

SECCIÓN TÉCNICA

Acción de los ríos torrenciales.—Perjuicios que originan en los campos agrícolas, Caminos, Ferrocarriles, Puentes y Ciudades.—Defensas que se habían usado en los Ferrocarriles del Estado, en los 40 años anteriores y las que se han usado en los cinco últimos años.—Perjuicios provocados por algunos ríos chilenos. Conclusiones del autor.

POR

LUIS MATE DE LUNA

Conferencia dada en el Instituto de Ingenieros el 27 de Ab.il de 1921)

ACCION EMBANCADORA Y SOCAVADORA DE LOS RIOS

Observaciones Preliminares.

Cuando las aguas corrientes arrastran materias sólidas en suspensión, ellas se conocen con el nombre de sedimentosas.

El material es llevado también de un lado a otro rodando por el fondo del río. Entre el material en suspensión y el que rueda, hay una diferencia de tamaño y no de calidad. Material de una clase puede ser alternativamente arrastrado o llevado en suspensión.

La cantidad de materia en suspensión en 1 m³. de agua, se llama la carga del agua sedimentosa. Lo suspendido consta principalmente de arcilla y arena fina; aquel que rueda se compone de arena, cascajo, ripio y bolones. Cuando una corriente orada su cauce, se dice que la ha socavado. Cuando deposita material, se dice que la embanca. Ambas expresiones se usan indiferentemente de cualquier material que sea, si de material en suspensión o del que rueda.

Una corriente de velocidad y profundidad dada, puede arrastrar solo una cierta carga de material en suspensión. Cuando tal cantidad es arrastrada, se dice que lleva su «carga total» o que está totalmente saturada.

Si una corriente tiene poder para socavar una materia dada de su cauce. tiene poder para arrastrarla; pero lo contrario no sucede. Si la materia es dura

o compacta, la corriente tendrá muchas más dificultades para oradarla que para arrastrarla. Y hay, por lo general, una pequeña dificultad aun cuando la materia sea blanda.

Embanques o socavaciones, pueden afectar el fondo o las riberas del cauce o a ambos. El cauce puede así disminuir o aumentar el ancho o si una de las riberas es mas afectada, o en una forma diferente a la otra, cambia su posición lateralmente ya sea alterando el nivel del lecho o vice versa.

Embanques y socavaciones son generalmente regulares o irregulares en su sección, según sea la corriente regular o irregular, es decir, según si el canal está o no libre de cambios bruscos o de remolinos.

Angulos salientes a lo largo de una obstrucción son mas expuestos a socavarse y cavidades profundas a embancarse. Inmediatamente aguas abajo de un cambio brusco, la socavación es a menudo brusca. Los remolinos tienen un gran poder socavador. Un cambio brusco es aquel en que haya un cambio de sección o de dirección en la corriente, ya sea o no acompañado por una unión o bifurcación, el cual es tan rápido que produce remolinos.

La mayoría de las corrientes varían grandemente en las diferentes épocas, a la vez en volumen y en velocidad y en la cantidad de material que arrastran. Por esto, la sección no es constante. Una corriente puede embancar en una época y socavar en otra, manteniendo un término medio fijo constante. Cuando esto pasa en una extensión moderada, o cuando la corriente no socava o embanca en forma apreciable, se dice que es de régimen permanente o estable.

Materiales que ruedan.

Si un número de cuerpos tienen formas semejantes y si D . es el diámetro de uno de ellos, y V la velocidad del agua, relativa respecto de él, la fuerza de rodadura es teóricamente proporcional a $V^2 D^2$ y la fuerza resistente o pesos a D^3 . Si estas se equilibran D varía proporcionalmente a V^2 , o los diámetros de los cuerpos de formas similares los cuales pueden a la vez, ser rodados, proporcionales a V^2 y sus pesos como V^6 .

Sea una corriente de agua pura, que tenga una profundidad H y con bolones en su fondo, tiene una velocidad V suficiente para moverlos lentamente.

Algún bolón mas grande no será movido. Algunos bolones más pequeños serán movidos más rápidamente. Por la misma razón, arena fina será arrastrada mas rápidamente que arena rugosa. Si la velocidad de la corriente crece, los bolones mayores son arrastrados. Las corrientes están así constantemente separando los materiales que ellos arrastran.

Si se examina el fondo, se encontrará que los bolones mas grandes existen solo en ciertos puntos, bolones mas pequeños, ripio, grava, arena gruesa y arena fina, siguen sucesivamente.

Es bastante conocido que el poder socavador y de arrastre de una corriente aumenta o crece con su velocidad.

La fuerza es, probablemente, derivada de los remolinos que se producen en el cauce, Cada partícula en suspensión tiende a hundirse si su peso específico es mayor que la unidad. Es impedida de hundirse por las componentes hacia arriba de los remolinos.

Sea una corriente arrastrando a carga llena cualquiera clase de sedimento. Entonces, habrá depósito si hay una reducción cualquiera de la velocidad, a menos que haya también una reducción de la profundidad, hasta que la carga de sedimento sea reducida otra vez a su carga total para la corriente. Los depósitos se producen en general lentamente y se extienden sobre una longitud considerable del canal. Las materias mas pesadas son, desde luego, depositadas primero.

Si H . es la profundidad media de orilla a orilla y V la velocidad media en toda la sección hay una tendencia a depositar donde la razón $\frac{V}{H}$ es menor y a socavar, donde es mayor.

Una vez que una corriente ha asumido una forma curva, aun cuando esta sea muy suave, la curva tiende a aumentarse. Cerca de la curva cóncava se producen las mayores profundidades y mayores velocidades y obran recíprocamente la una a la otra, cada una induciendo a la otra.

La ribera cóncava es arrastrada o llega a ser vertical por erosión cerca del fondo, donde es carcomida derrumbada y arrastrada. En la ribera convexa se producen depósitos de sedimentos.

Cuando se produce una curva en un cauce, la corriente, por ser dirigida contra la ribera opuesta, tiende a producir otra vuelta de forma opuesta a la primera. Así, la corriente tiende a ser tortuosa y mientras la tortuosidad es pequeña, el desarrollo y por tanto la pendiente y la velocidad, son muy poco afectadas; pero la acción puede continuar hasta que el aumento en la longitud de la corriente reduce materialmente la pendiente y la consiguiente reducción de velocidad hace cesar la erosión.

Otras veces, la corriente, durante una crece, puede encontrar a lo largo de la cuerda de la curva un camino directo con una pendiente mas fuerte, y se

abrirá cauce, socavando el embanque. Sin embargo, esto no ocurre con la frecuencia que se desea, por lo que se buscan métodos artificiales para conseguirlo.

PERJUICIOS QUE CAUSAN LOS RÍOS TORRENCIALES

Como la vía principal de la Red Sur de los Ferrocarriles del Estado, entre Valparaíso y Puerto Montt, recorre el país de Norte a Sur, siguiendo el valle Central, cruza en su camino todos los ríos caudalosos que, como se sabe, se extienden de oriente a poniente de esta estrecha faja cuyo ancho medio es de 180 kilómetros.

La altura media de la Cordillera, frente a Santiago, es de 4 000 metros aproximadamente, y desciende paulatinamente hacia el Sur.

Debido al gran desnivel que tienen que vencer en su curso, entre la Cordillera y el Océano Pacífico, y a su corto recorrido, nuestros ríos de la Zona Central son **torrentes** en su curso superior, bajan turbios e impetuosos hasta la parte central y disminuyen su velocidad en la parte inferior de sus cursos, en las vecindades del mar.

Todos ellos están sujetos a **creces periódicas**, casi siempre súbitas, provenientes de las lluvias invernales y del derretimiento de los hielos por el calor del Verano.

Las primeras, sobre todo, suelen convertirse en desastrosas inundaciones.

En la parte superior de su curso los torrentes producen un fenómeno de **erosión**; desagregan de los flancos de las montañas materiales que arrastran y que van a depositar en los valles en forma de aluviones en extensos lechos, en donde, sus aguas divagan caprichosamente, a consecuencia de estos depósitos, trasladando sus cauces de un punto a otro, a veces distanciados de 500, 1 000 o más metros.

Los torrentes son, por ésto, la causa inicial de numerosos desastres. No solamente transforman en improductivos los terrenos que recubren con sus materiales, sino, todavía, amenazan los terrenos vecinos, las poblaciones, los caminos, y la vía principal de los Ferrocarriles del Estado, por su especial situación, ya que dicha vía los atraviesa normalmente a todos ellos en su zona torrencial y donde sus cursos tienen aun pendientes medias de 10,15 y 20 por mil.

La característica más esencial de los ríos de esta región central es la de que sus corrientes sufren importantes perturbaciones por efectos de la masa de materiales que arrastran; y entre ellas, la de mayor importancia, es la inestabilidad de los cauces por donde se escurren sus cursos de agua. Corren bajo pen-

dientes fuertes e irregulares, transportan y depositan en el valle los materiales arrancados a los flancos de las montañas, depósitos que hacen divagar las aguas durante las crecidas.

Una corriente que no acarrea materiales tiene un cauce cóncavo y bien estable; su velocidad oscila según las variaciones del volumen de las aguas, obediendo a reglas fijas y conocidas de la Hidráulica.

En el caso de una corriente turbia y espesa, que arrastra una gran cantidad de materiales de toda naturaleza y dimensiones, se desarrollan en su interior trabajos y resistencias de características diversas y continuamente variables. Por esta causa, el lecho se modifica incesantemente y tan pronto una socavación es rellenada cuando otra masa de aluviones es arrastrada a consecuencia de la desviación o modificaciones introducidas por el primer depósito.

Es, pues, debido a estas acciones internas y a la viscosidad de dichas aguas que su escurrimiento se perturba y modifica de tal manera que las leyes de la hidráulica parecen ser contrariadas. Por ejemplo: la mayor velocidad no corresponde, a veces, al mayor caudal sino a mayor claridad de las aguas y su curso no es fijo y estable, sino que varía continua y caprichosamente.

En el curso de un torrente pueden distinguirse dos zonas bien marcadas:

- 1.º La hoya de recepción, especie de embudo que reúne todas las aguas de la parte alta de la montaña y de donde provienen los materiales acarreados;
- 2.º El lecho de deyección en donde se depositan todos estos materiales de acarreo o aluviones.

Las lluvias, a veces tan intensas en nuestras cordilleras, al precipitarse por los flancos de las montañas, arrastran las tierras que sirven de apoyo a las piedras, las cuales se ven obligadas a desligarse y a caer al fondo de las quebradas. A ésto se agrega la enérgica acción del granizo y aun de la nieve. Sabemos que el agua que se mantiene en las grietas de las piedras, al expandirse cuando se transforma en hielo desagrega las rocas.

El agua, a su vez, que ha adquirido ya alguna velocidad en las quebradas, comunmente de enormes pendientes, arrastra en desorden estos materiales hasta encontrar obstáculos, o alguna garganta en donde se depositan y por cuya razón se peralta el nivel del agua en la quebrada hasta alcanzar un nivel tal, que por la presión que produce, rompe la barrera formada y se precipita con enorme violencia, arrastrando cuanto encuentra a su paso. Debido a esta fuerza destructora se producen socavaciones en los taludes de los cerros, los que, a su vez, originan resbalamientos de grandes macizos.

La gran aridez de las montañas de esta región, agregada a la fuerte pendiente de las quebradas, facilita a las aguas que se precipiten violentamente, lo

que implica gran velocidad y, por consiguiente, gran empuje de arrastramiento.

La formación de las represas en las gargantas de las quebradas y la subita destrucción de ellas, por las crecidas, originan las avalanchas o golpes de agua, tan temibles para nuestros puentes carreteros y ferroviarios.

