta alcanzar a \$ 3,00 el Kg. si se le podía obtener en Estados Unidos y hasta \$ 9,30 en Corral (período de la 2.ª guerra mundial). Hubo que tratar de aprovechar todo lo existente, aún llegar a conservar puentes viejos de material menos que regular, aceptando fatigas bajas, ya que su renovación implicaba un gasto que no se podía hacer.

El precio de \$ 3,00 por Kg. va a cambiar muy poco después de la guerra por la fuerte desvalorización que ha tenido nuestra moneda; por eso en este período de pobreza que se ve venir habrá que seguir ingeniándose en buscar soluciones más económicas para resolver los problemas que tenemos.

El refuerzo de puentes vino a tomar importancia en 1918 cuando se adquirieron las primeras locomotoras Mikado. Hubo que estudiar primero la línea a Valparaíso. Los ríos y esteros cruzados por esta vía son de carácter torrencial, su lecho está casi seco en verano; los proyectos fueron todos muy sencillos; se colocaron cepas intermedias de rieles, es decir, fueron soluciones de carácter provisional; sólo algunos puentes, como el Mapocho, fueron reforzados directamente.

Después se presentó el problema de hacer pasar estas locomotoras de Santiago a Talca. En este sector hay puentes importantes como el Maipo, Tinguiririca, Lontué, etc. que por suerte eran relativamente nuevos y habían sido calculados para el tren tipo A (ejes de 16 Tons.) por lo que resistían el

aumento de peso del equipo. Algunos de los puentes débiles fueron reforzados, como los Lircay y Antivero, y a otros se les cambiaron los tramos metálicos por otros nuevos, Teno N.º 1 y N.º 2 y Tinguiririca N.º 1.

La necesidad cada vez mayor de aumentar el poder de tracción obligó a la Empresa a comprar nuevas locomotoras más pesadas y desplazar hacia el sur, sector Talca-San Rosendo y después San Rosendo-Temuco las locomotoras que antes corrían de Santiago a Talca. Hubo que estudiar entonces, los puentes de estos sectores donde se encontraron problemas de muy difícil solución dentro de la capacidad económica disponible. Como ejemplo vamos a citar el caso del puente Maule.

El puente sobre el río Maule estaba formado por dos series de 4 tramos continuos de 60-50-50 y 60 metros de luz cada uno; en total 440 metros de largo; era de vía inferior de material malo y muy débil. No había posibilidad de reforzarlo directamente y además era angosto, tenía 4,00 metros libre cuando el galibo exige como minimum 4,20 m. No había más posibilidad que ir a un puente nuevo ya que la infraestructura también era conveniente rehacerla, o en último caso sólo cambiar los tramos; pero no era sólo el Maule, eran muchos puentes en los que había que trabajar y el dinero no alcanzaba para soluciones de esta clase.

Después de varios estudios se llegó a la conclusión de transformar el puente en una especie de puente colgante colocándole una cadena con tensión, de tal manera que producía en la viga por intermedio de las barras de suspensión esfuerzos hacia arriba que anulaban el efecto del peso propio. La tensión se daba por medio de contrapesos colocados en los estribos.

Esta solución dió margen a muchas críticas; en realidad era muy audaz y no había experiencia ninguna que justificara su resultado. Al fin se aceptó sólo en el carácter de provisional fijándose 10 años de duración. Los gastos se financiaban demás en este tiempo con las economías que se producían con el nuevo equipo de locomotoras.

El puente sobre el río Ñuble, 10 tramos metálicos de 50 metros cada uno estaba en una situación parecida; no había posibilidad de reforzarlo directamente y además la poca altura de la viga hacía que se produjera al paso de los trenes una flecha mayor que la admisible. Se vió la conveniencia de darle la misma solución que al Maule. En ambos puentes hubo que reforzar directamente el tablero. La única variación que se hizo en el Ñuble fué en cuanto a la calidad del material de la cadena que se había proyectado de plats de acero St. 37 para el Maule y se tomó St. 52 para el Ñuble con objeto de disminuir la sección de la cadena.

En los demás puentes se usaron los sistemas corrientes de refuerzos; es decir, refuerzos directos o agregar cepas intermedias; sólo hubo dos excepciones: el paso inferior Uno Norte de Talca y los puentes Diguillín e Itata.

Al primero, que se componía de un tramo apoyado en cepas de rieles; se le quitaron éstas y se transformaron las vigas que eran de alma llena, en pórticos rígidos con rótulas en los apoyos.

Los segundos estaban formados por tramos metálicos de 39 metros de luz de vía superior con bastante altura sobre el lecho del río. El refuerzo proyectado consistió en colocar un arco parabólico en forma de un tercer cordón inferior al cual se le iba a dar tensión inicial calentándolo hasta conseguir una dilatación correspondiente al esfuerzo deseado. El trabajo del refuerzo no quedó bien hecho y sobre todo no se pudo precisar el valor de la tensión inicial. Los inconvenientes que se constataron hicieron que se resolviera abandonar esta clase de solución.

En 1927 se resolvió establecer en Temuco un taller en que se pudiera preparar el material metálico y sólo ejecutar en el terreno los trabajos indispensables para su colocación. Esta resolución tuvo gran influencia en el trabajo de re-

fuerzos, como había la seguridad de que los trabajos se harían cuidadosamente por un personal especializado en esta clase de obras, se pudo pensar en soluciones más audaces que se habían desechado por el grave peligro que presentaba su ejecución bajo tráfico sin interrumpirlo.

