
ANALES

DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

De la: **Sucesor** Y del:
«SOCIEDAD DE INGENIERIA» «INSTITUTO DE INGENIEROS»
Fundada el 31 de Mayo de 1888 Fundado el 28 de Octubre de 1888

Con Personalidad Jurídica desde el 28 de Diciembre de 1900

Adherido a la USAI y a la CONFERENCIA MUNDIAL DE LA ENERGIA

AÑO LXIII ● MARZO - ABRIL DE 1950 ● N.ºs 3 - 4

Comisión Editora: Raúl Sáez S. (Pde.), Carlos Ponce de León, Jorge von Bennewitz y José Pablo Domínguez

Ing. Julio Tapia Cabezas

Refuerzo del puente ferroviario sobre el río Toltén

GENERALIDADES

El puente ferroviario sobre el río Toltén está dividido en 9 tramos metálicos de 50 metros de luz cada uno; simple vía; forman vigas continuas de 2 tramos, 2 pares de tramos continuos a cada extremo y 1 tramo aislado al centro (Fig. 1).

Es de vía superior con dos planos de contravientos horizontales y contravientos verticales en los planos de los montantes. Las vigas son de cabezas paralelas con enrejado cuádruple dividido en 12 paños de 4,06 m.; la altura de la viga es de 4,50 m.

La infraestructura está formada por dos estribos de albañilería de piedra y 8 machones compuestos por dos tubos gemelos metálicos de 2,50 m. de diámetro. Los tubos van unidos por un arriostramiento también metálico. Las fundaciones de los machones alcanzan hasta una profundidad de 10 m.; el machón que llegó a esta cota tiene una longitud de 21,00 m. desde la mesa de apoyo hasta la base.

Los tramos se calcularon para soportar una carga rodante de 4.000 kgs./m. c. sin considerar efectos dinámicos y se aceptó una fatiga máxima de 9,8 kgs./mm.² Como carga fija se tomó 1800 kgs./m. c. Se inició la construcción del puente en 1896 y fué realizada por la firma francesa Schneider y Cía.-Creuzot.

REFUERZO ACTUAL

Como el peso del equipo ferroviario había aumentado considerablemente, el año 1927 se hizo una revisión total del puente y se calcularon las fatigas a que estaba trabajando el material realmente. Se encontró que los tramos continuos sufrían una fatiga máxima de 18 kgs./mm.². Las barras más desfavorablemente solicitadas

eran las diagonales comprimidas. En el tramo aislado, las barras más peligrosas eran las cabezas inferiores centrales, cuya fatiga llegaba hasta 20,9 kgs/mm²; las diagonales comprimidas alcanzaban a 19,6. En el tablero, las fatigas máximas eran de 16,6 kgs/mm².

Para calcular estas fatigas se tomaron en cuenta los efectos dinámicos y se fijó como fatiga máxima admisible 14 kgs/mm².

Dadas las circunstancias especiales en que se encontraba la Empresa, que el estado peligroso del puente Toltén se repetía en muchos de los puentes de la línea Temuco Puerto Montt y que era materialmente imposible solucionar rápidamente este problema, se acordó autorizar el paso del equipo siempre que produjeran fatigas inferiores a 18 kgs/mm²; y en los otros, colocar refuerzos provisorios o restringir la velocidad, o tomar ambas medidas en los casos más difíciles. En el Toltén se restringió la velocidad exigiéndose que los trenes pasaran a la vuelta de la rueda, con lo que se estimó conseguir que la fatiga más alta de 20,9 kgs/mm² se redujera a 16 kgs/mm².

Los ensayos que se hicieron del material dieron buen resultado. Como límite de elasticidad se obtuvo 30,2 kgs/mm² y como carga de ruptura 36,8. A pesar de esto, ante la incertidumbre de que todo el material fuera igualmente resistente y tomando en cuenta los esfuerzos secundarios se mantuvo el límite de 18 kgs. como fatiga máxima sin restricción de velocidad. Este criterio se aceptó bajo la condición de que el estado peligroso de los puentes duraría corto plazo, el indispensable para proceder rápidamente a su refuerzo.