Al pasar las aguas de las montañas a los valles se encuentran con pendientes mas suaves y con secciones de escurrimiento mas anchas. Por estas causas disminuye su velocidad y, por consiguiente, la fuerza de arrastre. Empiezan por depositarse los materiales de mayor volumen y a medida que mayor va siendo la reducción de velocidad, menor es el volumen de los materiales que se depositan.

Los materiales de un mismo volumen tienden a agruparse en una misma sección del río y a tomar una misma pendiente que corresponde al límite, más allá del cual una mayor velocidad vuelve a arrastrarlos nuevamente.

Esta pendiente máxima que toman los materiales de cierta dimensión, sin ser arrastrados por la corriente, es **la pendiente de compensación** de estos materiales.

Como en nuestros ríos su torrencialidad es esencialmente variable de un año a otro y aun de una crece a otra, resulta que estas pendientes de compensación de los diversos materiales son, también, continuamente variables.

Por esto, esa región de las corrientes es la mas variable y la que ofrece los mayores peligros; los materiales, sin cohesión, ofrecen solo una pequeña resistencia a las variaciones de torrencialidad de los ríos y, en consecuencia, ceden a ella. Por otra parte, todos estos ríos tienen en esa zona lechos muy anchos y riberas muy bajas y de materiales blandos que facilitan las inundaciones de los campos vecinos, sus derrumbes y la formación de cauces laterales que, en contacto con la línea férrea, corren paralelos a los terraplenes, amenazandolos en largas extensiones y amenazando los estribos y machones de los puentes, por los remolinos que en ellos se forman.

En los lechos de los ríos de esta zona pueden observarse, casi todo el año, enormes bancos de materiales de 2, 3 y mas metros de altura sobre el nivel de las aguas normales que alternan con los cauces por donde se escurren las aguas.

Durante las creces, ocurre muchas veces, que se obstruyen los cauces por depósitos de los materiales que acarrea el agua y esta abre un nuevo cauce por el medio de los embanques anteriores, arrastrando estos materiales para irlos a depositar un poco mas abajo.

Los peligros que representan estos ríos para la seguridad del tráfico en los Ferrocarriles del Estado, son los siguientes:

1.º Que por efectos de socavaciones excesivas en los machones y estribos de los puentes, llegue la acción de las aguas a remover el material de fundación, lo que puede originar la destrucción parcial o total de una de estas obras de arte;

2.º Que a causa de embanques parciales, o totales, con piedras grandes de ríos en la desembocadura de los puentes, las aguas ataquen los terraplenes de acceso y, encontrando mas fácil, arrastrar el material de los terraplenes que las piedras de depósito de los ríos, tratan de abrirse una nueva desembocadura a través de ellos.

3.º Que a causa de las divagaciones que experimentan los ríos, en sus lechos, se formen corrientes o brazos de importancia que atacan normalmente los terraplenes en puntos sin defensa, lo que puede originar una cortada del terraplén.

4.º Que a causa de estas mismas divagaciones se puede cargar toda la corriente de un río por el cauce de un brazo secundario en donde se encuentre instalado un pequeño puente sin capacidad suficiente para dar paso a todo el caudal del río, lo que necesariamente tiene que originar una cortada de la vía.

En el curso de esta descripción me voy a permitir dar a conocer a los colegas y demás personas que se interesen por estos estudios algunas observaciones personales, sobre la forma en que ha sido atacada la vía férrea en estos últimos años, por los ríos Cachapoal, Tinguiririca, Teno, Lontué, Claro, Lircay, Achibueno, Longaví, Maule y Ñuble, y sobre los sistemas de defensas que se han empleado en la Empresa para prevenir estos perjuicios o para restablecer el tráfico, dando a conocer, además, los resultados obtenidos.

PERJUICIOS PROVOCADOS POR ALGUNOS RIOS CHILENOS

Río Cachapoal

El río Cachapoal nace en la cordillera de Los Andes, en la falda del cerro de los Piuquenes, cuya altura es de 4,460 metros. Es un río sumamente caudaloso. En sus grandes creces ocupa todo el lecho, de ribera a ribera.

La línea férrea lo cruza entre las estaciones de Rancagua y Gultro, a la cota 515 mts., por medio de un puente metálico vía superior, de 248,7 metros de largo. Este puente fué construído hace más de 50 años. La infraestructura

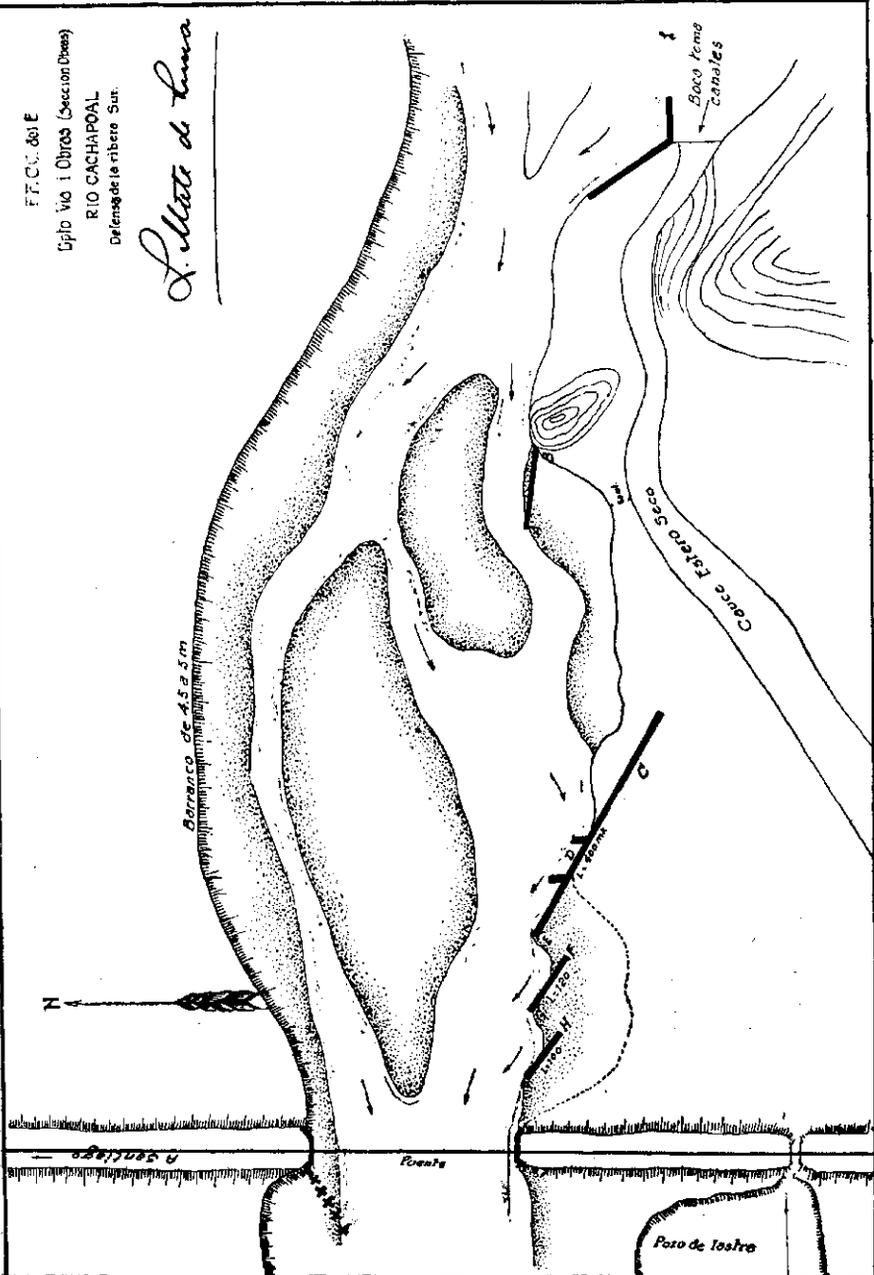
FT. C. 601 E

Eplo Via i Oltres (Seccion Oeste)

RIO CACHAPOAL

Defensio de ribere Sur.

S. M. de Luna



es de albañilería fundada a 6 metros de profundidad; soporta del lado oriente un puente carretero y del lado poniente, el puente ferroviario.

Desde su vertiente hasta la vía férrea, con una longitud aproximada de 75 kilómetros, sus aguas descienden vertiginosas, 3 500 metros de desnivel, siendo su pendiente media en ese recorrido, de 4,6%.

El lecho de este río, además de su pendiente general de oriente a poniente, tiene una marcada pendiente hacia el sur. Por eso, sus aguas tienden a cargarse hacia el sur y amenazan constantemente los terraplenes de acceso de ese lado del puente.

Para evitar estos perjuicios, ya el año 1885 se había construido una defensa de piedra de cantera.

Durante las creces de 1888 y 1890 estas defensas fueron destruidas y las aguas atacaron los terraplenes, destruyendo parcialmente el camino y amenazando seriamente la línea férrea.

Los estribos y machones se defendieron contra las socavaciones con piedra de cantera que se tiró para restablecer los niveles de fondo.

En una de las avenidas de Verano, en Enero de 1915, el río cortó el terraplén de la vía férrea, a 675 metros al sur del puente, interrumpiendo el tráfico. Para restablecerlo se construyó un pequeño puente provisional, de 10 metros, formado por dos tramos de paquetes de rieles que se apoyaron sobre tres cepas de pilotes doble riel.

Con este motivo en ese año se estudió en el Departamento de la Vía y Obras un proyecto general de defensas de la ribera sur de este puente el que consultaba las siguientes obras:

1.º Un espigón AB., de 200 metros de largo, al poniente del cerro Goroipo, encastrado en este maciso, destinado a guiar las aguas hacia el centro del lecho, disminuyendo las probabilidades de que su cauce se cargue al sur y amenace Gultro y Requínoa.

2.º Refuerzo en 200 metros, con pilotajes, de un muro de piedras grandes de río, cuyo largo total es de 400 metros y cuya situación fué estimada satisfactoria para la defensa de los terraplenes.

3.º Tres espigones aislados. E. D—G. F—e I. H., de 180 metros, 120 metros y 100 metros respectivamente, destinados a impedir la formación de cauces profundos mas al sur de estos espigones.

La Empresa estimó que a ella le correspondía ejecutar las obras consultadas en los dos últimos grupos, y que el primer espigón, aunque necesario, debía ser ejecutado por la Dirección General de Obras Públicas, o por los particulares, ya que este espigón defendería, principalmente, propiedades particulares

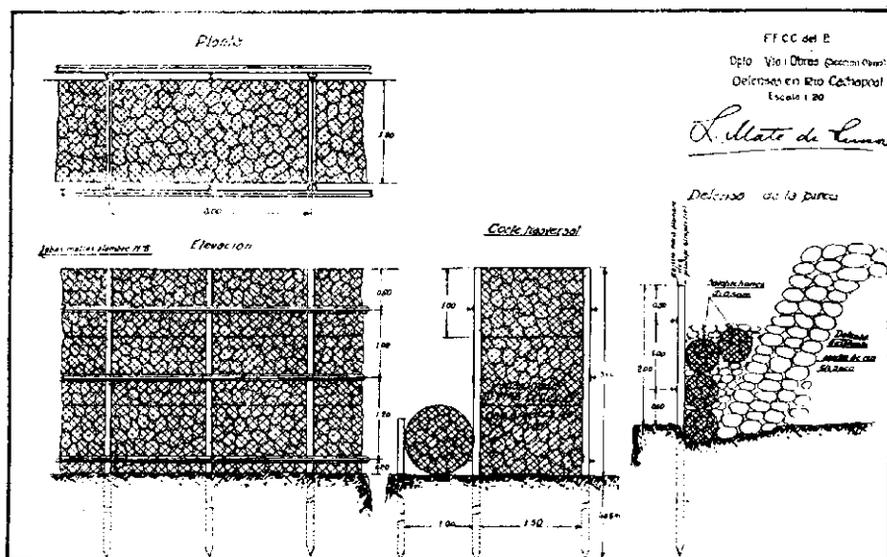
y daría mas seguridad a las poblaciones de Gultro y de Requinoa, problemas que no correspondía atender a la Empresa de los Ferrocarriles del Estado.

