

PUENTES DE MADERA PARA LOS FERROCARRILES

EN CONSTRUCCION

(De un informe pasado al Director de Obras Públicas por el Inspector Jeneral de Ferrocarriles en Construccion, don Alberto Lira O., tomamos los siguientes párrafos que se refieren a los casos de empleo de los puentes de madera en los Ferrocarriles del Estado).

2. *Puente sobre el rio Cholchol.*—(Ferrocarril de Temuco a Carahuc.)

.....

.....

Con relacion a la naturaleza del puente que habrá de proyectarse en definitiva, me permití, señor Director, hacer presente a Ud. la conveniencia de hacer estensivo el estudio de que se trata, no solo a los diferentes tipos de puentes metálicos con machones tubulares fundados por aire comprimido, sino tambien a los tipos de puentes de madera enrejados, sistema Howe, con machones de jaulas de pilotes rellenos con piedra. Insistiendo sobre este punto, aprovecho la ocasion que me da el presente informe para esplayar mis ideas a este respecto.

El tipo de puente de madera a que acabo de hacer referencia, aprobado primeramente por el Consejo de Obras Públicas, ha sido desechado despues únicamente por estimarse que no da garantías suficientes de estabilidad. A fin de establecer el verdadero valor de esta objeccion, voi a ocuparme sucesivamente de estudiar las condiciones de estabilidad de la infraestructura i de la superestructura del tipo proyectado.

El rio Cholchol presenta en el punto de ubicacion del puente un lecho perfectamente definido, una corriente relativamente suave i un fondo de cascajo en el cual no se producen socavaciones apreciables segun los reconocimientos efectuados; por el contrario, se ha podido comprobar que se han producido embancamientos en el fondo del rio durante el tiempo trascurrido desde los primeros estudios hasta la fecha. Esto es, por lo demas, perfectamente lójico, ya que el rio Cholchol sufre un verdadero represamiento en su confluencia con el Cautin, especialmente en la época de las crecidas, encontrándose el fondo de la confluencia a un nivel superior al del fondo del rio Cholchol en el punto de ubicacion del puente. No siendo pues, de temerse las socavaciones, el sistema de fundacion por pilotajes debe dar completa garantía de estabilidad, siempre que los diferentes pilotes de cada machon estén suficientemente amarrados entre sí en toda la altura desde el fondo del rio hasta el nivel del puente. La esperiencia ha venido a demostrar de una

manera concluyente la exactitud de este raciocinio: el puente carretero sobre el mismo río Cholchol, ubicado a pocos metros aguas abajo del carrilero por construirse, está apoyado sobre cilindros formados por pilotes de rieles i anillos horizontales de fierro, rellenos con piedra suelta, i ha resistido perfectamente, sin deterioro apreciable, las creces escepcionales de 1899, 1900 i 1901, las mayores de que haya memoria en esa localidad i durante las cuales los machones experimentaron choques considerables producidos por los cuerpos flotantes arrastrados por el río, habiendo llegado el caso de haberse ido sobre el puente una casita de madera que quedó durante algun tiempo sostenida por uno de los machones. Los ocho años de duracion de ese puente permiten asegurar que el sistema de fundacion indicado da la suficiente garantía de estabilidad en el caso de que se trata i, por consiguiente, que el mismo sistema, reforzado i perfeccionado, se presenta en condiciones perfectamente aceptables para el puente carrilero de que vengo ocupándome.

Por lo que respecta a la superestructura, es necesario tener presente que los tipos proyectados por la Subseccion de ferrocarriles en estudio, no pueden considerarse en manera alguna como puentes provisorios, sino como puentes de madera definitivos, ya que en ellos se han tomado en cuenta todas las condiciones de solidez en la construccion para darles ese carácter. Esos puentes son, en efecto, de sistema americano de enrejado Howe, mistos de fierro i madera de pino oregon, habiéndose escludido en absoluto el roble por no dar las garantías suficientes de calidad constante i sobre todo de conservacion. En estas condiciones no hai razon alguna para dudar de la estabilidad de este tipo de puente, tanto mas cuanto que es uno de lo que han sido mas experimentados i de los que han dado mejores resultados. En los Estados Unidos de Norte América i en Rusia se han construido miles de puentes de este tipo, tanto en vias carreteras como carrileras, habiéndose adoptado especialmente en estas últimas a causa de su economía i resistencia; tan buenos resultados se han obtenido con él que se ha llegado a emplearlos corrientemente para luces considerables, hasta de m. 67, en líneas férreas de gran circulacion. Sin ir tan léjos, aquí mismo, en Chile, se han construido gran número de puentes carreteros del sistema indicado, con luces variables desde 18 hasta 45 metros, sin que jamas haya habido que lamentar un accidente que provenga de la superestructura; por el contrario, ha habido casos, como el del puente Lircaí en Talca, en que, habiendo desaparecido un machon, se han mantenido perfectamente los dos tramos contiguos, formando uno solo de luz doble por el cual han traficado sin inconveniente i durante largo tiempo las carretas i vehículos de la localidad.

