

MEMORIA

RELATIVA AL

ESTUDIO DEL FERROCARRIL DE CURANILAHUE A YANE

estudio del trazado de la ruta, presupuesto de construcción, estudio del equipo i de la explotación, de la provisión de agua para las locomotoras i cálculo estático de un puente ferroviario sobre el río Curanilahue,

PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

POR EL ALUMNO

CÁRLOS LANAS

Programa del proyecto de exámen de prueba para el alumno señor Carlos Lanas, acordado en conformidad con las disposiciones del reglamento de exámenes de Ingenieros de la Universidad de Chile.

Se trata de un estudio de la línea de los ríos de Curanilahue i Puerto Yane, i se piden los datos siguientes:

- 1.º El estudio de los cálculos completos de uno de los puentes o viaductos que tendrá dicha línea, justificando todas sus dimensiones, etc.
 - 2.º Un juicio crítico i justificativo del trazado adoptado, manifestando las condiciones de explotación de la línea.
 - 3.º El estudio del aprovechamiento de agua para el servicio de las locomotoras que hagan la explotación de dicha línea.
-

El proyecto a que se refiere el presente programa debe ser entregado al señor secretario de la Facultad de Matemáticas de la Universidad, previa presentación al señor Rector, de la solicitud del caso para optar al título de Ingeniero Civil. El pre-

sente programa es válido por seis meses contados desde la fecha: si no se presentase en el término fijado, el programa quedará nulo, salvo causa justificada ante el señor Decano de la Facultad.

Santiago, Setiembre 15 de 1907.—C. KONING.—D. V. SANTA MARÍA.—GERARDO VAN M. BROCKMAN.—MANUEL TRUCCO.

Ruta seguida por el trazado

El establecimiento i minas de la Compañía Carbonífera «Los Rios de Curanilahue», se encuentran a 90 kilómetros al sur de Concepcion, unidos a éste centro por el ferrocarril de la Compañía de Arauco Ltd. De la costa dista en línea recta 26 km i se encuentra a una altura de 140 m sobre el nivel del mar.

Lo que ha obligado a la Compañía a pensar seriamente en construir un ferrocarril propio, ha sido, en primer lugar, el flete subido del Ferrocarril de la Compañía de Arauco, que alcanza en la actualidad a 6 pesos moneda corriente por la tonelada de carbon en 90 km de bajada, fuera de comisiones i embarques.

Otra razon mas poderosa que la anterior es, que el Ferrocarril de la Compañía de Arauco no tiene capacidad suficiente para el desarrollo actual de las minas de Curanilahue. El último estado correspondiente a la carga trasportada por esta via manifiesta claramente su poca capacidad de transporte. Esto es debido en parte a su riel liviano, equipo anticuado i escaso i otras que no enumeramos por no ser objeto de esta memoria.

La Compañía «Los Rios de Curanilahue» tiene una capacidad de produccion de sus minas cuatro veces superior al número de toneladas de carbon que actualmente le trasporta la Compañía de Arauco.

Como una salida para la costa se ha estudiado por la Compañía de Curanilahue el puerto de Lebu, Caleta Raquil i Caleta Yane, para establecer un puerto carbonífero.

De estos estudios bastante detallados se ha desprendido, que la caleta Yane es la única que presenta condiciones para establecer un puerto que con facilidad pueda dar salida a medio millon de toneladas de carbon al año i mas aun. La union de esta caleta con el establecimiento por medio de un ferrocarril, es, como lo demuestra el estudio definitivo, una obra fácil i sin dificultades constructivas. El trazado es obligado por la ruta elejida, que con pequeñas modificaciones es la misma en sus líneas generales, que se adoptó en estudios anteriores.

La rejion carbonífera, comprendida entre la cordillera de Nahuelbuta i la costa tiene en todas partes el mismo aspecto; rejion mui accidentada, lomajes cortados en todas direcciones por quebradas profundas. La formacion lignífera de la provincia de Arauco es paralela a la costa desde Carampangue al Sur, con una faja de mas de 30 km de anchura i ha experimentado grandes trastornos; las fracturas i mutaciones

del terreno han producido una verdadera revolucion en la superficie. Los rios i quebradas corren hondamente encajonados i es difícil orientarse respecto a las pendientes jenerales del terreno.