Las obras fueron contratadas con don Pablo Goldenberg, a mediados del año 1915, quien les dió término a fines de 1916. Los espigones se construyeron con dos filas de pilotes simple riel, con ficha mínima de 4,50 metros.

Los pilotes delanteros espaciados a 1.50 y los de 2.^a fila a 3 metros uno de otro.

El ancho de los espigones es de 1.50 m. y la altura, 3 metros. Los pilotes se arriostraron convenientemente con varias corridas de rieles horizontales.

Interiormente se rellenaron con javas de malla de alambre galvanizado N.º 6, rellenas con piedras grande de río.



Por delante se protegieron estos espigones con salchichones cilíndricos de 1 metro de diámetro, de mallas de alambre, rellenas también con piedras colocadas entre el espigón y una fila delantera de pilotes simple riel, de pequeña altura y ficha de 4 metros.

Entre los espigones se dejaron, especialmente, los huecos, o separaciones que se ven en el plano, a fin de permitir que parte de las aguas, en las grandes creces, pasasen a través de ellos, con los materiales que arrastran, a fin de que por efectos de la disminución de velocidad que ellos deben experimentar detras de los espigones, procediesen a depositarlos y a formar con ellos embancamientos.

Durante las creces de los años 1917, 1918, 1919 y 1920, estos espigones

se comportaron muy bien, apesar de que las creces del año 19, fueron excepcionales. Las aguas se cargaron al sur, pero los cauces profundos quedaron limitados por los espigones no avanzando en sus efectos destructores hacia el Sur.

Los espigones dirigieron las aguas hacia el centro y N. de la desembocadura del puente.

Los cauces principales se mantuvieron centrados en el lecho del río y sólo aguas de inundación en las grandes creces que inundaron los campos aguas arriba de los espigones, por encima de ellos y por los espacios dejados expresamente entre ellos, inundaron los campos del lado sur con aguas de poca velocidad y a las cuales no había que temer por su pequeño efecto destructor. A espaldas de los espigones se produjeron entonces importantes embancamientos. Solo el espigón ED sufrió algunos efectos de socavación y se inclinó un poco hacia adelante en una extensión de 30 metros.

Sin embargo, a mi juicio, se ha cometido un error al dejar abierta la brecha que se abrió el año 1914, quedando como puente de descarga para las aguas de inundación. Entre el lado poniente de la vía y el lado oriente hay un fuerte desnivel, por haberse explotado del lado poniente un pozo de lastre profundo. Es evidente que dada la gran pendiente local, las aguas de inundación, al atravesar el pequeño puente, toman gran velocidad y esta va a ser, tarde o temprano, la causa de una nueva cortada, pues esto facilitará la formación de un brazo de río por detrás de las defensas. Tanto mas posible es esto si no se construyen fundaciones profundas y se defienden debidamente los extremos de los terraplene de este puentecito.

En mi opinión ha debido restablecerse la continuidad del terraplén y, por ningún motivo, establecer en ese punto un puente de descarga, pues habría el peligro de que en alguna gran crece se cargue todo el río por el puente chico cortando la línea y dejando el otro puente en seco.

El último verano, el personal encargado de la conservación, de la II Zona, procedió a cerrar los espacios que se dejaron entre espigones para evitar la pasada de las aguas de inundación, anulando así la formación de los depósitos que, lógicamente, debían seguir produciéndose.

Como complemento de estas defensas, se ha ordenado que se proceda oportunamente a la plantación de bosques detrás de los espigones, entre ellos, y entre el último espigón y el terraplén. En esta forma se le daría mayor consistencia o cohesión a los materiales del lado sur y se formaría una fuerte defensa viva que iría aumentando en resistencia con el tiempo, mientras la actual defensa se vaya destruyendo por oxidación de los materiales y destrucciones parciales por las corrientes.

Hasta la fecha, se han hecho algunas plantaciones de sauce detrás de los espigones, insuficientes y deben aumentarse, por el fuerte porcentaje que se seca o destruye por inundaciones en los primeros años de su crecimiento.

Con posterioridad, el personal de la conservación ha colocado dos grandes jivas de rieles de 10 metros de largo por delante del espigon, rellena con sacos de malla de alambre con piedra de río, con inclinación aproximada a 60° de la dirección general del espigón EC.

No me explico estas modificaciones de obras que alteran por completo los fundamentos que se tuvieron en vista al proyectar y construir estas obras, que han dado resultados, satisfactorios en los cuatro años que tienen de existencia. Con las modificaciones introducidas, seguramente, se va a tirar el agua hacia la ribera norte, lo que va a atacar en el futuro el terraplén norte de acceso del puente.

Estimo que como medidas de conservación correspondía reponer los salchichones de malla que se destruyeron, así, como los pilotes guías que se quebraron.

La inclinación de una parte del pilotaje hacia el agua, por efectos de la socavación, pudo contrarrestarse con algunas amarras o estribos a estacas utilizando tecles para enderezar los pilotes torcidos.

A objeto de evitar toda posibilidad de incursiones del río inmediatamente detrás del cerro Gorocoipo y aun la formación de brazos de río que puedan echar las aguas del Cachapoal por el Estero Seco o atacar el terraplén sur del Cachapoal estimo que se podrían obtener resultados iguales o mas satisfactorios que con el espigón AB, si se construye una serie de espigones de 50 a 60 metros de longitud cada uno, formados por pies de cabra de madera rolliza de grandes dimensiones (0.30 de diámetro por 6 a ocho metros de largo).

Estos elementos tienen la particularidad que en creces se rodean de zarzales y malezas. Permiten la pasada del agua con los materiales que arrastra, pero sirven de obstáculo, quiebran la velocidad del agua y la reducen, motivo por el cual se origina el depósito de parte de los materiales que arrastran.

Estos espigones, de construcción muy económica, facilitarían la formación de embanques y la reconstitución de la ribera destruída.

Aunque supongamos una duración media de cuatro años, siempre resultarán mas económicos y mas rápido de ejecutar, con elementos que siempre es fácil obtener.

Río Tinguiririca

Nace de la Cordillera de Los Andes, del volcán Tinguiririca cuya altura es de 4 280 metros. Baja desde la cota 3 500 metros a la de 350 metros en que cruza la línea del F. C., al Sur de San Fernando. Hasta este punto recorre aproximadamente 95 kilómetros, descendiendo 3 150 metros de desnivel. La pendiente media en este trayecto es de 3,3%.

Tiene un lecho muy ancho que varía de 500 a 1 000 metros.

El año 1865 se construyó sobre este río el puente ferroviario con longitud de 130 metros, compuestos de 4 tramos metálicos de alma llena, vía inferior, de 32,50 metros de largo total. La infraestructura era de albañilería de piedra de cantera y se fundó directamente a poca profundidad, protegiéndola con zampeado general de buena mampostería de 1,20 mts. de espesor colocada a 2.50 mts. bajo el nivel del fondo del lecho. Las barreras verticales, también de albañilería, se fundaron a 4,50 mts. bajo la cota del zampeado. Quedó pues, la fundación de l puente protegida hasta la cota 7 mts. bajo el nivel del fondo del río.

Parece que debido a roturas parciales de este zampeado y a que no se atendió nunca su conservación, se produjo la caída de uno de los machones en la crece de Julio de 1900.

Al caer el machón, cayeron también los dos tramos que sobre el se apoyaban, los que fueron arrastrados por las aguas y parcialmente destruídos.

Los otros dos tramos que quedaron en pie se colocaron hace poco en la vía poniente del puente Mendoza, después de reforzarlos.

El tráfico se restableció sobre un puente provisional y un poco mas aguas abajo se construyó el puente actual.

Es este un puente de 168 metros de largo, compuesto de tres tramos de 56 metros de largo y 55 de luz teórica, vigas enrejadas semiparabólicas.

La infraestructura de concreto fué fundada con aire comprimido.

La adopción de una desembocadura reducida para el puente ha exigido en todo tiempo la adopción de defensas locales para proteger los terraplenes de acceso.

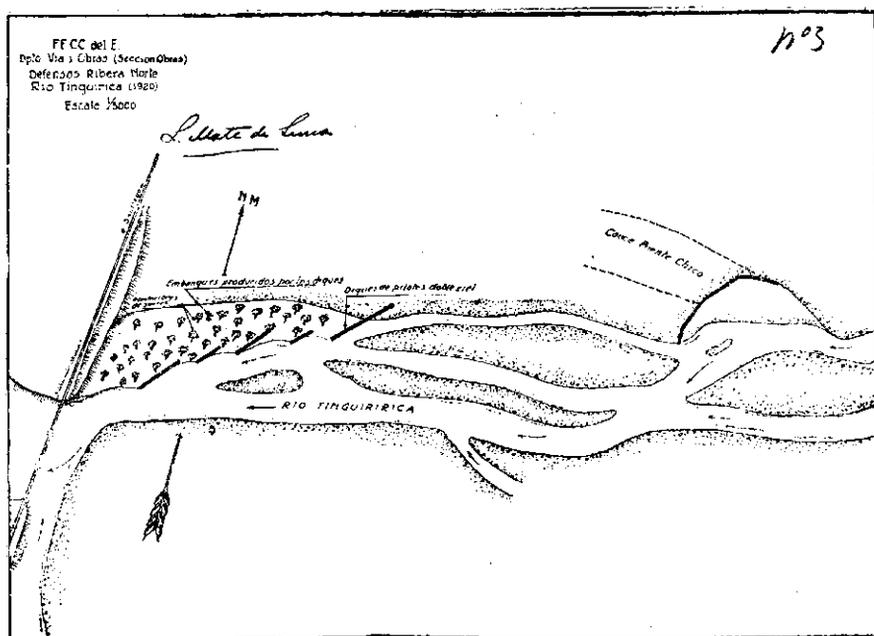
El recurso mas frecuente ha sido la utilización de piedra de cantera. Casi todos los años el personal de la conservación ha botado gran cantidad de este material, de peso relativamente reducido, que el río se ha encargado de arrastrarlo dejando nuevamente los terraplenes indefensos.

También se han, colocado en algunas ocasiones, grandes bloques de concreto,

de $2 \times 1.5 \times 1.5$, pero en las creces, han sido socavados y se han sumergido y destruído.

A consecuencia de que en las creces de este río, de los años 1917, 1918 y 1919, se cargó la mayor parte del río hacia el norte, amenazó seriamente el terraplén de acceso de ese lado y con ello la seguridad de la ciudad de San Fernando. Pensó, entonces, la Dirección de la Empresa, buscar algún sistema de defensa local que diese mayores garantías que las que se había usado hasta esa fecha.

Sin embargo, apesar de que se trataba de defender con ellas, no solo la vía férrea, sino también la ciudad y los predios adyacentes, de particulares, se tropezó con la falta de concurrencia de la Dirección General de Obras Públicas y de estos últimos.



Por esto, la Empresa se ha limitado a ejecutar las defensas locales que ha podido llevar a cabo, dentro de sus recursos.

El estudio del proyecto y la ejecución de estas defensas estuvieron a cargo de la **Sección Obras Nuevas del Departamento de la Vía.**

Estas defensas se componen de cinco espigones escalonados dispuestos en forma a dirigir las corrientes hacia el centro del puente. Los largos de estos es-

pigones, empezando por el de aguas arriba, son los siguientes: 110 mts.; 44; 61; 40 y 70 mts., respectivamente.

Los espigones están formados por dos barreras de pilotes doble riel, con fichas de 6 a 7 mts. Los pilotes están colocados a 1.50 uno de otro y las barreras están espaceadas de 2 metros.

El relleno se hizo en algunas con piedra de cantera colocando un bloque de concreto en la parte inferior.