En un estudio que se hizo en 1927 sobre el estado de los puentes del sector Temuco-Puerto Montt, se llegó a la conclusión de que había que reforzar la mayor parte de ellos, algunos con urgencia, y que era necesario reemplazar por otros definitivos varios puentes de madera, llamados pilotajes, por ser vigas de este material apoyadas sobre pilotes en forma de cepas, también de madera.

Los tramos que había que reforzar, algunos de 70 metros de luz, no admitían refuerzo directo por ser demasiado débiles, ni era económico ni conveniente colocarles apoyos intermedios dadas las características de los ríos de esta región. El primer estudio que se hizo fué el del puente Quepe, un tramo metálico de 68,40 metros de luz teórica; muy débil y sobre un río caudaloso. Se pensó en aplicar la solución dada al Diguillín que en este caso había que colocar como tercer cordón superior, pues la altura alcanzada por las aguas máximas impedía ponerlo hacia abajo. Se creyó primero, poder darle tensión inicial apoyándose en una cepa provisoria, intermedia de madera; pero después se vieron las dificultades que había para hacerlo, su elevado costo y sobre todo la imposibilidad de precisar exactamente el valor de la tensión que se producía. Después de un detenido estudio se vió que la solución estaba en no darle tensión inicial y hacer que el arco de refuerzo sólo trabajara al paso de la carga rodante. Esto obligaba a reforzar directamente algunas diagonales; pero era un refuerzo sencillo generalmente para el flambaje, y su costo muy inferior al de la cepa intermedia.

Esta solución dió un espléndido resultado, de tal manera que se usó en todos los tramos en que se podía colocar, ya sea como un tercer cordón superior o inferior. Su aplicación se limitó a los tramos simplemente apoyados y se estimó que no era un refuerzo económico para tramos continuos.

Sobre el refuerzo del puente Malleco hablaremos más adelante; del estudio de la solución que se le dió a este problema nació la idea de un tipo de refuerzo para vigas continuas que consiste en colocar arcos parabólicos superiores invertidos con su punto más alto a plomo de los apoyos intermedios. Se consiguió así dar a la viga en los apoyos intermedios un momento de inercia varias veces superior al de la parte central, lo que produce un corrimiento de los puntos fijos que se traduce en un aumento de los momentos negativos con la consiguiente disminución de los positivos. Se trataba de evitar la colocación de cepas intermedias en los tramos extremos, como se hizo en el Malleco y reducir el refuerzo de las cabezas de las vigas a un minimum tal que pudiera colocarse sin necesidad de descoser las remachaduras principales.

Esta solución se usó por primera vez, con buen resultado, en los puentes sobre los ríos Bueno y Pilmaiquén y después en el puente Llolelhue N.º 2. Igualmente se reforzaron los viaductos Quino, Salto y Quillen en el sector Victoria-Temuco. Con ciertas variaciones se aplicó al caso del puente Achibueno, puente formado por tramos simplemente apoyados.

El refuerzo de los puentes Cautín y Toltén presentó serias dificultades, sobre todo el primero, debido a la diversidad de tramos y sistemas que lo formaban. Para ambos se llegó a la conclusión de colocarles cadenas como los del Maule y Ñuble, pero simplificando sus dispositivos, como ser, suprimiendo un contrapeso y colocando en su lugar un anclaje. También se colocó cadena al puente Bío-Bío, pero suprimiéndole los contrapesos y dándole tensión permanente con el peso propio de los tramos extremos.

La compra de las locomotoras 110 de ejes de 25 Tons. ha obligado a reforzar los puentes que no se habían modificado en el sector Santiago Talca; se han presentado nuevos problemas que se han solucionado con los sistemas ya usados o modificándolos tratando de perfeccionarlos; así se ha visto la conve-

niencia de estudiar el uso del refuerzo de tercer cordón en vigas continuas comparándolo con el sistema recomendado para estas vigas.

Refuerzo del Viaducto del Malleco

De nuestras obras de ingeniería una de las más importantes y conocida es el viaducto sobre el río Malleco situado en el kilómetro 589, 892 de la línea central. Se compone de cinco tramos metálicos continuos de 70 metros de luz cada uno, apoyados sobre estribos de albañilería de piedra y sobre cuatro pilas metálicas intermedias. El riel está 103 metros sobre el lecho del río. Los estribos prolongan el puente con dos bóvedas de acceso en la parte norte y una al sur.

Fué construído por la compañía francesa Schneider Creuzot y calculado para resistir una sobrecarga continua de 3,6 toneladas por metro corrido de puente; se entregó al tráfico el año 1890. Treinta años después de su construcción se había tejido al rededor de su mal estado una verdadera leyenda. Se decía que al paso de los trenes caía una lluvia de pernos y remaches y aún se llegó a publicar que una compañía cinematográfica yankee tenía apostado un observador para tomar una película cuando el puente se hundiera al paso de un tren...

La discusión sobre la forma en que se podía reforzar el viaducto duró cerca de trece años. Se propusieron y estudiaron siete soluciones distintas, hasta adoptar en 1923 una nueva solución ideada y calculada por los ingenieros de puentes del Departamento de la Vía, dirigidos por el ingeniero Don Jorge Ewerbeck.