Desgraciadamente, las prescripciones respecto a que no debía aumentarse el peso del equipo y las referentes a las restricciones de velocidad no se cumplieron completamente; el material trabajó a una fatiga excesiva y tal como ocurrió en otros puentes que estaban en condiciones análogas, se produjeron grietas en algunas barras. En el Toltén, éstas fueron de suma gravedad, pues, se presentaron en una parte traccionada; se encontraron fracturas en la suela de la cabeza inferior de uno de los tramos.

En vista de la urgente necesidad de hacer un refuerzo rápido se optó por aceptar el tipo de refuerzo que se había colocado en los puentes Maule y Ñuble, que consistía en transformar el puente en uno semi suspendido al colocarle una cadena de la cual colgaban por medio de tirantes los tramos. A esta cadena se daba por medio de un sistema de contrapesos una tensión tal que eliminaba el efecto del peso propio en los tramos, de manera que éstos sólo trabajaban al paso de la carga rodante. Como cadena se usó una cinta formada por suelas de un ancho aproximado al de las suelas de las cabezas.

Este refuerzo se había proyectado para los puentes Maule y Ñuble como provisional fijándole una duración de 10 años. En el corto tiempo que llevaba en servicio, sólo se había podido apreciar sus ventajas; economía, sencillez y facilidad para retirarlo, sin haberse notado todavía sus graves defectos.

Al aplicar este refuerzo al puente Toltén se trató de hacerlo más económico aún y con este objeto en lugar de colocar contrapesos que dieran tensión en ambos extremos de las vigas, se dejó sólo en un extremo y en el otro se proyectó un anclaje. Se habían estudiado cuidadosamente los tirantes y su forma de suspensión con el objeto de evitar que se produjeran momentos de flexión y con este motivo se idearon dispositivos de suspensión Cardan que permitieran un giro en cualquier sentido; como eran costosos, en el Toltén se suprimieron, aceptando otros más sencillos y prescribiendo que en las barras de suspensión se usara acero St 52, calculándose que este material de mayor resistencia absorbería las fatigas secundarias que se podrían desarrollar.

El refuerzo se proyectó para el tren tipo B, es decir, para locomotoras con ejes de 20 tons. (Fig. 1). Fué construído en el año 1931. El tablero se reforzó indirectamente agregándole tirantes y pendolones, tanto a las longuerinas como a los travesaños. La infraestructura no necesitaba refuerzo, salvo el machón último sur cuyos tubos estaban ligeramente desnivelados. No se sabía si era un defecto de construcción o si esta desnivelación se había producido después debido a socavaciones, pues, el río se había cargado en esta dirección.

En los primeros años el refuerzo funcionó bien a pesar de que los accidentes producidos en el puente Cautín, que tenía un refuerzo similar, hicieron temer que sucediera algo parecido. Como el puente Toltén era de vía superior y al reforzarlo con la cadena había quedado de vía intermedia, se temía que si pasaba un carro con la carga mal estibada golpeará los tirantes de suspensión y produjera la fractura de alguno de ellos.

En 1941 se produjo el primer accidente: repentinamente se cortó un tirante del noveno tramo y en 1942 otro del sexto. Ya se había podido apreciar uno de los graves inconvenientes de esta clase de refuerzos. La cortadura de una pieza, un tirante en un tramo, inhabilitaba el refuerzo en todo el puente. Inmediatamente que se corta un tirante, hay que levantar los contrapesos e impedir su funcionamiento dejando, así, todo el puente sin refuerzo. Además, al reemplazar el tirante quebrado hay que rectificar la longitud de todos ellos para dejar la cadena con la curva parabólica con la cual ha sido calculada: esto se hace accionando las tuercas que lo sujetan a la cadena y que permiten modificar su longitud.