Buscar una línea fácil para el trazado de un ferrocarril en medio de estos accidentes del terreno, fué problema bien árduo. La primera solucion que buscamos fué seguir por el cajon del rio Curanilahue para alcanzar la meseta de Villa Alegre, que no se interrumpe hasta la quebrada del Guindo. Hubo de desecharse esta solucion, porque el rio Curanilahue ha horadado i socavado el terreno, abriéndose un profundo lecho. Su eje es tan accidentado, que no permite colocar un trazado sin exajerar enormemente el movimiento de tierras. Esta solucion evitaria el puente sobre el estero de La Chupalla, pero el trazado se alargaria 8 a 10 km mas con un movimiento de tierras considerable; ademas iria la línea trazada apoyándose en faldeos mui blandos i deleznales. Los derrumbes obligarian a una entretencion costosa de la via.

Desechando esta solucion como tambien otras, que se estudiaron, la adoptada definitivamente fué la siguiente:

Para ubicar la estacion de Curanilahue fué forzoso proyectar un desvio del rio, solucion que facilitó el proyectar una espléndida estacion de arranque. Desde esta estacion el trazado sigue paralelamente al Ferrocarril de la Compañía de Arauco, que va a Concepcion en un trecho de cerca de 4 km. Con una gradiente, que en algunos trozos alcanza a 1,9% sube a la meseta Sanfurgo. En esta meseta se proyectó una estacion de formacion de trenes, de aquí se desarrolla el trazado curvándolo hácia el Norte para evitar el paso de unas quebradas de importancia. Desde el kilómetro 6, vuelve el trazado hácia el Sur para atravesar el estero de La Chupalla frente a la loma que va a Villa Alegre.

Para buscar condiciones económicas en la ejecucion del puente sobre el estero de La Chupalla, fué necesario dar juego vertical a la razante i subir despues con 1½% hasta alcanzar la mayor altura del trazado sobre el nivel del mar.

La loma de Villa Alegre, como todas las de esta zona, es mui angosta (50-100 m de anchura), con grandes depresiones a uno i otro lado. Por eso presenta el trazado, siguiendo en lo posible el terreno, pendientes i contrapendientes sucesivas en su perfil longitudinal. La loma no se interrumpe hasta la quebrada del Guindo, donde fué necesario desarrollar el trazado aguas arriba de la quebrada para evitar un gran puente de 20-30 m de altura, pasando a la meseta de Lo Matamala, que no abandonamos hasta el kilómetro 22 para bajar al valle del rio Quiapo. Esta bajada por faldeos accidentados fué la parte mas difícil del trazado. El faldeo está cortado por una serie de quebradas, la mas importante es la del estero Monsalve, que obligó a colocar 3% de pendiente para disminuir la importancia de la obra en este estero. A continuacion del estero Monsalve cambia la constitucion del terreno por una arcilla ménos compacta i mas deleznable; el agua de lluvia con facilidad la agrieta. Por este motivo se presenta el perfil mas accidentado hasta caer al valle del rio Quiapo en el km 29.

En el valle del Quiapo no presenta el trazado ninguna dificultad son vegas de

invierno las que allí existen, fácilmente saneables. En el km 35 abandona el trazado el valle para volver hacia el Norte bordeando la costa hasta llegar a la caleta Yane, que está en el km 46.

Los últimos 3 km son los mismos del Ferrocarril abandonado de la antigua Compañía de Hucna-Piden.

Forzosamente hubo de ubicarse el trazado en algunos kilómetros de la costa sobre arenales, que tendrán que ser afirmados con plantaciones.

Durante la construcción tendrá el ingeniero residente que estudiar varias variantes, que puedan mejorar aun las condiciones del trazado, no admitiendo la ruta jeneral ninguna modificación sustancial.

Normas de construcción i sistema de explotación

Las normas fijadas para la construcción son las siguientes:

Trocha: 1 m.

Riel: 23,8 kg de peso por m/l. Momento de resistencia: 93,4 cm³

Durmientes de roble pellin: 1,80×0,25×0,125. Van 16 durmientes por collera de 10 m.

Eclisas son en forma de Z i pesan 17,1 kg por m/l.

Escarpias son de 0,245 kg de peso cada una.

Radio mínimo de curva: 100 m, existiendo solo una de 80 m i otra de 88 m de radio, pero en horizontal, que podrá aumentarse en la construcción. Las curvas entre 100 i 150 m llevarán enlace parabólico.

La recta entre curvas inversas es suficiente para dar cabida a la locomotora con su tender.

Gradiente máxima es de 1,9% en un pequeño trozo antes de llegar a Sanfurgo, i la pendiente máxima es de 3%.