Se ha objetado tambien que estos puentes son de difícil conservacion. Esto es exacto cuando se emplea en ellos la madera de roble, lo que ha sido corriente, i sobre todo cuando, construido el puente, se le abandona a su propia suerte sin preocuparse de repararlo periódicamente. Pero, empleándose la madera de pino i teniendo cuidado de recorrerlos anualmente para apretar los tirantes i reparar los pequeños desperfectos que puedan haberse producido, no hai peligro alguno de que su estabilidad se vea amenazada. El puente carretero del Cholchol en Nueva Imperial, que es de tramos de m. 30 de este mismo tipo, se ha conservado perfectamente durante los ocho años que cuenta de existencia, sin que se haya atendido a su mantenimiento; ha sido necesario solo, en el año próximo pasado, renovar la mayor parte de las piezas de roble (travesaños, contravientos i entabla-

dos), pero las piezas principales (cabezas de las vigas i diagonales), que son de pino, se encuentran en perfecto estado, lo que viene a confirmar con la esperiencia la aseveracion hecha sobre su duracion.

Demostrada, pues, la estabilidad de estos puentes tanto en su superestructura, como en su infraestructura, cuando no hai peligro de socavaciones, la conveniencia de su empleo queda sujeta únicamente a las consideraciones de economía en su construccion, comparada con la de los puentes metálicos; esta comparacion puede establecerse numéricamente de un modo exacto en la forma que sigue.

Si llamamos

a = costo del puente metálico

b = costo del puente de madera

la economía realizada al construir éste en lugar de aquél será

$$a - b$$

economía que producirá anualmente una renta

$$\frac{t}{100}(a - b)$$

siendo t el tanto por ciento de interes. De esta suma habrá que destinar una parte a conservacion i reparaciones del puente de madera; si destinamos t' % del precio de costo a este objeto, tendremos que se gastará anualmente

$$\frac{t'}{100}b$$

en el mantenimiento del puente, quedando, por lo tanto, una entrada anual disponible de

$$\frac{t}{100}(a - b) - \frac{t'}{100}b$$

que capitalizada al interes de t % produce al cabo de n años un capital de

$$\left(\frac{t}{100}(a - b) - \frac{t'}{100}b \right) \frac{\left(1 + \frac{t}{100} \right)^n - 1}{\frac{t}{100}}$$

igualando esta expresion, sea al precio de costo a del puente metálico, sea al costo b del de madera, se tendrán las relaciones entre a i b que deben existir para que al cabo de cierto número dado de años los intereses capitalizados permitan construir el puente metálico o reconstruir el de madera.

Los resultados a que así se llega, admitiendo para t i t' los valores de 6 i 5 %, son los siguientes.

Para que los intereses capitalizados permitan construir el puente metálico al cabo de 15 o 20 años, los precios de costo a i b deben encontrarse en las relaciones

$$\begin{aligned} a &= 3,29 \text{ b para 20 años} \\ a &= 6,11 \text{ b para 15 años} \end{aligned}$$

Del mismo modo, para que los intereses permitan reconstruir el puente de madera al cabo de 5 o 10 años, a i b deben guardar las relaciones:

$$\begin{aligned} a &= 3,07 \text{ b para 10 años} \\ a &= 4,80 \text{ b para 5 años} \end{aligned}$$

Es decir que, variando la relacion entre el precio de costo del puente metálico i el de madera entre 3,07 i 6,11, los intereses de la economía obtenida por la construccion del segundo permiten, sea reconstruir el puente de madera en un plazo de 5 a 10 años, sea construir el puente metálico en un plazo de 15 a 20 años, quedando ademas una utilidad líquida igual a la diferencia entre ámbos precios de costo.

En el caso particular del puente del Cholchol de que vengo ocupándome, los precios de costo son:

$$\begin{aligned} \text{puente metálico } a &= 460,000 \text{ \$} \\ \text{puente de madera } b &= 104,000 \text{ \$} \end{aligned}$$

segun se indica en el anexo que acompaña a este informe. La relacion entre ámbos da

$$a = 4,42 \text{ b}$$

La economía del primer establecimiento será:

$$460,000 - 104,000 = 356,000$$

Si aceptamos un interes corriente de 6% i si dedicamos anualmente un 5% del costo del puente de madera, o sea \$ 5,200 a su conservacion, llegaremos, aplicando las fórmulas anteriores, a las conclusiones de que los intereses capitalizados de la economía de \$ 356,000, descontados los \$ 5.200 destinados a la conservacion, permitirian reconstruir el puente de madera en un plazo de $5\frac{1}{2}$ años, o bien construir el puente metálico en un término de $17\frac{1}{2}$ años, quedando ademas al cabo de dichos plazos una utilidad líquida a beneficio fiscal de \$ 356,000.

Considerada la cuestion bajo otro punto de vista, la adopcion del puente de madera en lugar del metálico, produciria un menor gasto de \$ 356,000, que podria destinarse desde luego al mejoramiento del puerto de Carahue, dragado del rio Imperial i demas trabajos que podrian hacer productiva la línea de Temuco a Carahue, dándole una buena salida al mar.