La mayoría de los espigones se ha rellenado con jivas de malla de alambre, las que se han llenado con piedra grande de río.

Las creces del año 1919, sorprendieron estas obras a media ejecución. En varios de ellos se habían clavado mas de la mitad de los pilotes, pero aun no estaban arriostros y los rellenos solo se habían hecho en parcialidades.

Por esta causa sufrieron algunos perjuicios, varios pilotes se quebraron y parte del relleno que se iniciaba fué arrastrado.

En el verano de 1920 se dió toda actividad a estas defensas y quedaron casi totalmente terminadas.

Las creces de Junio del año 1920, que fueron tan grandes como las del año anterior, y las posteriores, fueron resistidas y contenidas por estos diques que recibieron el ataque del brazo mayor del río.

Detrás de los espigones se empezaron a formar grandes embanques de aluviones los que ya han alcanzado el nivel de los terrenos riberaños.

La cabeza poniente de los espigones 2 y 3 sufrieron destrucción en 8 y 9 metros respectivamente.

No doy gran importancia a este perjuicio ya que él representa solo un 5% de la obra total.

En cambio, estos diques han venido a limitar la acción destructora del río manteniendo como ribera norte la línea formada por ellos.

Ya que estos diques reciben y amortiguan la acción destructora de la corriente, tienen ellos que sufrir destrucción necesariamente, por causa de estos ataques.

Los remolinos que en ellos se forman provocan fuertes socavaciones que hacen bajar el material de relleno.

Con espaceamiento de 1.50 mt. de pilote a pilote no se puede conservar la piedra de cantera, la que se escapa una vez que baja mas allá de la última riostra, aunque se coloquen bloques de concreto de 1 mt. en la base porque las socavaciones son mayores.

Las bolsas de malla de alambre, a su vez, tienen que sufrir el choque de las piedras que el agua arrastra en suspensión dentro de la masa de materiales que

moviliza. Debido a este martilleo constante, a veces se corta y las jivas se vacían. Si a esto se agrega las oxidaciones, estimo su duración media en 6 a 8 años, lo que va a exigir un gasto medio de renovación de 12-15% anual, del valor de construcción, si se atiende debida y oportunamente a su conservación. Si por descuido no se atiende a conservar estas obras, antes de los 10 años habrán desaparecido.

Como complemento de estas defensas hemos hecho importantes plantaciones en los embanques producidos entre y detrás de los espigones, los que vendrán a dar mayor cohesión al material y dificultarán su arrastre, aun cuando se destruyan los espigones por creces extraordinarias o por falta de conservación.

Del mismo lado Norte se ha temido estos últimos años que un brazo del río que se ha cargado mucho mas al Norte y vacía sus aguas por el cauce que cruza la vía por el puente Tinguiririca chico, constituido por un tramo de 32.50 metros, aumente su caudal. Estas aguas amenazarían la población de San Fernando aun en una forma mas directa.

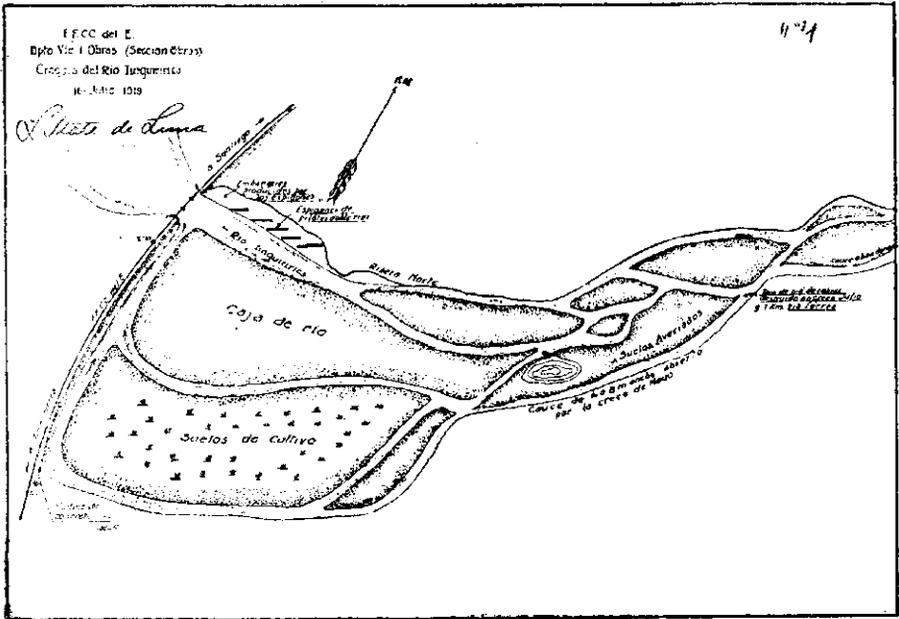
Corresponde, a mi juicio, a la Dirección General de Obras Públicas atender este problema para evitar estos perjuicios, que no es raro puedan llegar a producirse, pues el río ha formado una ensenada, la que, al cargarse el río de ese lado, facilitaría la entrada de sus aguas a dicho cauce.

El terraplén de acceso del lado sur fué atacado el año 1919 violentamente, unos 800 metros al sur del puente, por un gran brazo que se cargó de ese lado y que atacó al terraplén, de frente, en una extensión de mas de 200 metros.

Desde ahí, las aguas corren hacia el norte, hasta pasar por la desembocadura del puente.

Como defensa directa del terraplén hemos construido un dique de pilotajes de rieles de 30 metros de largo, relleno con piedra de cantera y una cortina continua de bloques de concreto, tipo Decauville, de 6 metros de desarrollo, 4 en elevación y 2 de cola en el lecho del río. El espigón se terminó el año 1919 y ha prestado sus servicios; la cortina quedó terminada a fines del año pasado.

En este río se observan grandes embanques, de 2 a 2.5 mts. de altura sobre el nivel de las aguas en los mismos puntos donde en otros períodos han existido cauces de 2 a 2.5 mts. de profundidad. Esta enorme masa de aluviones es, a veces, movilizada en una sola crece, llevando la destrucción y el ataque del río a otra zona de su curso.



Como ensaye hemos construído algunos pies de cabras especiales, formado por rieles y tirantes de alambre del tipo indicado en el croquis, de la página siguiente en los extremos de los espigones 1 y 3, a fin de facilitar el embanque por delante de los diques 2 y 4, y en los huecos respectivos.

Río Teno.

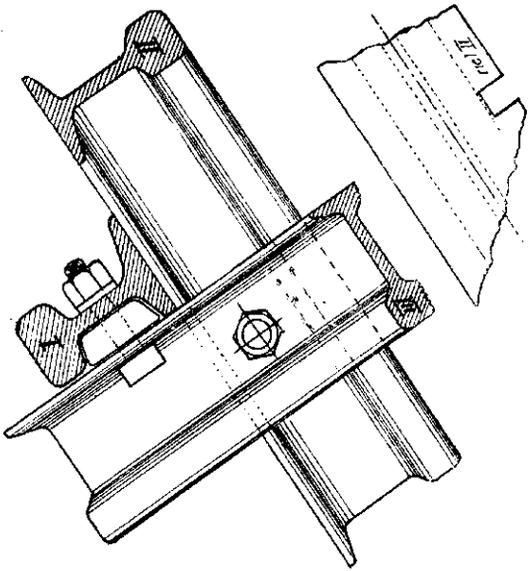
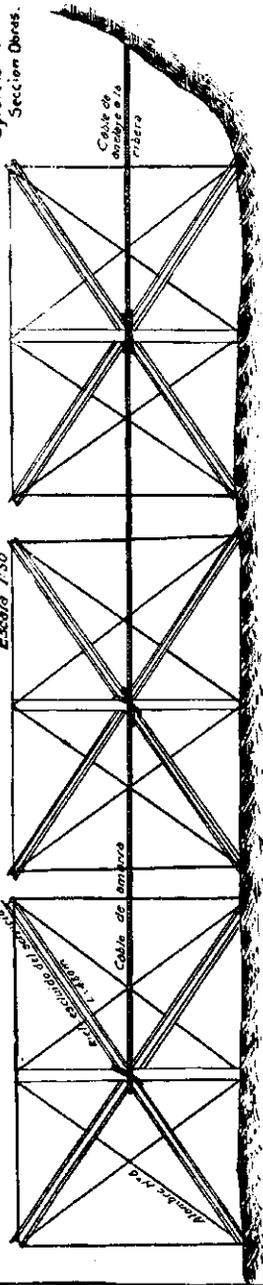
Nace de las lagunas del Planchón, las que deben su origen al volcán de ese nombre, cuya altura es de 3 970 metros ubicado en el límite con la Argentina. Su recorrido hasta la línea férrea es de cerca de 80 kilómetros. La cruza entre las estaciones de **Teno** y **Sarmiento** a la cota 280 mts. El lecho de este río tiene un ancho superior a 1 000 metros.

Cuando se construyó la línea férrea de San Fernando a Curicó, se ejecutó el año 1865 un puente de 90 metros sobre el brazo sur del río. (**Teno II**). Este puente está formado de tres tramos de 30 mts. cada uno, de alma llena, vía inferior.

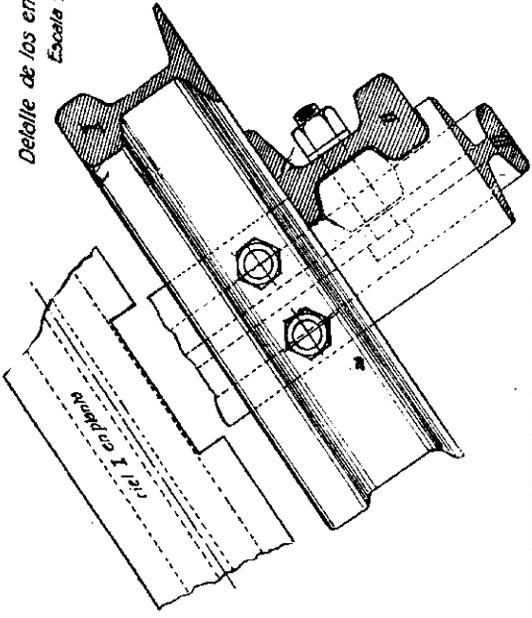
Machones y estribos están fundados a 7 metros de profundidad, bajo el

F.F.C. del E.
Dpto. Via i Obras
Seccion Obras.

ESPIGON DE TRIDENTES (GÉTIÉS) DE RIELES
Escala 1:50



Detalle de los ensamblados
Escala 1/2



fondo del río y están protegidos por un zampeado general colocado a 2.5 mts. bajo el lecho. Las barreras tienen 4.5 mts. de profundidad bajo el zampeado.

El año 1875 se formó un cauce profundo al norte del lecho de este río, el que rompió los terraplenes y obligó a la Empresa a construir un nuevo puente de 90 metros de largo, formado por tres tramos, también de 30 metros cada uno.

Las creces de Julio de 1877 botaron un tramo del nuevo puente (**Teno I**), y cortaron el terraplén entre ambos puentes en una longitud de más de 100 metros, donde se construyó un puente provisional para restablecer el tráfico.

El año 1890 se reconstruyó el puente (**Teno N.º 1**) dejándolo siempre de 90 metros, con tres tramos metálicos vía inferior, enrejados, que son los que existen en la actualidad. Se fundó a 7.50 mts. bajo el lecho, quedando 4 mts. de albañilería en elevación. El puente provisional fué terraplenado.

En la defensa de estos terraplenes se han colocado periódicamente grandes cantidades de piedra de cantera, las que son arrastradas por el río en sus creces y vuelven a dejarlos en peligro de ser cortados.

En el verano del año 1919 se procedió a proteger una parte del terraplén Norte del Teno N.º 2 con un dique de pilotes simple riel, relleno con piedra gruesa de cantera.