En 1910 se presentó un informe sobre el estado del viaducto firmado por el Ingeniero don Francisco Mardones. En él se hacía ver la necesidad de reforzar el puente debido al aumento de fatigas que se producían por el mayor peso del equipo y a que ya se notaba como síntoma de deterioración el aflojamiento de remaches de los que había habido que cambiar 15,000 en dos años. Recomendaba que el proyecto de refuerzo lo estudiaran los ingenieros de la Empresa o se pidieran propuestas públicas para su estudio y ejecución.

A fines del mismo año el señor Mardones volvió a insistir sobre la necesidad de un pronto refuerzo; en un nuevo informe dice:

a) «Que el trabajo teórico del metal para los trenes que circulan actualmente por el viaducto, aún suponiéndolo como carga estática, excede al que origina la sobrecarga con que fué calculado el puente en más de la tolerancia generalmente admitida».

Daba un aumento de 46% y se admitía hasta un 30%.

b) «Que se han manifestado ya en el puente algunos desperfectos que han exigido el reemplazo de un gran número de remaches y de algunas piezas aisladas».

En 1909 se cambiaron 11,000 remaches.

En vista de estos informes se resolvió encomendar el estudio del refuerzo a Schneider y Cía. del Creuzot. Se puso como condición principal que el refuerzo debía hacerse bajo tráfico.

El Creuzot propuso tres soluciones:

- 1) Refuerzo directo.
- 2) Agregar una tercera viga en el eje longitudinal del puente y reforzar las pilas.
- 3) Colocar cinco pilas intermedias dividiendo el puente en 10 tramos de 35 metros de luz cada uno.

No se recomendaba la primera solución; se le encontraban dificultades que se consideraban insalvables; se prefería la segunda que exigía 1205 toneladas

de material metálico nuevo. La tercera, que era la mejor, en cuanto al aumento de resistencia que daba al puente, tenía el grave defecto de destruir la belleza del viaducto, lo que no podía aceptarse.

El Sr. Mardones informó desechando las tres soluciones y propuso una cuarta solución que consistía en reforzar directamente las pilas y cambiar los tramos colocando los nuevos encima y bajándolos después de retirar los actuales; o también haciendo los nuevos de vía inferior y peraltando las pilas y la línea.

La solución propuesta tenía el inconveniente de exigir la suspensión del tráfico por 25 a 30 días y era más cara que la segunda; pero si se tomaba en cuenta el costo de los 350 metros de puente metálico que iban a quedar disponibles se llegaba a la conclusión de que era económica y la más conveniente.

En 1913 se entregó a Schneider el ante-proyecto de la cuarta solución para que hiciera el estudio completo y sus planos correspondientes. Se aceptaba la colocación de tramos de vía inferior peraltando las pilas en siete metros.

Mientras se esperaba el resultado de este estudio el Departamento de Obras Nuevas de la Dirección General propuso otras tres soluciones que vinieron a ser las quinta, sexta y séptima. Eran las siguientes:

5.a) Retirar las dos pilas centrales y colocar un arco metálico de 180 metros de luz y pilas intermedias a los tramos extremos;

6.a) Pilas intermedias que dividían las luces de 70 metros en 2 de a 20 y 24 metros.

7.a) Transformar la viga actual en cantilever.

La quinta solución era sin duda la más audaz y aumentaba la belleza del viaducto; pero enormemente cara. La sexta era, en realidad, una variante de la tercera propuesta por el Creuzot y tenía el mismo defecto. La séptima fué la que más se acercó a la solución definitiva.

A mediados de 1914 el Creuzot entregó el estudio y los planos correspondientes a la cuarta solución; cobró por este trabajo 3.000 libras esterlinas. El Consejo de la Empresa acordó pagarle 2.000, o sea, \$ 800.000 de nuestra actual moneda. La guerra europea impidió la ejecución de este proyecto.

En 1919 la firma norteamericana Wadellson Corporation propuso hacer el estudio y planos del refuerzo del viaducto por la suma de 8.000 Dóllars, o sea, \$ 640.000 actuales.

El Consejo de la Empresa rechazó esta oferta en vista del informe presentado por el Departamento de Vías y Obras que decía que los ingenieros especialistas en puentes de dicha Oficina habían llegado a una nueva solución cuyo estudio y planos costaría a la Empresa \$ 12.000 moneda corriente (año 1919) lo que representaba una economía de más o menos \$ 400.000 actuales.

En 1923 el Departamento de Vía y Obras dió a conocer la nueva solución con planos y presupuestos terminados. Era la siguiente:

1) Reforzar las vigas actuales transformándolas en vigas de momento de nercia, variable agregándole hacia abajo triángulos metálicos enrejados con su vértice a plomo de los apoyos intermedios (lámina 5);

2) Reforzar las pilas agregándole dos pilastras;

3) Agregar pilas intermedias en los tramos extremos;

4) Reforzar el tablero con tirantes y pendolones;

El refuerzo se calculaba para resistir el tren tipo B, ejes de 20 toneladas. Esta solución, calculando los costos a los precios actuales, economizaba respecto de la 4.a, por cuyo estudio se pagaron \$ 800,000, la suma de \$ 8.500,000. En la 4.a solución se gastaban 1962 Tons. de material nuevo, en la última 750 Tons. Hay que tomar en cuenta sí, que la primera dejaba 350 metros de tramos disponibles.