He creido, señor Director, que la importancia de esta cuestion merecia que se la estudiara detenidamente, i ha sido por esta consideracion por lo que me he permitido esplayar tan largamente mis ideas sobre el particular.

3. *Puente de acceso al Cholchol.*—Este puente, destinado a dar paso a las aguas

muertas que cubren la vega del lado poniente del río Cholchol durante las grandes crecidas, se ha proyectado con cuatro tramos metálicos de m. 30 de luz sobre apoyos de albañilería.

A la fecha, se encuentran ya construidos estos apoyos; pero, a pesar de ello, estimó usted, señor Director, que no se justificaba por ahora el gasto de la superestructura metálica i ordenó la ejecución de un proyecto de sustitución de cada tramo metálico por tres tramos de madera de m. 10 de luz, proyecto que, una vez confeccionado, se pasará al Consejo de Obras Públicas i en seguida al Ministerio para su aprobación.

Esta solución, eminentemente económica, está de acuerdo con las ideas sustentadas por el que suscribe al tratar del puente principal sobre el Cholchol, i, en el caso presente, no puede ser objetada, ya que, tratándose de dar salida a aguas muertas, no hai razón para no aceptar los tramos pequeños de m. 10 en lugar de los de m. 30 proyectados. En todo caso, estando construidos ya los apoyos de albañilería del puente en cuestión, se podrá, cuanto el incremento del tráfico lo exija, sustituir los pequeños tramos de madera por los metálicos consultados primitivamente.

(firmado). — A. LIRA

ANEXO

Río Chol-Chol

PUENTE METÁLICO. — PRESUPUESTO

Superestructura

1 tramo de m. 10,00.....	\$ 3.850	
1 » » » 80,00.....	103.180	
2 » » » 40,00.....	67.375	
Refuerzos (32 ^a a \$ 385).....	12.320	
	<hr/>	
SUMA.....	\$ 186.725	
15%.....	28.008	214.733

Infraestructura

1 estribo.....	\$ 20.000	
1 machon tubular (m. 25).....	43.000	
1 » » (m. 30).....	51.602	
1 » » (m. 30).....	44.644	
1 estribo... ..	86.150	245.396
	<hr/>	
COSTO TOTAL.....		\$ 460.129

PUENTE DE MADERA. — PRESUPUESTO

Superestructura

2	tramos de m. 10,00.....	\$	4,200	
1	» » » 50,00.....		31,041	
3	» » » 20,00.....		21,342	
4	» » » 10,00.....		8,400	\$ 64,983

Infraestructura

1	Estribo.....	\$	800	
1	machon de doble cepa.....		1,300	
1	» jaula (m. 25).....		5,450	
1	» » (m. 30).....		6,300	
1	» » (m. 25).....		5,450	
1	» » (m. 25).....		5,450	
1	» » (m. 20) ..		4,600	
3	machones doble cepa.....		3,909	
1	estribo.....		800	
	Suma.....	\$	34,050	
	15%		5,107	\$ 39,157
	COSTO TOTAL.....			<u>\$ 104,140</u>

COMPARACION ENTRE AMBOS PRESUPUESTOS

$$a=460.000 \$$$

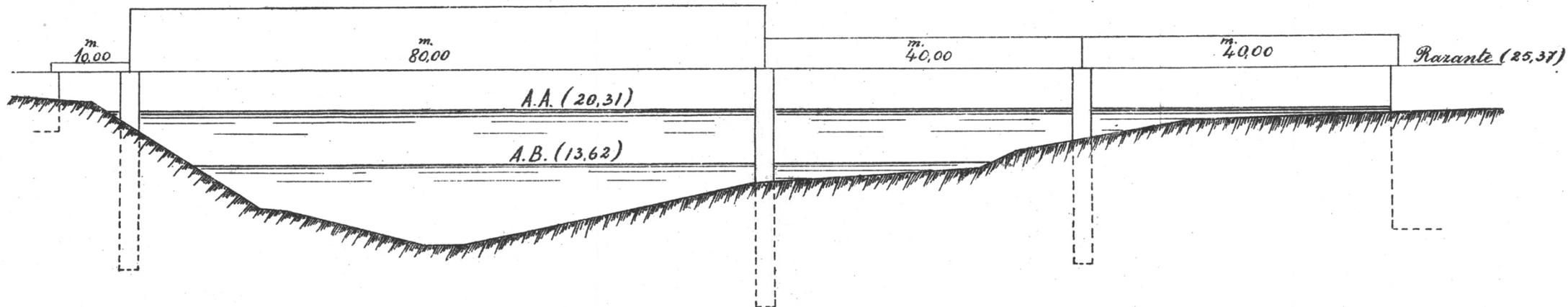
$$b=104.000 \text{ »}$$

$$a=4,42 b.$$



RIO CHOL-CHOL

PUENTE METALICO



RIO CHOL-CHOL

PUENTE DE MADERA