Se alcanzó a ejecutar el pilotaje del espigón sur del Teno I y se inició el pilotaje de la ribera norte en este mismo puente.

Las creces del 24 de Abril de 1919, sorprendieron este último dique en ejecución y estando los pilotes sin amarras fueron destruidos, pues las malezas y zarzales los envolvían y debido al empuje del agua sobre los materiales ocasionaron la quebradura de dichos pilotes.

En la noche de ese día fué socavado el terraplén de acceso Norte del puente Teno N.º 1 y al regresar una remolcadora sola a Curicó, sin ser prevenida por el guarda puente de servicio, cayó a la parte oriente del terraplén socavado y fué a chocar con el lado oriente del estribo norte.

Como el estribo debe haber estado igualmente socavado, al recibir el choque de la locomotora se partió verticalmente, hundiéndose y destruyéndose la mitad oriente.

El resto del estribo, el correspondiente a la vía en servicio, quedó inclinado, quedando el apoyo oriente 1.20 mas bajo que el poniente.

El tramo metálico uno norte quedó por esta causa desnivelado.

Al tener conocimiento ese día que los ríos de esta zona se encontraban en crece, me había trasladado al sur a presenciarlas.

Por este motivo pude encontrarme en el lugar del accidente a las 3 y media de la madrugada. El nivel de las aguas pasaba por encima del plan de apoyo de los machones. El terraplén estaba cortado en 12 metros de largo; del lado oriente y quedó en pie una angosta faja de terraplén del lado poniente. La lo-

comotora accidentada estaba la mayor parte bajo agua, a excepción del tender que quedó sobre el tramo metálico.

La socavación del estribo se debió, a mi juicio, a que fué atacado por tres corrientes cuyas direcciones convergían, precisamente, en dicho estribo, aumentando los remolinos y su acción socavadora.

Para evitar mayores perjuicios, se botó piedra de cantera en la cabeza del terraplén durante el resto de la noche y el día siguiente.

Para restablecer el tráfico, la Administración construyó una cepa de pilotes de rieles por delante del estribo, sobre la cual se apoyó el tramo y se reconstituyó el terraplén cortado, principalmente con piedra de cantera. Durante estos trabajos se utilizaron gran cantidad de jivas de durmientes rellenas con piedras de río, como defensas provisionarias. Este sistema de defensas no puede recomendarse, sino en el caso, de que no haya otros materiales de que echar mano, pues, por su poco peso son fácilmente arrastradas por las aguas.

Basta recordar que su peso medio no es superior a 1 500 kilos por m³. y considerando que sumergidas pierden un peso igual a 1 000 kilos, queda solo, como peso resistente, 500 kilos por m³.

Como defensas de mayor duración que las que hasta la fecha se habían ejecutado, la **Sección** a mi cargo ha proyectado y construído las siguientes:

A.—En la ribera norte del Teno N.º 1.

Un espigón de pilotes doble riel, de 51 mts. de largo con fichas de 6 a 7 metros, espaciados de 1.50 y ancho de 2 mts. relleno con jivas de malla de alambre N.º 6 y piedra de río. Este espigón tiene por objeto dirigir las aguas que se pongan en contacto con él, hacia el centro del puente.

Como esa ribera es de terreno vegetal, muy socavable, se han protegido con una cortina de bloques de concreto tipo Decauville, de 5 metros de desarrollo, tres en elevación y dos de cola.

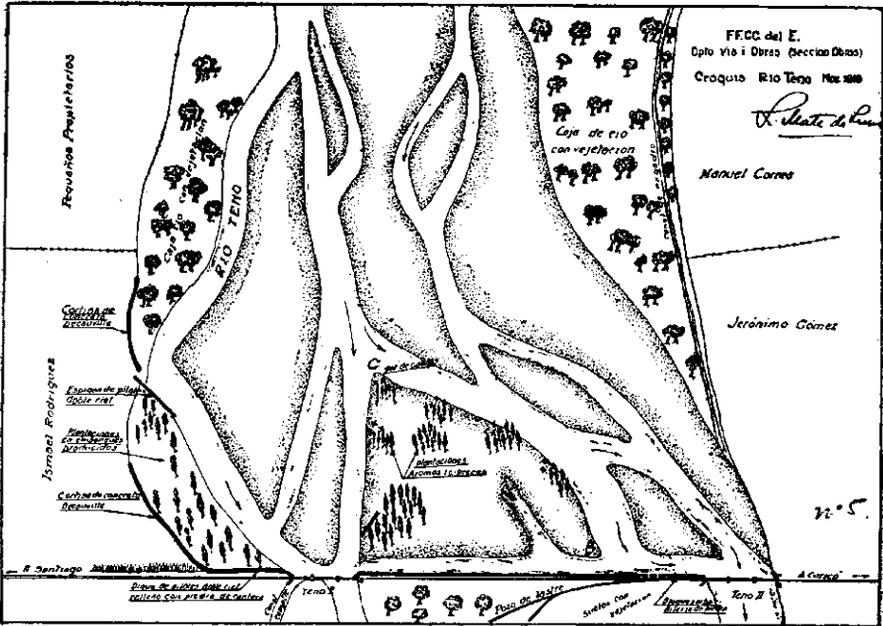
Del lado oriente del espigón se construyeron 66 metros lineales y del lado poniente del espigón, entre éste y el terraplén, de 110 m. l.

Entre la cortina y el estribo corte se han nonstruído 150 metros lineales de dique, formado por pilotaje doble riel, a 0.80 mts. de distancia, relleno con piedra de cantera arreglada. Estas defensas están terminadas y en las creces del año 1920 se comportaron muy bien.

Como defensas de machones y estribos, hemos construído dos barreras (dirección Norte a Sur) de pilotajes dobles con ficha de 7 a 9 metros; unas aguas arriba y otra aguas abajo del puente; entre ambas barreras se está colo-

cando un zampeado de piedra de cantera arreglada y llenando los huecos con lajas y mortero.

Como defensa del terraplén entre ambos puentes, cuya longitud es de 600 metros existían del lado norte del Teno II, 60 mts. protegidos con grandes bloques de concreto de $2.5 \times 2.5 \times 5$ mts. con piedra de cantera ahogada. En las últimas creces de Junio, mas de 30 mts. de esta defensa, fué socavada; los bloques se hundieron y han desaparecido de la superficie, quedando el terraplén, de nuevo, expuesto a las corrientes. Sin embargo, ahora último, se han defendido algo con piedras grandes de cantera.



Al medio del terraplén existe aún una defensa antigua de los mismos bloques, en 45 mts. de longitud.

Como las aguas del Teno atacan normalmente el terraplén, periódicamente en un sector, para ir a atacar en otra parte, en la crece siguiente, hemos tenido que recurrir a la defensa completa del terraplén.

Para ensayar respecto a su eficiencia y duración hemos usado en este mismo terraplén tres sistemas de defensa:

1.º Diques de pilotajes de rieles, a 1.50 mt. uno de otro, relleno con jvasas de mallas de alambre y piedra de río.

2.º Diques de pilotajes de rieles a 0.80 mts. uno de otro, relleno con piedra de cantera de dimensiones mayores de 1 mt.

3.º Cortina de bloques de concreto tipo Decauville.

4.º Aparte de ésto, la 2.ª Zona ha colocado algunas grandes jivas de rieles rellenas con piedra, en dirección normal al terraplen. Algunas de estas jivas, en la creces de Junio fueron socavadas y enterradas en mas de la mitad.

Como complemento de los diques continuos que hemos ejecutado y a fin de reducir las socavaciones que se producen al pie de ellos, estimo conveniente la construcción de faginajes que deben amarrarse a los diques y extenderse en el fondo.

Como ensayo hemos ejecutado un colchón de 4 metros de ancho por 60 mts. de largo y 0.30 de espesor. Las esteras de fagina se han formado por una malla de alambre N.º 6, espaciadas de 0.30 uno de otro. La estera se ha formado con ramas de arbusto de la localidad y quilas.

Se han completado estas defensas ejecutando una gran plantación de sauces, cipreces, y acacias en el triángulo ABC, plantaciones que se han defendido con pies de cabras, hechos con madera rolliza.

El costo aproximado de estos diversos sistemas ha sido el siguiente, por metro lineal:

Diques de pilotajes 0.80 m. con piedra de cantera.....	\$	300.00
Diques de pilotajes 1.50 con mallas y piedra río		280.00
Cortina de bloques, sistema Decauville.....		140.00

Río Lontué.

Nace de la Laguna de Mondaca, a 2 028 mts. de altura. Tiene un recorrido aproximado de 80 kilómetros hasta la línea. Cruza la vía férrea a la cota 214 metros, entre las estaciones de Curicó y Lontué.

La longitud total del puente es de 231 m. y está compuesto de 2 tramos de 65 y de tres tramos de 32.3 de luz teórica cada uno.

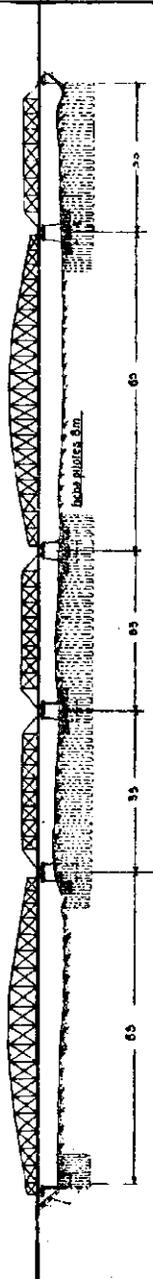
Los primeros fueron construídos cada uno en reemplazo de dos de los que se destruyeron por socavación de los machones intermedios el año 1905.

El año 1915 me correspondió construir alrededor de los machones y estribos barreras de pilotajes de rieles para impedir las grandes socavaciones a plomo de ellos. Estas defensas han dado buenos resultados.

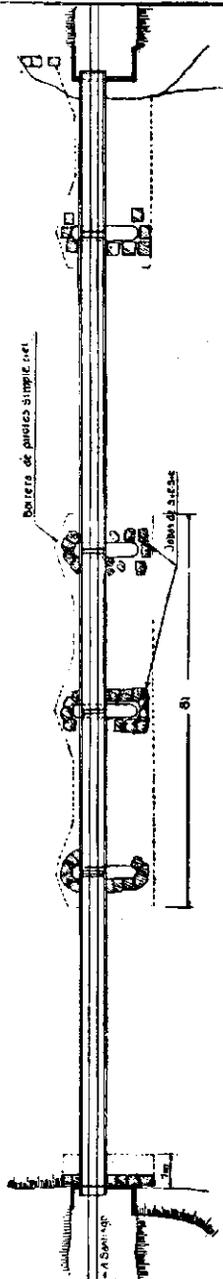
FFCC del E
Dpto. Viaductos, Sección Obras
Puente Lonitue
Defensas de la infraestructura
Escala 1:1000

S. Motta de Luna

Perfil Longitudinal



Planto



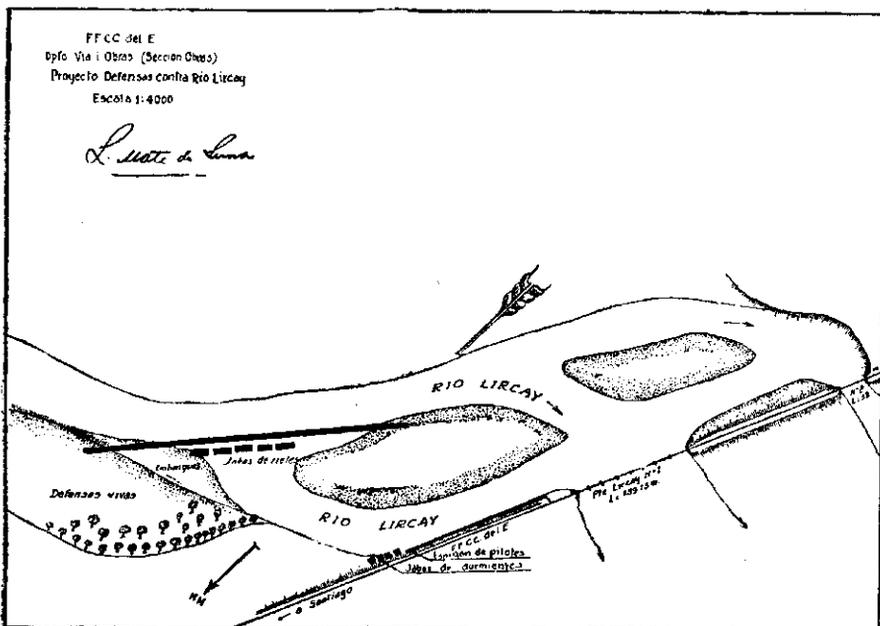
Se mantuvieron muy bien, han fijado la cota inferior del cauce del río, salvo en el machón I Sur, donde han sido destruídos algunos pilotes de las dos barreras en su extremo norte por donde se escapa el material de fondo, habiendo, por esta causa profundizado. La conservación ha debido preocuparse de reponer los que se vayan destruyendo.