Enlaces con curvas verticales se harán con un radio de 5 000 m.

La plataforma tiene de anchura 3,50 m en los terraplenes i 5,30 m en los cortes. Los taludes son los usuales i aceptados por la Dirección Jeneral de Obras Públicas para las diferentes clasificaciones de terrenos. Los cortes llevan en la cresta aguas arriba una cuneta de guarda (Contrafosó).

La anchura mínima de la faja de espropiación será de 16 m.

Lastre tiene un espesor de 0,30 m hasta la superficie del durmiente. Se encuentra buen lastre en abundancia en el lecho del río Curanilahue, desde donde tendrá que proveerse la construcción hasta el km 26, salvo el caso de encontrar ripio o laja en uno de los cortes del trayecto. Entre los km 26 i 46 se proveerá de lastre del desmonte de los cortes en la costa.

Cierro de la vía será conforme al tipo de la Dirección Jeneral de Obras Públicas.

En algunos trozos puede resultar mas económico emplear el cierro de tranquilla como lo ha hecho el Ferrocarril de Arauco.

Puentes: Se ha tomado los pliegos de condiciones de la Direccion Jeneral de Obras Públicas como normas, tanto para el tren tipo como para las tasas de trabajo del material, etc. Para los puentes menores se proyectó la infraestructura de madera i la superestructura metálica. Durante la construccion se estudiarán tipos de madera, que harian mas económico el presupuesto de esta partida.

Alcantarillas: Salvo dos escepciones, son todas de tubos de concreto.

Telégrafo: Tendrá un solo alambre por el momento. Por lo demas rejirán las normas de la Direccion Jeneral de Obras Públicas para esta partida.

SISTEMA DE ESPLOTACION

El sistema de traccion mas económico i racional por el momento es el a vapor, sobre todo tratándose de minas de carbon. En un capítulo aparte estudiaremos la explotacion de la línea estudiada con el equipo que nos ha parecido mas conveniente adoptar.

Con el proyecto que piensa ejecutar la empresa para proveerse de fuerza hidráulica i transformarla en enerjía eléctrica, sobraré enerjía para la explotacion del ferrocarril por corriente trifácea. Por el momento creemos mas rápida i económica la solucion de traccion a vapor, pudiéndose transformar la línea, siempre que las circunstancias se muestren favorables.

Zona de atraccion

La carga para el ferrocarril proyectado está desde luego asegurada por la produccion sola de las minas de Curanilahue, que puede llegar con facilidad a 1 000 toneladas diarias de carbon. El trazado pasa cerca de otros yacimientos de carbon que serian explotados una vez construido el ferrocarril. La industria agrícola en el valle del Quiapo i lomas adyacentes está mui desarrollada i la estacion de Quiapo está llamada a servir a estos intereses i tendrá con el tiempo un gran movimiento.

Presupuesto de construccion

Para llegar con el riel a Yane no será necesario invertir inmediatamente todo el presupuesto, porque muchas obras podrán terminarse con las entradas del ferrocarril, como por ejemplo, las estaciones, galpones, edificios de estaciones, casas de camineros i de cambiadores, maestraza (pudiendo servir por el momento la de las minas), canchas en el puerto de Yane para el depósito de carbon, bodegas, carpintería, almacenes, etc., casas de máquinas (Cocheras).

No hemos considerado en el presupuesto el costo proviniente de las espropia-

ciones, por ser muy difícil apreciar el valor, aunque ínfimo de los terrenos por espropiar. La Compañía desea entenderse amigablemente con los propietarios. Los precios unitarios por escavaciones se han desestimado exajerando por compensacion los precios unitarios de las obras de arte respectivas. Tampoco se ha fijado precio a ciertos materiales necesarios, pero que son mas bien del resorte de la explotacion, como dos tornamesas, dos grúas, dos básculas, las instalaciones para proveer de agua a las locomotoras i para el servicio de traccion en jeneral. El costo del desvio del rio no ha sido incluido tampoco en el presente presupuesto ni el del equipo i de los muelles de carga en Curanilahue i de descarga en Yane. En ferrocarriles particulares no puede bajo ningun pretesto recargarse el presupuesto de construccion propiamente dicho, con instalaciones que serán, es cierto, indispensables con el tiempo pero para una explotacion o movimiento de carga de cerca de medio millon de toneladas de carbon al año.