Al cambiar el tirante cortado en 1942, se observó que otros estaban deformados, que se producían momentos debidos a que las sillas de suspensión eran defectuosas. Hubo que modificar 107 de ellas, las que correspondían a los tirantes más cortos que eran los más peligrosos. Esta medida que fué costosa, sólo evitó que esta clase de accidentes se produjera con más frecuencia. Se han continuado produciendo periódicamente; todos los años se cortan uno o dos, de tal manera que la seguridad del puente es inestable. Se ha tratado de disminuir el peligro teniendo listas las piezas de reemplazo; pero su colocación demora y deja el puente sin refuerzo. En este caso, el paso del equipo se hace a la vuelta de la rueda; pero aun así, las fatigas producidas son tan altas que no hay seguridad de que no se pueda producir un accidente de enormes proporciones.

NECESIDAD DE UN NUEVO REFUERZO

Como lo hemos visto, en el puente Toltén se ha creado un problema que urge resolver. A primera vista, la solución más sencilla y económica sería modificar los sistemas de suspensión, de tal modo que no se produzcan momentos de flexión en los tirantes y así se evitaría que se cortaran; pero como se ha visto por la experiencia adquirida en otros puentes que tienen refuerzos similares, este tipo de refuerzo adolece de otros defectos, de tal manera que sólo se puede aceptar como un refuerzo provisorio. No sería, entonces, conveniente gastar dinero en una solución transitoria. Además, el Plan de Electrificación de la Empresa consulta el paso del equipo más pesado por las líneas de Temuco al sur, lo que obliga a reforzar los puentes para el tren tipo C (locomotoras con ejes de 24 tons.) los que ya están reforzados para el B; este es el caso del Toltén. Por lo tanto, sólo se pueden aceptar dos soluciones: un puente nuevo (superestructura) o un nuevo refuerzo para el tren C como base de cálculo sin los defectos del anterior.

La solución primera de proyectar nuevos tramos metálicos se encarece porque habría que colocarlos bajo tráfico, es decir, sin interrumpir el paso de los trenes. Para esto habría que disponer dos andamiajes, uno a cada lado del puente con el objeto de armar el nuevo en uno y correr el viejo al otro para, a su vez, colocar el nuevo en su posición definitiva.

La operación de correr los tramos actuales y reemplazarlos por los nuevos es delicada y requiere mucha precisión, pues, con el objeto de no perturbar el tráfico se dispone del tiempo que transcurre entre el paso de los trenes.

El puente nuevo tiene la ventaja de que deja disponible 450 m. de puente metálico más el material del refuerzo: cadena, barras de suspensión y contrapesos. Es muy difícil encontrarle aplicación práctica a las 450 toneladas que corresponden al material del refuerzo, podemos estimarlo sólo como fierro viejo a razón de \$ 1.800 la tonelada. Los 9 tramos de 50 m. que componen el puente pesan 567 toneladas; para ocuparlos en otros puentes tenemos que acortarlos y dejarlos de una luz tal, que las fatigas que soporten sean menores que las admisibles; aún así, parte de este material está de más, pues, estos nuevos tramos así arreglados tienen una altura que corresponde a luces de 50 m. y no a la que van a tener. Consideraremos como aprovechables 300 toneladas y el saldo como fierro viejo. Para la parte aprovechable tomaremos como precio \$ 4.000 la ton. y \$ 1.800 para el fierro viejo, de manera que al costo del puente nuevo debemos descontarle las siguientes cantidades:

Material aprovechado para puentes 300 tons. a \$ 4.000..	\$ 1.200.000
Material de desecho de los tramos, 267 tons. a \$ 1.800.....	480.600
Material de la cadena, 450 tons. a \$ 1.800.....	810.000
	<u>\$ 2.490.600</u>

Hay que considerar todavía otro grave inconveniente del puente nuevo. Para proceder a reemplazar los tramos viejos por los nuevos, es necesario retirar previamente el refuerzo de cadena, operación que como hay que hacerla bajo tráfico va a demorar unos dos meses durante los cuales el puente está sin refuerzo, es decir, vuelve a la situación del año 1927. Habría que limitar el peso del equipo y la velocidad de los trenes. No podrían circular las locomotoras más pesadas que la N.º 70 Mikado inclusive; habría que hacer el servicio con locomotoras N.º 57 y 58 como máximun. Esta situación complicaría en tal forma el problema de tracción y costaría tan caro que sería preferible hacer un refuerzo provisorio que permitiera el paso a la vuelta de la rueda de las locomotoras N.º 80 que están actualmente en circulación. Este refuerzo se haría antes de retirar la cadena y como va a ser de corta duración, se podría aceptar fatigas hasta de 15 kgs/mm².