Aceptada esta nueva solución, o sea, la octava, se pidieron propuestas públicas para su ejecución. Le tocó a Schneider Creuzot hacer este trabajo, lo

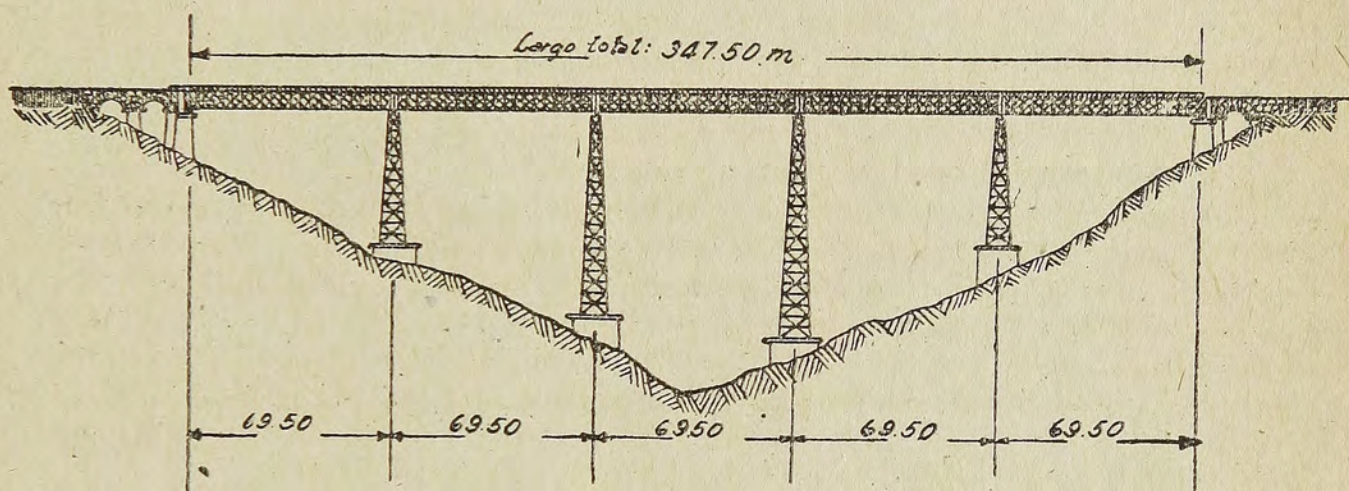
VIADUCTO DEL MALLECO

Ciudad Central Trocha 1.676 m.

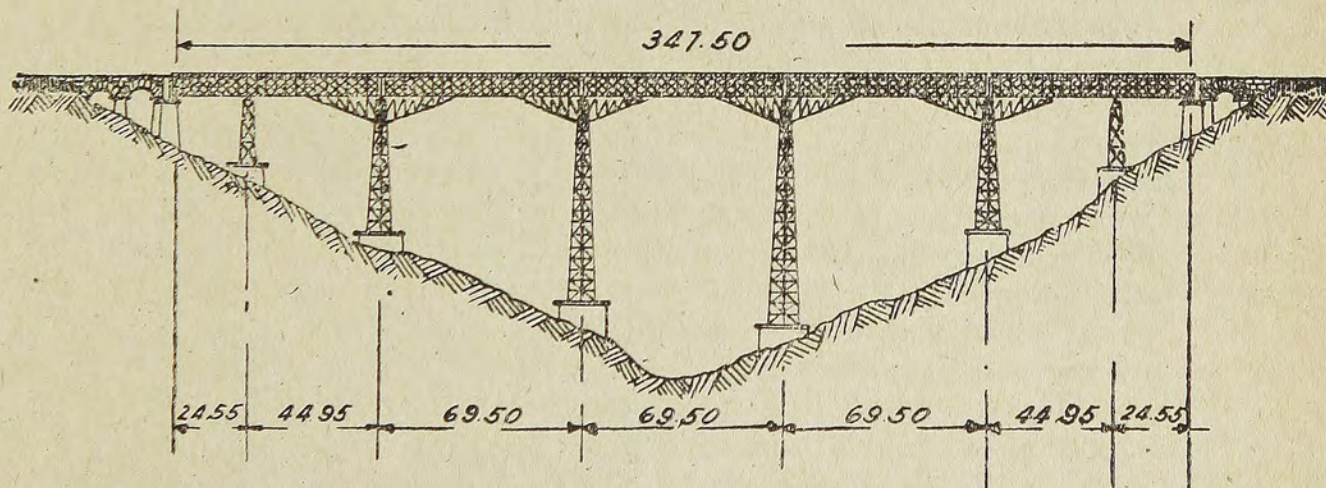
4^a Zona Km. 590.000

ENTRE COLLIPULLI Y PIDIMA

Vista del viaducto sin refuerzo



Vista del viaducto reforzado



inició a fines de 1923 sin interrumpir el tráfico durante su desarrollo. La recepción definitiva se hizo en Mayo de 1926.

CAPITULO III

Clasificación de los refuerzos

Los refuerzos, tanto de las vigas como de los tableros, se dividen en directos e indirectos.

Los refuerzos directos consisten en aumentar el material resistente de las piezas que sufren fatigas superiores a las admisibles. En los indirectos se disminuyen los excesos de fatiga, cambiando los sistemas de apoyo o variando las estructuras por medio de nuevas piezas que se agregan a las vigas primitivas.

Los refuerzos indirectos se clasifican en nueve grupos.—Ver lámina 6.