Consideramos mas equitativo dejar ciertas partidas a los gastos de traccion i explotacion, que inflar un simple presupuesto de construccion mas o ménos artificialmente en vista de un estado que probablemente existirá en dos o tres años despues de llegar con el riel a Yane.

Para los puentes menores hemos presupuesto infraestructura de madera i superestructura de acero; pero creemos fácil proyectar la obra completamente de madera, reduciendo la luz de 4 m a 3 m, pudiendo introducir una economía considerable en esta partida.

Las plantaciones para asegurar los terraplenes en los arenales cerca de la costa i de la caleta Yane son gastos correspondientes a la conservacion.

Con las salvedades enumeradas, el presupuesto total es como sigue:

Presupuesto total en moneda corriente...	\$ 669 052,33
» » en oro de 18-d.....	» 362 821,16

Puerto de Yane

No nos es posible adelantar datos sobre el puerto de Yane i sus instalaciones de descarga i anexos, por no haber recibido aun la órden de la Compañía de emprender los trabajos de levantamiento topográfico del puerto. Tampoco podemos dar datos acerca de las espropiaciones para la estacion final en Yane i sus instalaciones, depósitos de carbon, canchas, muelles, etc., ni lo que habria que espropiar para la futura poblacion.

El señor Fuentes, de la Armada Nacional, ha practicado los estudios i levantamientos hidrográficos de la caleta, resumiendo sus observaciones i apreciaciones en un luminoso informe, a que hacemos mencion.

Presupuesto jeneral

EN MONEDA CORRIENTE

	VALORES	
	Parciales	Totales
I. Movimiento de tierras.....	427 951,70	
II. Alcantarillas i puentes menores....	39 652,03	
III. Puente mayores.....	5 750,00	
IV. Pasos a nivel.....	320,00	
V. Cierro de la via.. ..	67 867,10	
VI. Via permanente.	93 211,50	
VII. Estaciones.....	25 300,00	
VIII. Telégrafo.	9 000,00	\$ 669 052,33

EN ORO DE 18-D

IX. Materiales de enrioladura.....	261 553,16	
X. Puentes mayores i menores.....	101 268,00	\$ 362 821,16

Presupuesto detallado

PRESUPUESTO EN MONEDA CORRIENTE

	PRECIO			VALORES	
	Unid.	Cantidad	Unidad	Parcial	Total
<i>I. Movimiento de tierras</i>					
Cortes en terrenos de cualquier naturaleza.....	cbm	322,221	\$ 0,70	255 554,70	
Terraplenes, precio medio para compensaciones i empréstitos.....	»	316,794	0,50	158 397,00	
Cunetas i fosos de guarda.....	m/l	70,000	0,20	14 000,00	427 951,70
<i>II. Alcantarillas i puentes menores</i>					
Tubos:					
Concreto.....	cbm	443,445	34,00	15 077,13	
Estuco.....	qm	440,428	3,00	1 321,28	
Chapa.....	»	807,891	3,50	2 827,62	
Alcantarillas:					
Concreto.....	cbm	493	34,00	16 762,00	
Emboquillado.....	qm	120	15,00	180,00	
Estuco.....	»	27	3,00	81,00	
Chapa.....	»	138	3,50	483,00	
Infraestructura:					
Pilotaje i travesaños de madera.....	m/l	292	10,00	2 920,00	39 652,00
<i>III. Puentes mayores</i>					
Infraestructura:					
Puente en Curanilahue. — Albañilería.....	cbm	80	25,00	2 000,00	
Puente Chupalla.—Albañilería.....	»	150	25,00	3 750,00	5 750,00
<i>IV. Pasos a nivel</i>					
Cuatro de 6 m cada uno.....	N.º	4	80,00	320,00	320,00
<i>V. Cierro de la vía</i>					
Madera.....	cbm	1 189	20,00	23 780,00	
Clavos.....	kg	324	0,60	194,00	
Alambre de púas.....	100 kg	352,50	39,00	13 747,50	
Alambre liso.....	100 kg	282,00	36,00	10 152,00	
Grampas.....	kg	2 984	0,40	1 193,60	
Colocacion, tiradura i hoyos.....	km	94	100,00	9 400,00	
Alquitranado.....				9 400,00	67 867,10