Este refuerzo puede estimarse en 50 tons. a \$ 12.000 la ton. o sea en \$ 600.000.

El costo total de un nuevo puente sería el siguiente (precios correspondientes a 1950):

Material metálico a \$ 5.000 ton., 3 tons.x450 m.x\$ 5.000....	\$ 6.750.000
Confección a \$ 6.000 ton., 3 tons.x450x\$ 6.000.....	8.100.000
Apoyos a \$ 45.000 ton., 37 tons.x45.000.....	1.665.000
Desarmar 450 tons. de refuerzo a \$ 300 ton.....	135.000
Armar y colocar tramos nuevos a \$ 250 ton., \$ 250x1350 tons	337.500

Desarmar 567 tons. de puente a \$ 250 ton., \$ 250x567.....	141.750
Costo del refuerzo provisorio.....	600.000
	\$ 17.729.250
Descuento por el valor del material retirado.....	\$ 2.490.600
Total:.....	<u>\$ 15.238.650</u>

Con estos antecedentes se ve que es conveniente estudiar la posibilidad de ir a un nuevo refuerzo que es más económico y aún más si se pudiera aprovechar en él la cadena actual con la condición de hacerlo bajo tráfico, es decir, sin interrumpir el paso de los trenes.

La Empresa contrató al Ingeniero don Jorge Ewerbeck, jubilado en la misma Empresa como Jefe de la Oficina de Puentes, y que era el autor del proyecto de refuerzo existente, para que estudiara otro proyecto de refuerzo sobre la base de aprovechar el material de la cadena actual pero siempre que el refuerzo formara un conjunto con los tramos sin depender de un mecanismo exterior como eran los contrapesos que tenía el refuerzo existente.

El señor Ewerbeck estudió varias soluciones sin poder llegar a un resultado definitivo; pero sus estudios sirvieron de base para una solución final.

Bajo la condición de aprovechar el material de la cadena, se podía adoptar como tipo de refuerzo el Da, el E o el G.

El primero consiste en agregar un tercer cordón superior, en el cual, en este caso, se usaría la cadena, cuya curvatura parabólica se conservaría colocándola invertida. Este tipo de refuerzo se adapta a tramos simplemente apoyados; pero ya se ha usado con éxito en vigas continuas cortándolas y transformándolas, así, en simplemente apoyadas. En este caso, el puente quedaría formado por 9 tramos simplemente apoyados. Tiene dos inconvenientes: el cortar los tramos bajo tráfico, que es una operación peligrosa, y el colocar dos apoyos en los tubos machones, en los que había sólo uno, lo que produce una sollicitación exéntrica cuando un tramo está cargado y el otro no.

En el tipo E colocaríamos la parábola que forma la cadena con la concavidad hacia afuera, tangente a la cabeza superior de la viga, más o menos a $1/3$ del apoyo extremo cortándose los dos arcos a plomo de la vertical del apoyo central. Tiene la desventaja de ser el tipo de refuerzo que exige mayor gasto de material y de formar un sistema cuyas tensiones no se queden determinar exactamente; por lo tanto, su cálculo es sólo aproximado.

El tercer sistema, el G, es el mismo tipo F de cadena que se quiere cambiar, en que se suprimen los contrapesos y se da la tensión aprovechando el peso propio de los tramos extremos. Este refuerzo conservaría algunos de los defectos del actual que se quieren evitar y, además, la experiencia ha demostrado que adolece de defectos tales que no conviene usarlo.

El tipo de refuerzo más aconsejable sería, entonces, el D^a para el tramo libre y para los continuos, separando los tramos continuos y dejándolos como simplemente apoyados.