El año 1919 se formó un brazo del lado sur que está atacando el terraplén unos 800 metros al sur del puente. Las aguas corren hacia el norte hasta vaciarse en el puente.

La Administración de la II Zona fué autorizada para ejecutar algunas obras que dirijan las aguas hacia el cauce antiguo y cierren el nuevo brazo que se había formado, pero aun no se han hecho.

Río Lircay.

Afluente del Claro, el cual, a su vez, es afluente del Maule, nace de los primeros cordones de la Cordillera. El cerro mas alto en su nacimiento tiene 2 330 metros de altura.



Corta la vía férrea entre Panguilemo y Talca a la cota 99 mts.

Este río cortó el terraplén norte de acceso del Lircay N.º 1, el año 1915. El tráfico se restableció por una variante mientras se construyó un dique de pilotajes de rieles con jivas de malla y piedra de río y se reconstruyó el terraplén destruído.

Unos 300 metros al oriente del terraplén la Administración de la 2.ª Zona después de labrar un cauce artificial ha ejecutado defensas formadas por largos espigones continuos de pilotajes, las que han sido destruídas parcialmente los años últimos.

Parece que ésto se debe a que el material del lecho es muy blando, ripio con arena fangosa, por lo cual es muy socavable, siendo, al mismo tiempo, un pé-simo terreno como encastramiento de los pilotajes y de los espigones que por el empuje del agua trabajan al volcamiento.

A mi juicio, debe emplearse ahí el tipo de espigones permeables, que permitan la pasada del agua con el material que arrastran y hagan solo el efecto de reducir la velocidad, para facilitar embanque.

Río Claro.

Cruza la línea entre la estación de San Rafael y Camarico. El puente es de albañilería y está formado por 5 arcos de 12 metros cada uno.

Las fundaciones son directas y estaban protegidas por dos barreras de albañilería y zampeado. El año 1918 se empezó a destruir el zampeado y parte de la barrera de aguas abajo, las que no fueron reparadas oportunamente. La destrucción continuó los años 1919 y 1920 hasta hacer desaparecer casi completamente dicha barrera y el zampeado.

Demás está decir que en estas condiciones el puente ha quedado en situación peligrosa pues las socavaciones futuras pueden atacar directamente los machones centrales.

La conservación está procediendo ahora a reconstruir la barrera destruída, pero no de albañilería sino de pilotajes de rieles con ficha de 3 a 4 metros. A su vez, se está restableciendo el zampeado con piedra de cantera, de dimensiones relativamente chicas que se bota sin arreglar.

Estimo que esta defensa es inferior a la que existía y que fué destruída, por lo que no me parece difícil que en los próximos inviernos sea nuevamente destruída. A menos que se alcance a ejecutar una doble barrera que convenientemen-

te amarrada a la primera y relleno el interior con piedra grande constituya un verdadero muro.

Río Maule.

Nace de la gran laguna del Maule, a 2 200 metros de altura, aproximadamente, y cerca del límite argentino. Este tiene como afluente al Melado que nace a mas de 3 000 metros. Su desarrollo hasta la línea del ferrocarril es de 110 kilómetros aproximadamente. Cruza la vía férrea entre Maule y San Javier a la cota 105 metros.

El puente Maule está formado por dos vigas continuas de 220 metros cada una, subdivididas en dos tramos de 60 metros y dos de 50 metros. Es puente enrejado, vía inferior.

Las fundaciones, según los datos de don Domingo Víctor Santa María, que lo construyó, tienen 10 metros de profundidad.

El año 1899. las creces del río atacaron y cortaron el terraplén norte de acceso. El estribo se defendió con grandes piedras de cantera. El año 1900 fué socavado el machón N.º 2, el que descendió un poco pero sin destruirse. Fué peraltado con concreto para darle apoyo a las vigas.

El año 1916 el río se cargó mucho al Sur, amenazando atacar el terraplén, de acceso de ese lado.

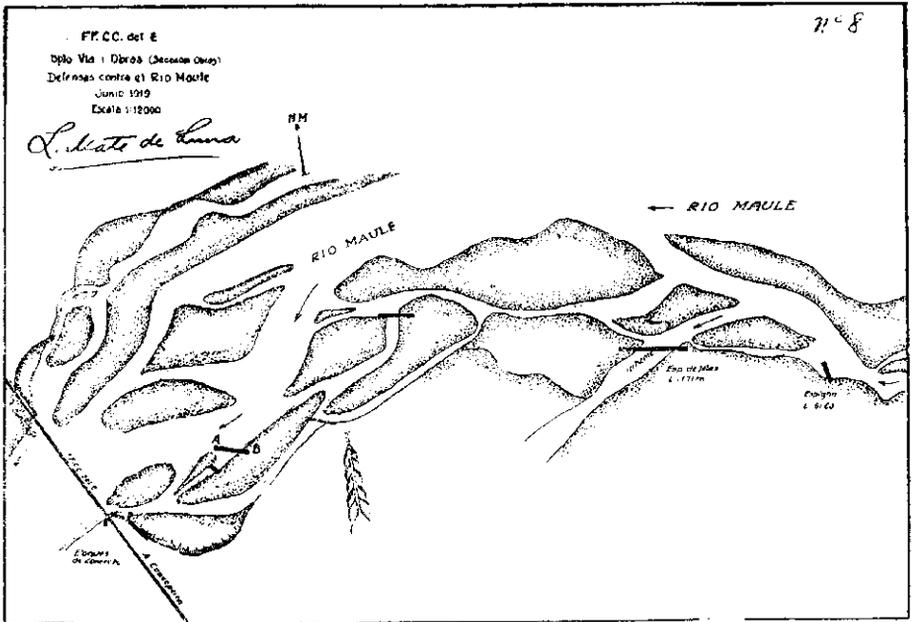
Se hizo entonces una defensa provisional, espigón AB. de jvas de malla de alambre con piedra de río, la que dió buenos resultados pues embancó del lado sur; las aguas del Maule se repartieron en todo el ancho del puente.

Sin embargo, nuevos brazos del lado sur, y en la región donde nace el estero Vertiente se cargaron el año 1919 violentamente hacia esta boca y ha amenazado desviar una fuerte proporción de sus aguas por el Vertiente.

Es éste un puente formado por un tramo central de 32 metros y dos laterales de 16 metros, cuya desembocadura estaba calculada para las aguas de inundación del Maule.

Se ha temido y con mucha razón, que si por este cauce se deriva uno de los grandes brazos del río Maule, este cortaría, evidentemente la vía férrea en este punto.

Por esta razón se han ejecutado obras importantes en la boca del Vertiente para evitar este peligro y al efecto se han construído un gran dique formado por jvas de durmientes y malla rellena con piedra de río. En algunos puntos se han



construido una doble fila y aun se ha puesto una tercera hilera de jvas encima de la doble.

En las creces de Junio del año pasado la fila delantera de estas jvas fué socavada por lo que se volcaron y hundieron. El agua se abrió paso en dos puntos. Afortunadamente el invierno no fué riguroso y permitió restablecer nuevamente la continuidad del dique. Para disminuir las socavaciones se ha colocado por delante de las jvas un colchón, también de malla con piedra de río. Yo estimo conveniente ejecutar como complemento de estas obras algunos pies de cabras, de madera, colocados estratégicamente aguas arriba de este dique, persiguiendo con ello el embancamiento de los aluviones que arrastra el río, en crece, detrás de los pies de cabras y por delante del dique.

Estos pies de cabra con los zarzales que acumulan obstaculizan la corriente, disminuyen la velocidad y con ello facilitan el embanque.

Otras obras de menor importancia se han ejecutado como defensas directas de los terraplenes de acceso al Vertiente.

Tanto en la ribera norte como en la sur del río Maule, y cerca del puente, se han ejecutado espigones de pilotajes para desviar las aguas hacia la desembocadura del puente.

Río Achibueno.

El puente actual, ferroviario, fué construído entre los años 1905 y 1908. Tiene una longitud de 367 metros y está compuesto de 8 tramos metálicos vía inferior, viga parabólica, enrejada, de 45 metros de luz teórica cada uno. Las fundaciones son tubulares y están hincadas a 13 y 15 metros de profundidad.

En las creces del 25 de Julio de 1919 el río terminó de embancar la caja central del lecho, fenómeno que se venía produciendo en los años anteriores, y sus aguas se cargaron violentamente hacia el norte arrastrando la capa vegetal y ensanchando su cauce de ese lado atacó normalmente el terraplén de acceso norte del puente, que estaba poco defendido.

El terraplén fué destruído y quedó cortado en una extensión de 60 metros.

Como el invierno fué sumamente lluvioso y hubo abundancia de aguas hasta los primeros días de Septiembre, se hizo muy difícil el restablecimiento del tráfico.

El río se mantuvo durante ese período con un ancho de 80 mts. y con profundidades de 3 a 5 mts. de agua, en la parte central.

Los tres primeros días se estableció la comunicación de un lado a otro por medio de un andarivel, utilizando un cable de 7/8" y una java colgada, por medio de una polea, de dicho cable.

Al 4.º día se estableció el trasbordo de pasajeros y equipajes utilizando una lancha guiada por un cable normal al río y anclado en ambas riberas.

Se dió después mayor capacidad y comodidad al trasbordo utilizando balsas o compuertas formadas por 2,3 y hasta 5 pontones del ejército, con una cubierta superior de tablonés. Se guiaban también por un cable normal a la corriente valiéndose de cuerdas y poleas intermediarias.

Cuando bajaron las aguas se establecieron puentes de servicio con materiales de circunstancias y otro con material reglamentario del Ejército.

Entre tanto se trabajó activa y simultaneamente en la construcción de un puente metálico para restablecer el tráfico de trenes construyendo 4 tramos de 15 metros sobre cuatro cepas de pilotajes de rieles.

La clavadura de pilotajes se hizo difícil por tener que trabajar en la corriente, con 4 a 5 metros de agua y con velocidades que llegaron a ser superiores a 7 metros por segundo.

Este puente se inició el 4 de Agosto y se entregó al tráfico el 22 del mismo mes, apesar de que se trabajó bajo la rigurosa inclemencia del tiempo.

Posteriormente, hubo que preocuparse de desviar las aguas hacia el centro del puente y de la reconstrucción del terraplén destruido.

Por ésto se construyó el dique señalado en el plano, se abrió un cauce artificial a través del embanque y se reconstruyó el terraplén después de ejecutar la defensa directa señalada en el plano.