A.—Se agregan apoyos intermedios;

B.—Se unen dos o más tramos para transformarlos de simplemente apoyados en continuos;

C.—Se agrega una tercera viga;

D.—Tramos simplemente apoyados a cuyas vigas se les agrega un tercer cordón con o sin tensión inicial;

E.—Tramos continuos a cuyas vigas se les agrega un tercer cordón en las zonas adyacentes a los apoyos intermedios;

F.—Refuerzos con cadenas con tensión independiente de los tramos;

G.—Refuerzos con cadenas solidarias a las vigas.

H.—Refuerzos en que las vigas se transforman en marcos rígidos;

I.—Se agregan tornapuntas a las cabezas inferiores de las vigas.

Características de los diferentes sistemas de refuerzo

Al hablar de refuerzos nos referiremos siempre a refuerzos que hay que ejecutar bajo tráfico sin producir su interrupción.

La manera más sencilla de reforzar un puente es hacerlo directamente, es decir, agregarle material a las partes en que se producen fatigas superiores a las admisibles.

En cuanto al consumo del material metálico, es el más económico, pero el más caro respecto a la obra de mano. No se debe aplicar cuando hay que cortar remachaduras vitales o cuando hay que aumentar excesivamente las suelas de las cabezas o cordones.

De los sistemas de refuerzos indirectos, el primero es el A. Tiene la desventaja de ser antiestético; la altura de la viga queda desproporcionada respecto de su luz; se puede aplicar cuando las fundaciones de las cepas o machones intermedios son fáciles de hacer.

El tipo B es sencillo y fácil de ejecutar; se puede aplicar siempre que los tramos no necesiten gran cantidad de refuerzo.

El tipo C es antieconómico; el material de refuerzo queda mal aprovechado; sólo se debe usar en casos de absoluta necesidad. Estas observaciones se refieren sólo a puentes de simple vía.

El refuerzo tipo D es el más conveniente para el caso de tramos simplemente apoyados. Tiene la ventaja de que la mayor parte del trabajo de confección del refuerzo se hace en el taller y de que su armadura y colocación no son difíciles para un personal experimentado. El arco o tercer cordón conviene calcularlo para que resista sólo la carga rodante y se coloca entonces sin tensión inicial. Exige menos material el cordón inferior que el superior; éste tiene el inconveniente de que trabaja a la compresión y hay peligro de flambaje. Para evi-

tarlo se tratará siempre de contraventar los arcos. No se recomienda proyectar un tercer cordón con tensión inicial.

Otra de las grandes ventajas que tiene este sistema de refuerzo es la gran rigidez que le da a las vigas que muchas veces producían flechas excesivas antes del refuerzo.

Para el caso de tramos continuos debe estudiarse la posibilidad de cortarlos y reforzar sus vigas como simplemente apoyadas. Si esto no se puede hacer, se estudiará la aplicación del tercer cordón a las vigas continuas.

El tipo E se aplica al caso de vigas continuas; pero no deben unirse tramos simplemente apoyados para usarlo, en esta forma no es económico. Es el refuerzo más aplicado al caso de tramos continuos si el ancho del puente lo permite. Como el anterior, tiene la ventaja de poder confeccionar en el taller la mayor parte del refuerzo y el inconveniente de exigir mucho material y de que el cálculo de las diagonales de la zona reforzada es prácticamente indeterminado.

El límite de su aplicación está en que el refuerzo directo de las cabezas de los tramos extremos cumpla con las condiciones fijadas para este sistema; es decir, que para colocarlo no haya necesidad de cortar remachaduras vitales y de no aumentar desproporcionadamente el material de las suelas. No se debe aceptar la colocación de cepas intermedias en los tramos extremos.

El tipo F no se recomienda en ninguna forma; tiene el grave inconveniente de que la efectividad del refuerzo dependa de un mecanismo independiente de los tramos que da tensión a la cadena y que puede fallar fácilmente. Su conservación exige una estricta vigilancia. Se puede aceptar su uso sólo en el caso de un refuerzo provisional por un tiempo limitado y aún así hay que evitar su aplicación, pues, existe la tendencia a olvidar esta condición y dejar como definitivo lo que se proyectó como transitorio.

El refuerzo tipo G es sólo una variante del tipo F. Se suprime el mecanismo exterior para dar la tensión a la cadena, lo que se consigue haciendo actuar el peso propio de los tramos extremos que se unen a las suelas de la cadena. El esfuerzo producido o sea la tensión constante tiene, en realidad, un valor incierto. Este sistema de refuerzo no es recomendable y sólo debe emplearse ante la imposibilidad de adoptar los sistemas anteriores, excepto el F. Si se aplicase a tramos simplemente apoyados es preferible unir éstos previamente.

La aplicación del tipo H se presenta muy rara vez y más que todo en caso de pasos superiores. En cuanto al tipo I su aprovechamiento se limita a puentes de un solo tramo y de gran altura sobre el lecho. Es a veces más económico que el D; pero deben tomarse muy en cuenta los efectos de dilatación producidos por los cambios de temperatura.

Método de estudio de los proyectos de refuerzos

El primer trabajo consiste en hacer una verificación detallada de los tramos con el tren de cálculo para el cual se va a reforzar el puente. Con los valores de las fatigas obtenidos se deducirán los porcentajes de aumento de material que necesitan las diferentes partes del tablero y del enrejado de las vigas. Deben considerarse especialmente las remachaduras de los ensambles de las diagonales a las cabezas.