NUEVO PROYECTO DE REFUERZO

Para ejecutar el refuerzo tipo D_a , hay que retirar el refuerzo de cadena, transformar ésta en el arco que será el tercer cordón y colocarlo. Todo este trabajo demorará, haciéndolo rápidamente, cerca de 10 meses y como hay que trabajar sin interrumpir el paso de los trenes, será necesario colocar, antes de retirar el refuerzo actual, otro provisional que permita la circulación del equipo, pero con la velocidad restringida. Este refuerzo, que sería provisional, debería poder retirarse después de terminado el definitivo; pero como la única manera de hacerlo es, o directamente, o colocando pilas o cepas de madera como apoyos intermedios lo que, dada la altura de las vigas sobre el lecho del río, no es económico ni tampoco aceptable por el peligro de que una crece del río se las lleve, y, además, en este caso de refuerzo siempre habría que reforzar directamente los montantes y diagonales a plomo de los apoyos intermedios. No queda, entonces, sino la ejecución de un refuerzo directo que como va remachado, no será posible retirarlo una vez que no se necesite. Es lógico pensar, en consecuencia, que este refuerzo provisorio que necesariamente va a quedar en el puente, es conveniente que forme parte del refuerzo definitivo.

Si se estudia la aplicación del refuerzo con tercer cordón a tramos continuos, se ve que la eficacia de él disminuye enormemente, porque: 1.º En los tramos continuos el máximo de los momentos se produce a plomo de los apoyos donde no se va a colocar ningún refuerzo; 2.º El empuje H que se desarrolla en tramos continuos es casi $1/3$ del correspondiente al producido en tramos aislados, y como de este valor depende la disminución del esfuerzo en las barras del enrejado, el efecto es muy pequeño, lo que obliga a retorar directamente estas piezas.

En estudios hechos anteriormente, se había llegado a la conclusión de que con el refuerzo del tipo D no había necesidad de retorar las cabezas directamente y para las diagonales bastaba un refuerzo igual al 4% de su peso; en cambio, en tramos continuos, el refuerzo necesario de las cabezas es de un 29% y en las diagonales de un 28%.

Ahora bien, si llamamos P_c el peso de las cabezas, P_D el de las diagonales y P_r el peso del refuerzo directo provisional que hay que ejecutar para permitir el paso del equipo cuando se retire la cadena y se verifica que

$$P_r \geq 0,30 P_c + 0,24 P_D$$

no hay duda que es conveniente el refuerzo con los tramos continuos y, aún en el caso de que este valor se invirtiera, habría que estudiar si la economía equivale al gasto de cortar los tramos, reforzar los montantes extremos, colocar nuevos apoyos y compensar el peligro que representa el cortar los tramos bajo tráfico y el cambiar el tipo de sollicitación de los machones al producir una carga exéntrica por tener dos apoyos en vez de uno.

Al estudiar la aplicación del refuerzo tipo D en los dos casos: 1.º Tramos aislados y 2.º Tramos continuos, se ve lo siguiente:

El peso del refuerzo provisional por tramo para permitir el paso de trenes formados por una locomotora tipo 80, 17 toneladas por eje, y carros de carga de 72 tons., considerando un coeficiente dinámico $\phi = 1,2$, o sea, una velocidad mínima, es de 4,4 tons/tramo. (Ver Fig. 2).

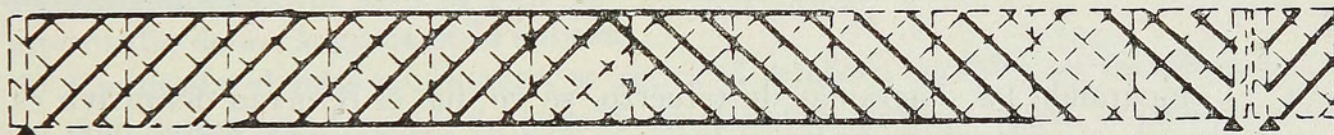
PUENTE TOLTENViga continua

Refuerzo para el paso de una locomotora 80 y
carros de 72 tn Con restriccion de velocidad $\varphi=20\%$



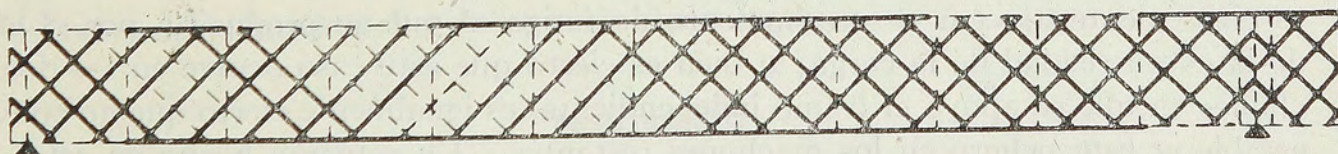
El refuerzo de los diagonales es sólo al pandeo.