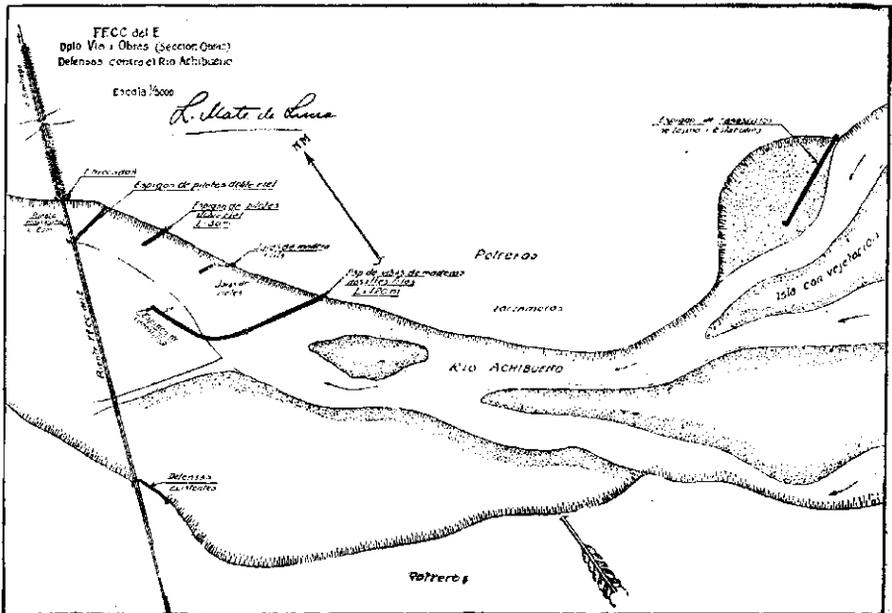
En las creces de 1920 este conjunto de obras trabajó bien y mantuvieron las aguas al centro del lecho.

El dique grande está formado por filas de jvas prismáticas triangulares, cuya armazón es de durmientes revestidas por mallas de alambre y rellenas con piedra de río.

Como el lecho del río es socavable, hay el peligro que al socavar este material al pie del dique, se hundan las jvas y se restablezca la corriente del lado norte.

Para este caso, y a fin de defender el terraplén reconstruido, se construyó un dique de pilotajes simple riel, a 0.80 mts. de distancia uno de otro, relleno con piedra de cantera de Maule. En las creces del año pasado en el extremo sur y al centro de este dique se han producido grandes socavaciones que originaron la quebradura de varios pilotes, hundiéndose el relleno.

Se estimó conveniente proteger este último dique contra las socavaciones



colocando por delante unas grandes jivas de rieles remachados y con piedra interior de cantera.

A mi juicio, habría sido conveniente dejar una o mas pasadas al agua en el dique, que hubieran permitido la pasada del agua con los materiales que arrastra en crece. Esto, ayudado de algunos pies de cabras convenientemente distribuídos en el cauce norte, habrían facilitado su embancamiento.

La plantación de arbustos, posteriormente, vendría a consolidarlos y haría desaparecer futuros peligros de nuevas cortadas del terraplén.

Sin embargo, lo ya hecho es bastante satisfactorio, y ha exigido una plausible labor durante el año último, del ingeniero de Distrito correspondiente.

Río Longaví.

Cruza la línea entre las estaciones de Longaví y Retiro. El puente antiguo estaba formado por 14 arcos de 20 mts. de luz. Las creces del año 1899 canalizaron la parte central del alveo, socavaron y volcaron los machones centrales, lo que originó la destrucción de 6 bóvedas.

Este hecho demostró insuficiencia de fundaciones, cuya profundidad es de 4 metros, como se ha comprobado por sondajes practicados al centro de uno de los machones destruídos.

La reconstrucción de esta parte del puente se hizo utilizando 4 tramos metálicos de 32,50 mts. de largo con fundación tubular hincada por aire comprimido a 12 metros de profundidad.

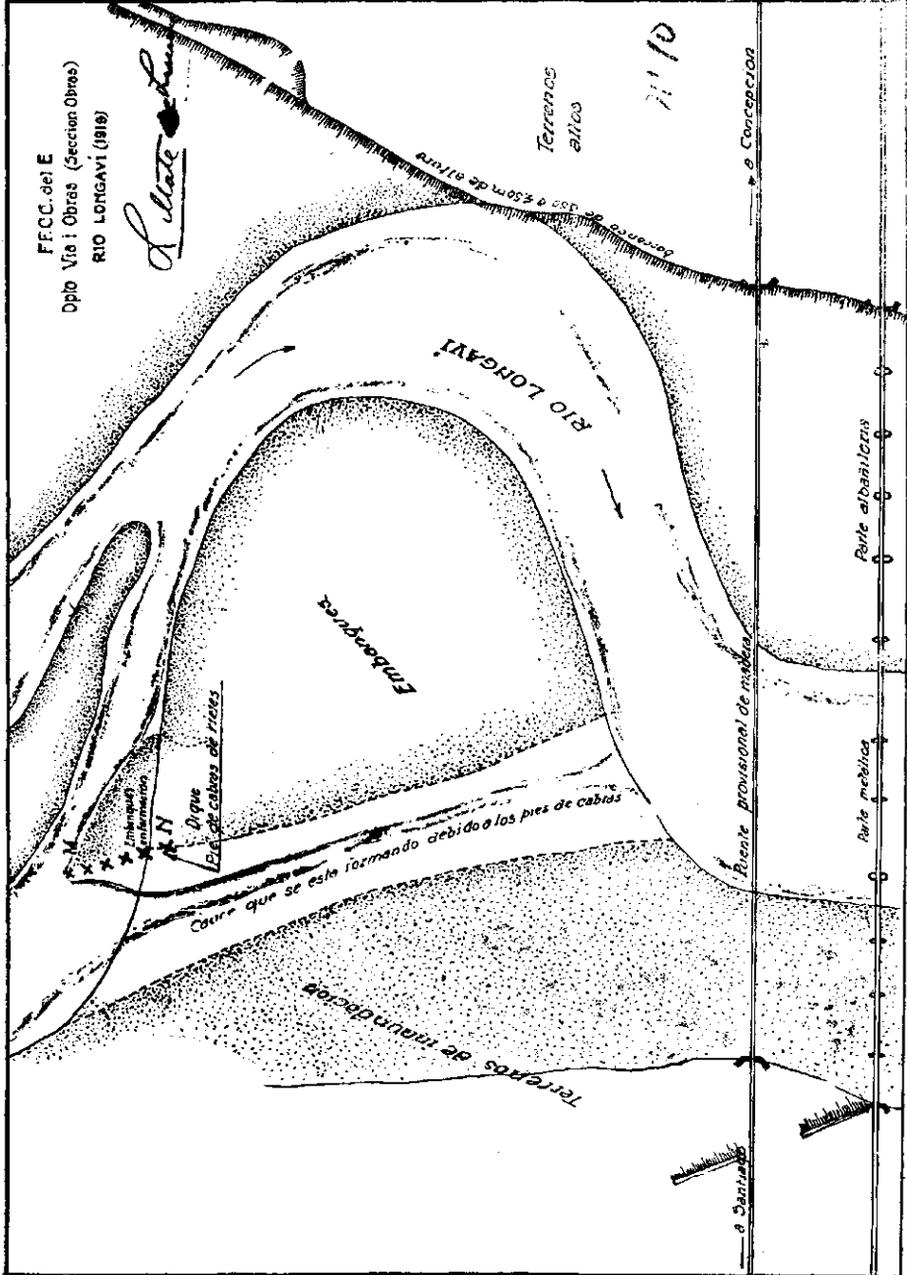
Diversas grietas producidas posteriormente en los demás arcos del puente y ensayos del material de que están formadas los arcos y machones, han venido a demostrar que tanto las bóvedas como el material de machones, estribos y terreno de fundación, con el tráfico actual experimentan fatigas que han superado en mucho a las admisibles y que, por lo tanto, esta obra no ofrece seguridad para el tráfico.

Se ha pensado, por esto, en construir un puente nuevo definitivo de concreto armado. con arcos de 33 metros de luz, un poco aguas arriba del actual, con fundaciones al aire comprimido, a 12 metros de profundidad.

El proyecto está terminado y su construcción deberá iniciarse inmediatamente, si la situación financiera de la Empresa lo permite. En caso contrario, se ejecutará solo una solución de reconstrucción parcial ya sea aprovechando las fundaciones actuales convenientemente defendidas y ejecutando nuevos

FECC. del E
Dpto. Vie. i Obras (Seccion Obras)
RIO LONGAVI (1918)

State



arcos de concreto armado, o bien demoliendo la parte de albañilería y sustituyéndola por puente metálico del mismo tipo de la parte Central.

Para mantener el tráfico durante el período de construcción del definitivo, se ha construido aguas arriba un puente provisional, de madera, con 7 tramos de 21 metros sobre cepas de madera en la parte superior y de pilotajes doble riel, con ficha de 8 a 10 mts. en la parte inferior. Completan la longitud total del puente, que es de 318 mts., 18 tramos de madera de 8 mts. de luz.

El año 1919 se cargó un brazo al sur, el que al chocar contra el sólido barranco de ese lado, reflejaba la corriente en forma que corría por delante del puente provisional, con una débil inclinación no superior a 20 grados.

La corriente atacaba las cepas casi normalmente y en ellas se formaron grandes depósitos de matorrales y arbustos arrastrados por las aguas, al mismo tiempo que se producían grandes remolinos que socavaron 2 a 3 mts. las cepas.

Tres tramos chicos de 8 metros, que estaban en construcción, fueron destruidos durante la crece mayor de ese año, que ha sido una de las mayores observadas en este río, por el gran número de arbustos que arrastró.

La construcción de una barrera formada por pies de cabra, en MN. como dique de toma, ha facilitado la formación de un nuevo cauce por medio del alto islote que se había formado con los depósitos y, al mismo tiempo, ha permitido que poco a poco se vaya embancando una parte del cauce que dirigía las aguas hacia el sur.

Ha contribuido a mejorar la dirección de las aguas con respecto al puente, el roce de arbustos practicado en toda la parte central del embanque.

Río Ñuble.

Cruza la línea central entre las estaciones de Cocharcas y Chillán.

Es uno de los ríos mas caudalosos de Chile. En los últimos años se ha cargado casi totalmente al sur, amenazando cortar el terraplén de acceso de ese lado, que tiene una longitud superior a 200 mts. y una altura de 8 a 10 mts. La ribera sur del río está formada por un escarpado farellón que continúa con la misma dirección al poniente del terraplén.

Existía el temor que la corriente tratase de abrirse paso a través del terraplén siguiendo la dirección de la antigua ribera.