Con estos datos se verá primero la posibilidad de un refuerzo directo dentro de los límites ya especificados. Debe considerarse si las condiciones del puente permiten apoyar los travesaños de tal manera que las vigas no trabajen al paso de la carga rodante.

Si el refuerzo directo no se puede usar y se trata de un solo tramo debe irse a la aplicación del tipo D o a veces el I. Si son varios tramos simplemente apoyados y no se necesita mucho material, puede aplicarse el tipo B y si no re-

sultara, ir al D. Para casos de tramos continuos debe estudiarse si se pueden separar y colocar el refuerzo D; si no, estudiar comparativamente el D y el E.

Cuando las condiciones de los tramos por reforzar no permiten la aplicación de los tipos B, D, E o I hay que ver modo de usar los tipos de refuerzos extremos como son el C, G o F siguiendo este orden y no hay que olvidar que el G no es recomendable y el F sólo se puede aceptar como solución provisoria.

Al estudiar la aplicación de los refuerzos D, E o I debe verse, también, la posibilidad de usar el tipo A y compararlos. El A es preferible al C, F y G.

En cuanto al refuerzo del tablero, se debe tratar de hacerlo indirecto, es decir, con tirantes y pendolones. En los puentes de vía inferior en que debido a la poca altura sobre el lecho del río no se puede colocar dicho refuerzo, habrá que ir al directo; sin embargo, es conveniente ver las posibilidades de otra solución que a veces se puede idear aprovechando las condiciones especiales que se presentan.

Refuerzos Provisorios

Con frecuencia se presenta la necesidad de hacer refuerzos provisorios ya sea por accidentes, por trabajos que ejecutar o porque haya la conveniencia de habilitar el puente rápidamente para el paso de equipos más pesados. En este último caso hay que estudiar si es más económico establecer el paso de los trenes con velocidades restringidas lo que al disminuir el coeficiente dinámico puede reducir la fatiga total hasta en un 20%.

La manera más rápida de reforzar un tramo es apoyarlo en castillos de durmientes o sobre cepas de maderas, vulgarmente llamadas «caballos» que se afirman sobre muertos, es decir, piezas de madera o planchados de durmientes.

Para refuerzos de mayor duración, en el caso de tramos aislados con bastante altura sobre el lecho del río, se recomienda el uso de tornapuntas de maderas; es decir, el tipo I hecho con madera. Debe estudiarse un sistema de cuñas que permita asegurar el funcionamiento del refuerzo que debido al encogimiento de la madera puede quedar sin trabajar.

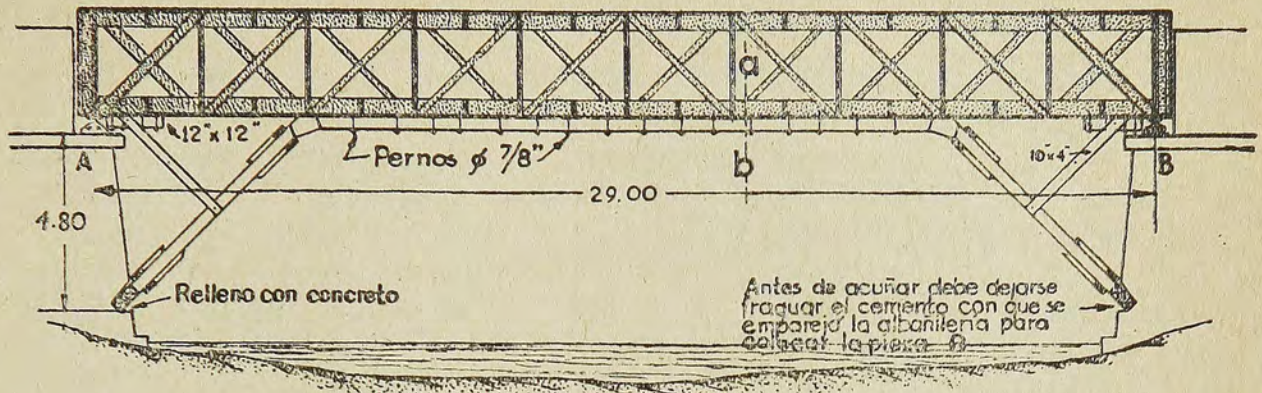
El refuerzo más efectivo para cierta duración consiste en colocar pilas de madera intermedias apoyadas sobre fundaciones de concreto. Es conveniente colocar entre los contactos de las maderas con fibras perpendiculares hojas metálicas de pequeño espesor que repartan las fatigas.

En la lámina 7 se indica un refuerzo con tornapuntas. En la lámina 8 están las pilas intermedias usadas en el refuerzo provisorio de los viaductos Quino y Quillen.