Refuerzo total para el tren "C". Los tramos conti-
nuos quedan separados como simplemente apo-
yados



El refuerzo de los diagonales es sólo al pandeo.

Refuerzo total para el tren "C" sin separar
los tramos.



Los trazos llenos indican refuerzo.

El peso del refuerzo directo en la primera solución es de 6,7 ton./tramo (Ver. Fig. 2) y en la segunda de 22 ton./tramo (Ver, Fig. 2).

Como en ambas soluciones el tercer cordón quedaría igual, sólo difieren en el costo de los refuerzos directos. Los costos serían los siguientes.

Vamos a considerar el costo del refuerzo colocado a \$ 12.00 por kg., lo que corresponde a un precio de \$ 5.00 el kg. de material y \$ 7.00 la confección y colocación.

Primera solución: se separan los tramos

Refuerzo directo de un tramo \$ 12.000x6,7 tons.....	80.400
Cortar las vigas y reforzar los montantes extremos incluido material.....	50.000
2 Apoyos nuevos.....	80.000
Retirar y colocar apoyos.....	12.000

Costo del refuerzo por tramo:	<u>\$ 222.400</u>
-------------------------------	-------------------

Segunda solución: se mantienen los tramos continuos

Refuerzo directo de un tramo \$ 12.000 x 22.....	264.000
--	---------

Costo de refuerzo por tramo:	<u>\$ 264.000</u>
------------------------------	-------------------

Comparando los diagramas de refuerzo, se ve que el refuerzo definitivo es mayor que el provisional en ambas soluciones y que, como este refuerzo se ejecutaria antes de retirar la cadena, permitiría el paso del equipo con restricción de velocidad sin peligro ninguno.

La primera solución produce una economía de \$ 41.600 por tramo; en total en los 4 pares de tramos continuos es de \$ 332.800.

Esta solución tiene dos graves inconvenientes que ya hemos visto:

1) El cortar los tramos y reemplazar el apoyo por otros dos es una operación difícil y peligrosa que conviene evitar;

2) Al colocar dos apoyos en lugar de uno se produce, cuando la carga rodante cubre un tramo, una sollicitación excéntrica que genera un momento de flexión.

Los actuales machones pueden resistir el aumento de la carga rodante; pero no es conveniente agregar a este aumento de fatiga el que se produciría por el efecto de la excentricidad de la carga; si bien es cierto que este caso ocurre en los dos machones en que se apoya el tramo independiente, es igualmente cierto que no conviene establecer este peligro en los machones restantes. Un refuerzo hecho en estas condiciones nos obligaría a revisar los machones y posiblemente a tener que reforzar algunos, con lo cual quedaría tal vez saldada la diferenciación de costos.

Conviene, entonces, aceptar la segunda solución, es decir, agregar un tercer cordón a los tramos continuos como al tramo independiente (Fig. 1).

CARACTERISTICAS DEL PROYECTO DE REFUERZO

El refuerzo puede dividirse en:

- 1) Refuerzo directo;
- 2) » indirecto;
- 3) » del tablero.

1) El refuerzo directo se va a colocar antes de retirar la cadena que es el actual refuerzo; se va a ejecutar bajo tráfico sin restricción de velocidad, es decir, no se va a perturbar en nada el paso del equipo.

El refuerzo de las diagonales no ofrece dificultad ninguna. Se refuerzan parte de las diagonales tendidas y parte de las comprimidas, estas últimas se refuerzan todas al pandeo y algunas de ellas al pandeo y a la compresión. En las primeras, no hay necesidad de sacar la remachadura de unión a las almas de las cabezas o cordones; hay que cortar parte de estas remachaduras en las segundas y también en las diagonales tendidas que necesitan refuerzo.