Como defensa de dicho terraplén se han construido 6 espigones de pilota-

F.C.C. del E

Dpto. Via 1 Obras (Sección Obras)
Defensas Terrestres Sur Río Nabile

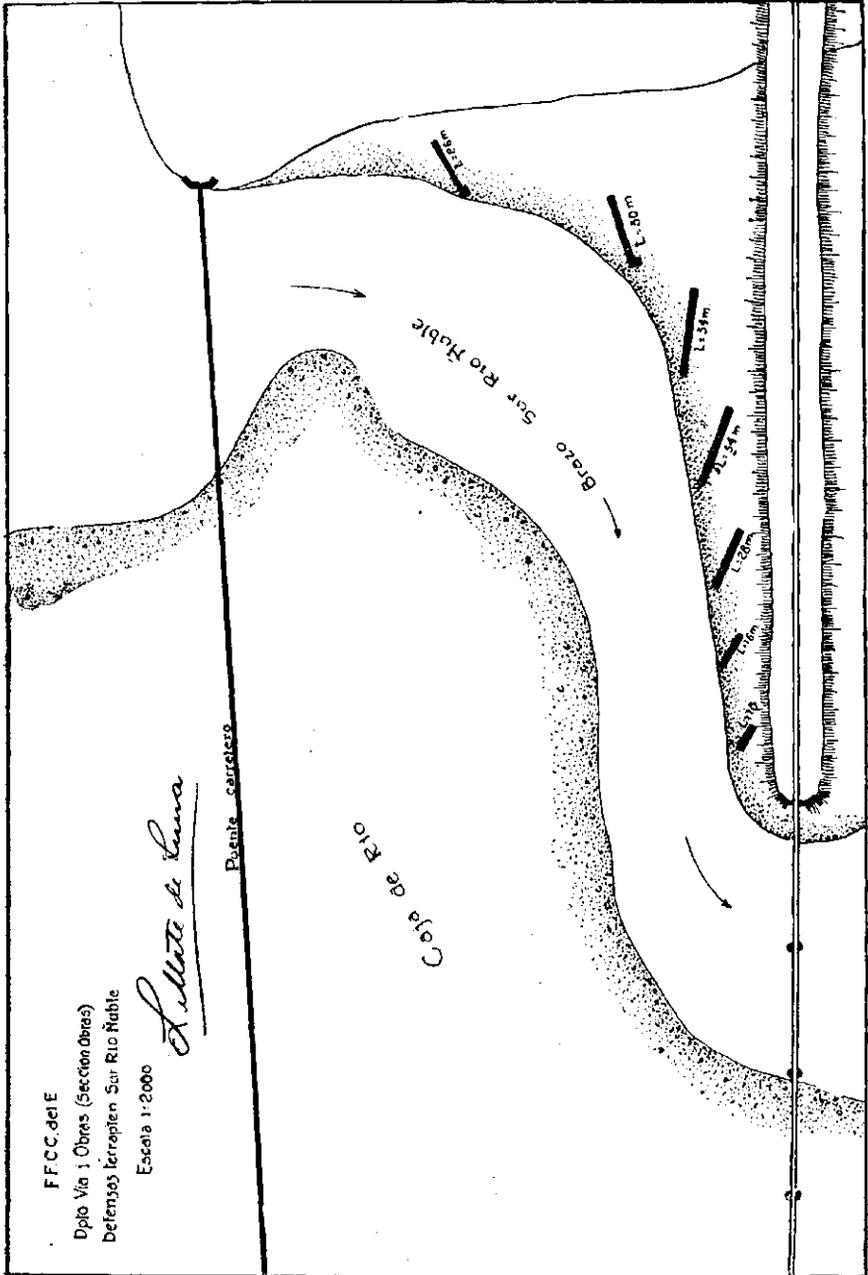
Escala 1:2000

S. Llorente de Luna

Puente carretera

Coja de Río

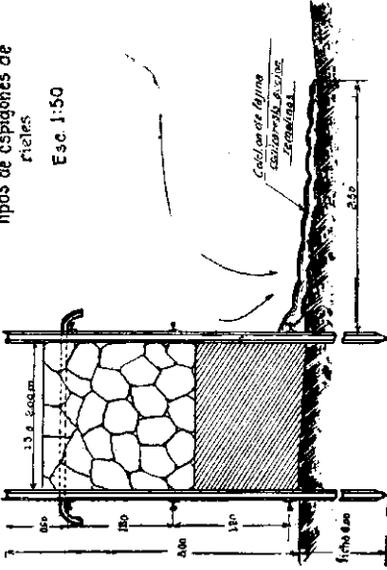
Braco Sur Río Nabile



F.C.C. del E
Dpto Vía Obras (Sección Obras)
Tipos de espigones de rieles

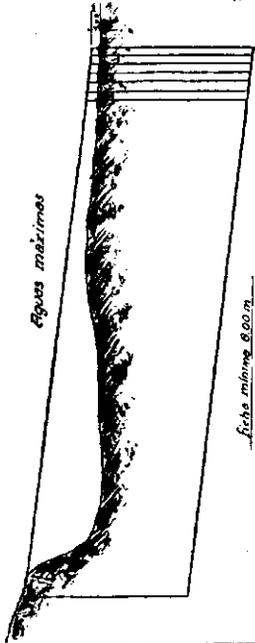
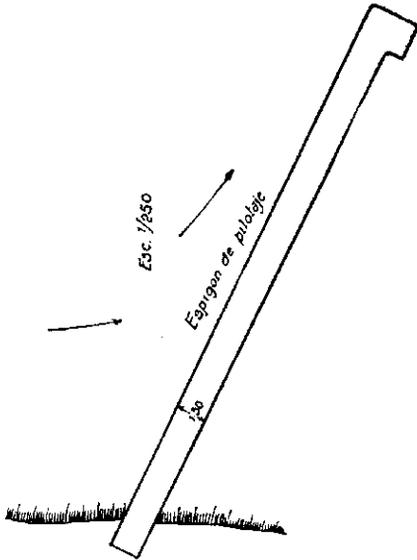
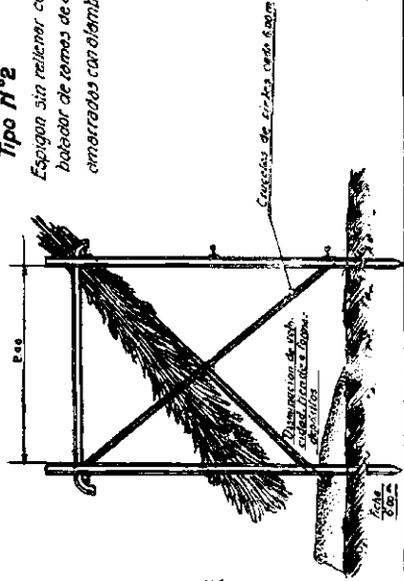
Esc. 1:50

Tipo N°1. Espigon relleno con coque protector de base



Tipo N°2

Espigon sin relleno con balador de ramas de árboles enmarcados con alambre



si seguía su avance destructor, lo que podía efectuarlo en corto plazo por tratarse de un terreno de trumao, sumamente blando y liviano.

Como defensa de la estación, el Departamento de la Vía y Obras ha proyectado y construido los espigones de pilotajes de rielles I, II, III y IV complementados con defensas continuas de cortinas, colchones de mallas de alambre con piedra y faginajes en diversos sectores.

En las creces del año pasado teníamos ya terminado el espigón I, sin relleno. Trabajó muy bien y ha facilitado el embanque de materiales entre el espigón y la ribera.

En el extremo del espigón III se quebraron varios pilotes, tanto por las grandes socavaciones que se produjeron en el extremo del espigón, como porque estuvo en construcción y sin las ligazones y arriostramientos convenientes.

Termino la descripción que he hecho de la influencia de los ríos mas torrenciales de la zona central del país, de los perjuicios que han ocasionado y de las defensas locales que hemos construido en los últimos años. Me voy a permitir, ahora, deducir algunas conclusiones al respecto. Acompaño como dato ilustrativo la nómina de las defensas ejecutadas por la Empresa en los últimos años con sus costos respectivos.

VALORES GASTADOS EN DEFENSAS EN LOS ULTIMOS AÑOS

Cachapoal	\$ 90 000.00
Tinguiririca	130 000.00
Teno	270 000.00
Lontué	75 000.00
Lircay	95 000.00
Colín	50 000.00
Rauquén	55 000.00
Ramal Constitución, Km. 49	15 000.00
Ramal Constitución, varias defensas	50 000.00
Teno, ramal Hualañé	10 000.00
Maule	25 000.00
Vertientes	150 000.00
Achibueno	130 000.00
Ñuble	160 000.00
Confluencia	85 000.00
Cautín	25 000.00
Puray	15 000.00
Cabritas	10,000.00
TOTAL	\$ 1 440 000.00

CONCLUSIONES

1.º La línea central de nuestros ferrocarriles tiene una situación desventajosa para su seguridad contra el ataque de los ríos torrenciales, por cortarlos a todos ellos casi normalmente a la dirección de sus corrientes.

2.º La característica mas esencial de los ríos de la región central del país es la de que sus corrientes sufren importantes perturbaciones por efecto de la masa de materiales que arrastran y, entre estas, la de mayor importancia, es la inestabilidad de los cauces y sus frecuentes divagaciones

3.º Que la manera mas eficiente de defenderse contra los perjuicios de los torrentes es la de suprimir las causas que los originan. En otros términos, consistiría en suprimir o reducir la cantidad de materiales de aluvión que estos torrentes arrastran en sus creces.

4.º Que esto solo se obtiene llevando a cabo grandes plantaciones de árboles-arbustos y yerbas, en la hoya de recepción de los ríos que consoliden los terrenos para evitar o reducir la erosión que en esa Zona se produce

5.º Que como los perjuicios que ocasionan los torrentes afectan los terrenos agrícolas, las poblaciones, los caminos, y los ferrocarriles del Estado, es este un problema que debería afrontarlo un servicio especial del Estado, destinado a este objeto, por tratarse de intereses comunes a varias ramas del servicio público y privado, para lo cual el Estado debería adoptar una mas amplia y bien estudiada política hidráulica, tanto para aprovechar sus caídas de agua y capacidad de regadío, como para atender a las defensas contra los perjuicios que ellos originan

6.º Que a falta de las defensas indicadas en la hoya de recepción, no hay otro remedio que recurrir a las defensas locales de los terrenos u obras amenazadas.

7.º Que las defensas generalmente usadas en los Ferrocarriles, en los últimos 40 años, han consistido en botar bloques de piedra de cantera a lo largo de los terraplenes en toda la longitud amenazada, material que ha sido arrastrado en las creces o sumergido, lo que ha obligado a sustituirlo por otra cantidad de piedra año a año. Dados los valores actuales de los materiales, de los jornales y del transporte, el costo de la piedra de cantera, con transporte a 30 km. de distancia, no es inferior a \$ 12.00 el m³. De aquí que resulte este sistema sumamente oneroso e inseguro.

8.º Que diversos sistemas de defensas locales para defensa de la vía y de las obras de arte hemos estado experimentando en los ferrocarriles en los últimos

años, muchas de las cuales han dado buenos resultados, pero esperamos un mayor transcurso de tiempo para apreciar sus efectos definitivos y para recomendar las mas eficientes y mas económicas.

9.º Desde luego, se puede indicar que no son recomendables los largos espigones continuos, de paredes verticales, por las grandes socavaciones que se producen en el lecho al chocar las aguas contra ellos, y que hacen peligrar su estabilidad. Mejor efecto producen una serie de espigones aislados de menor longitud.

10. Espigones cortos y aislados, ya sea de pilotajes, de arañas de fierro o de pies de cabra, convenientemente dispuestos, sin rellenar, por lo que resultan de un costo inferior a los anteriores; se han comportados espléndidamente, produciendo a espaldas de ellos grandes embanques y desviando las aguas hacia los cauces centrales del río

11. Los embanques producidos artificialmente se han plantado con sauces, ciprés, aromos, a fin de darles mas consistencia contra los arrastres futuros. Los árboles que se destruyan por las creces en su primera edad, deben renovarse oportunamente. Se recomienda además plantar el boldo, la quila, el acacio tanto en los terrenos amenazados como en los que se ganen al río por embanques. Al revés deben rozarse las partes embancadas por donde se desea echar el río nuevamente.

12. Son también recomendables las defensas de terraplenes y riberas dándoles talud de 1 y medio por 1, revistiéndolos de una coraza flexible de bloques de concreto, dejando una cola en horizontal no inferior a 3 metros. Las que se han hecho con menor cola se han destruido parcialmente.

13. Las cepas de pilotajes de los puentes carreteros que generalmente se hacen con tramos de luces inferiores a 10 mts. por los zarzales que en ellas se retienen durante las creces y por las disminuciones de velocidad que por esta causa se producen en las corrientes, forman depósitos en los lechos de los ríos, que embancan los cauces principales y hacen cambiar el curso de sus aguas. Por esta causa no encuentro conveniente la vecindad de estos puentes carreteros a los ferroviarios, por los daños que originan los embanques que ellos provocan. Como ejemplo pueden citarse el Teno, el Lontué, el Achibueno, el Ñuble en la línea central y el Cautín al Sur de Temuco.