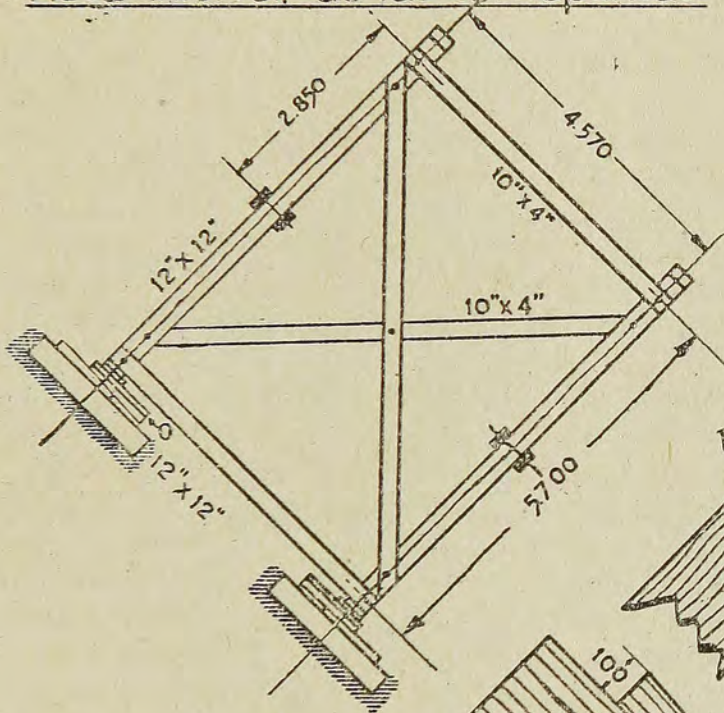
Refuerzo provisional del Puente Chanco

LRM. 7

Vista General

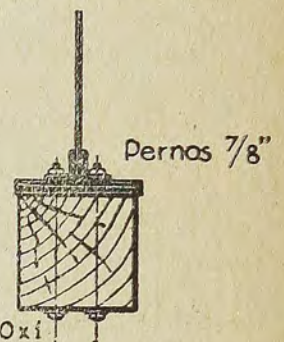


Vista inferior de las tornapuntas

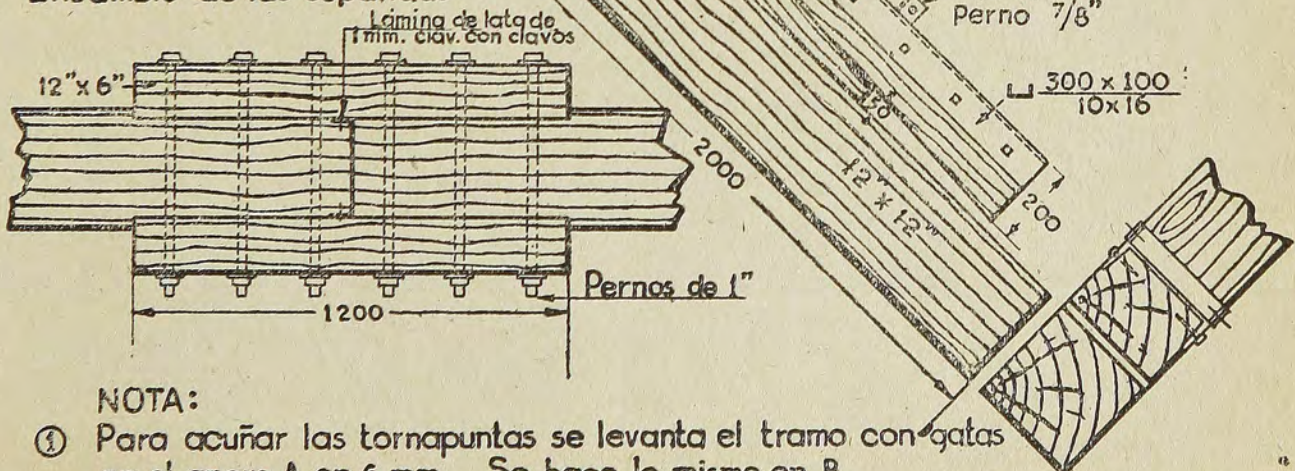


Detalles

Corte a-b



Ensamble de las sopandas

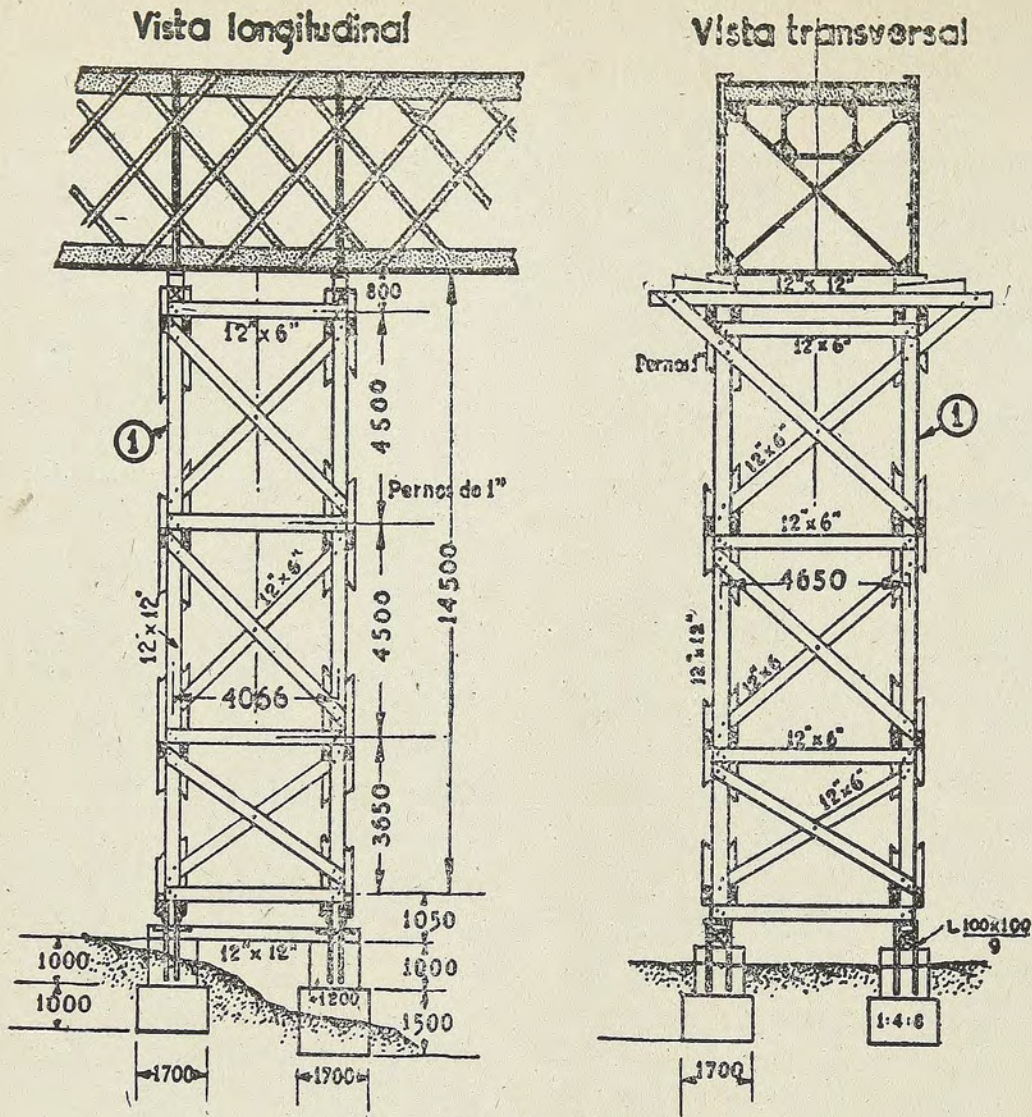


NOTA:

- ① Para acuar las tornapuntas se levanta el tramo con gatas en el apoyo A en 6 mm. Se hace lo mismo en B.