El refuerzo de las cabezas superiores tampoco presenta dificultad; se hace en los bordes, sin necesidad de cortar las remachaduras principales; sólo en los paños 11-12 adyacentes al apoyo central se proyecta un refuerzo de suelas. Este refuerzo se colocaría una vez quitada la cadena, al unir el tercer cordón a la viga.

El refuerzo de la cabeza inferior tiene la dificultad de que hay que colocar suelas completas; esto se hace cortándolas por mitad, es decir, en vez de colocar una suela de 400x10, se coloca primero la mitad de 200x10 y después la otra mitad para no cortar así simultáneamente las dos filas de remaches que unen las suelas con el alma por intermedio de los ángulos de la cabeza.

2) Ejecutado el refuerzo directo, se retira el refuerzo actual y se transforma la cadena compuesta por 3 suelas de 320x15 en el tercer cordón; se va a conservar la actual curvatura que ahora quedará invertida. El tercer cordón tendrá una sección cajón compuesta por las 3 suelas actuales, 2 almas de 300x12 y 2 ángulos de 90x90x12 con una sección total de 256 cm² de los cuales 144 corresponden al material existente y 112 es el que se agrega.

Las péndolas se componen de 4 ángulos de 70x70x9. Las uniones de las péndolas al tercer cordón y al cordón superior de la viga, lo mismo que el ensamble del tercer cordón a la viga, se hace en la forma corriente en esta clase de refuerzos.

3) El refuerzo correspondiente al tablero es muy pequeño; consistirá en agregar una suela a la cabeza superior de los travesaños para disminuir la fatiga de compresión de 16,5 kgs/mm² producida por la flexión.

El costo aproximado del refuerzo sería el siguiente:

Presupuesto

1) Refuerzo directo de los tramos continuos.....	\$ 2.112.000
2) Refuerzo directo del tramo aislado.....	80.000
3) Desarmar y retirar la cadena, 450 tons. x \$ 300 c u.....	135.000
4) Material nuevo para el tercer cordón colocado, 212 tons.	
a \$ 12.000 la ton	2.544.000

5) Arreglo y colocación del material de la cadena que se aprovechará, 112 tons. a \$ 4.000 la ton.	448.000
6) Refuerzo del tablero, 7,6 tons. a \$ 12.000.....	91.200
	\$ 5.410.200
Valor del material de la cadena que no se va a usar, 338 tons. a \$ 1.800 ton.	608.400
	<u>\$ 4.801.800</u>

CONCLUSION

Un puente nuevo le cuesta a la Empresa \$ 15.238.650; el refuerzo del actual \$ 4.801.800, hay entonces, una economía de \$ 10.436.850. Como el aprovechamiento o venta del material no utilizado será a largo plazo, el refuerzo significa para la Empresa un desembolso menor ascendente a \$ 12.725.850.

Se ve, entonces, la ventaja evidente que hay en adoptar la solución consistente en la colocación de un nuevo refuerzo en la forma propuesta, lo que representa una gran economía de dinero y al mismo tiempo, la faena se ejecuta sin necesidad de interrumpir el tráfico ferroviario.

J. T. C.

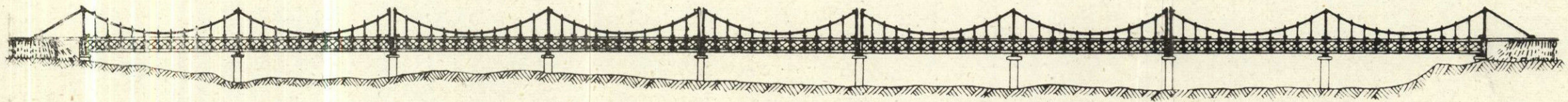
Fig. 1.

Puente Toltén - 1894



Largo total: 450 m
Escala 1:1500

Puente con refuerzo - 1926



Nuevo proyecto de refuerzo - 1947