- ② Una vez apretadas las cuñas, deben fijarse estas por medio de tacos clavados que impidan se suelten o se deslicen transversalmente.
- ③ El refuerzo requiere una conservación cuidadosa, deben revisarse las cuñas todas las semanas.

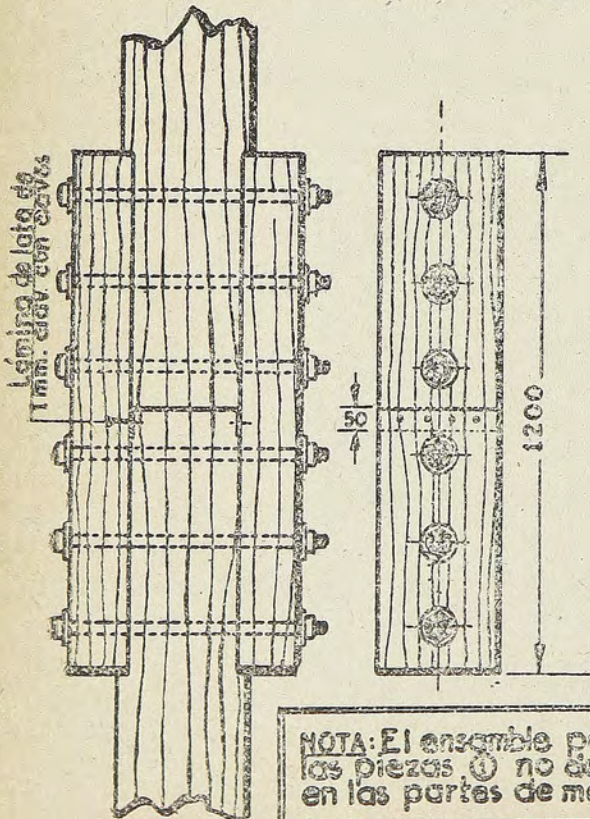
Refuerzo provisional del Puente Quino

AM. 8

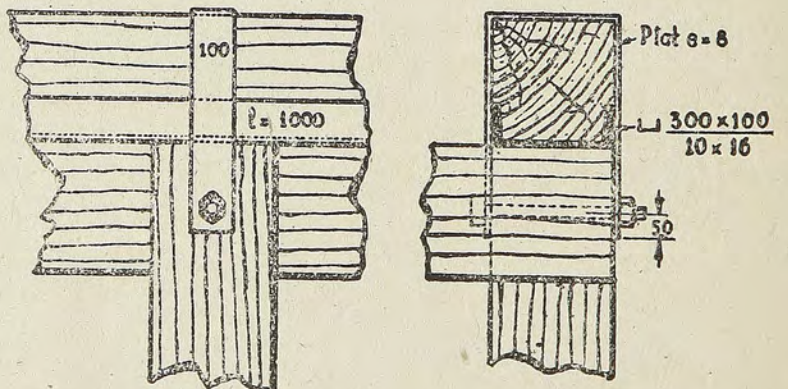


Detalles

Ensamble de las piezas ①



Unión del cabezal a los pies derechos



NOTA: El ensamble para añadir las piezas ① no debe hacerse en las partes de mayor pandeo.