	PRECIOS			VALORES	
	Unid.	Cantidad	Unidad	Parcial	Total
<i>VI. Via permanente</i>					
Durmientes.....	N.º	75 731	\$ 0,50	37 865,50	
Lastre	cbm	33 346	1,00	33 346,00	
Cambios i cruzamientos.....	N.º	8	400,00	3 200,00	
Enrielladura.....	km	47	400,00	18 800,00	93 211,50
<i>VII. Estaciones</i>					
Dos edificios mistos	N.º	2	10 000,00	20 000,00	
Dos galpones.....	»	2	2 000,00	4 000,00	
Andenes	»	2	500,00	1 000,00	
Plataformas de embarque.....	»	2	150,00	300,00	25 300,00
<i>VIII. Línea telegráfica</i>					
Línea telegráfica.....	km	45	200,00	9 000,00	9 000,00

PRESUPUESTO EN ORO DE 18-D

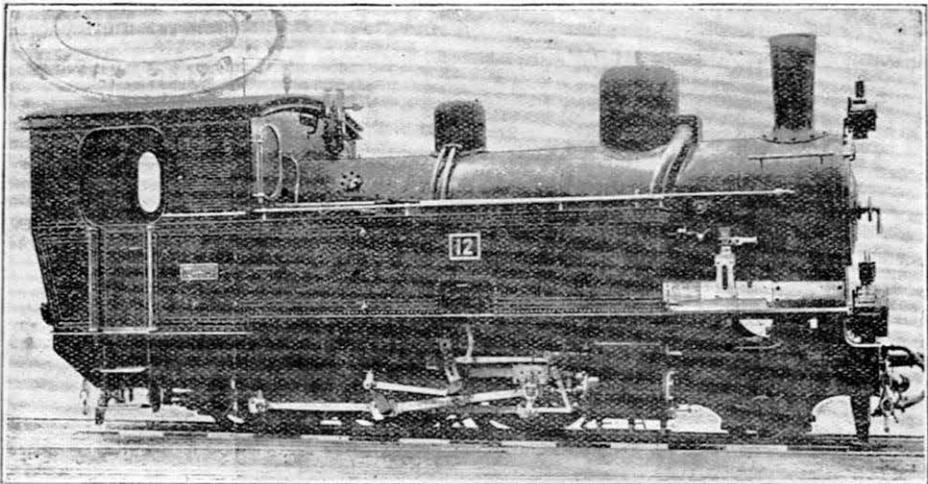
<i>IX. Materiales de enrielladura</i>					
Rieles de acero de 23,8 kg por m/1.	Ton.	2 210,632	\$ 100,00	221 063,20	
Eclisas	»	152,660	140,00	21 373,66	
Pernos para eclisas	»	12,871	300,00	3 861,30	
Escarpias	»	84,750	180,00	15 255,00	261 553,16
<i>X. Puentes metálicos</i>					
Puentes mayores:					
Puente Chupalla	Ton.	160	404,00	64 640,00	
Puente Curanilahue.....	»	22	404,00	8 888,00	
Puentes menores:					
Superestructura para 73 tramos de 4m, de 115 kg m/1	m/1	292	95,00	27 740,00	101 268,00

Estudio sobre la explotación del ferrocarril

A un estudio sobre explotación de un ferrocarril deben preceder forzosamente algunos detalles acerca del equipo i material rodante que va a emplearse. En el caso presente nos estenderemos algo mas de lo estrictamente necesario sobre este tema para describir algunas innovaciones que hemos propuesto en el material rodante i cuya aceptación de parte de la Compañía seria ventajosa.

Comenzando con las locomotoras, que hemos proyectado para este ferrocarril proponemos dos tipos. Uno será para la explotación i el otro para el servicio de maniobras en las estaciones i para la construcción, sirviendo de máquina lastrera, etc.

El tipo de locomotora para la explotación tiene las siguientes características.



Locomotora tender de $\frac{3}{4}$ ejes acoplados, de simple expansión, con un eje portador adelante, jiratorio sobre un pivote, sistema Krauss.

Trocha: 1 m.

Diámetro de los cilindros: 410 mm.

Carrera del piston: 500 mm.

Diámetro de las ruedas motrices: 950 mm.

Diámetro de las ruedas del truck delantero: 720 mm.

Base ríjida: 2 300 mm.

Distancia total entre los ejes: 4 600 mm.

Presión del vapor: 12 atmósferas.

Superficie de la parrilla: 1,4 qm.

Superficie total de caldeo: 91 qm.

Provisión de agua en el estanque: 3 cbm.

Provision de carbon: 1,2 cbm.

Peso de la locomotora vacía: 33 500 kg.

Peso de la locomotora en servicio: 42 000 kg.

Longitud total: 8 500 mm.

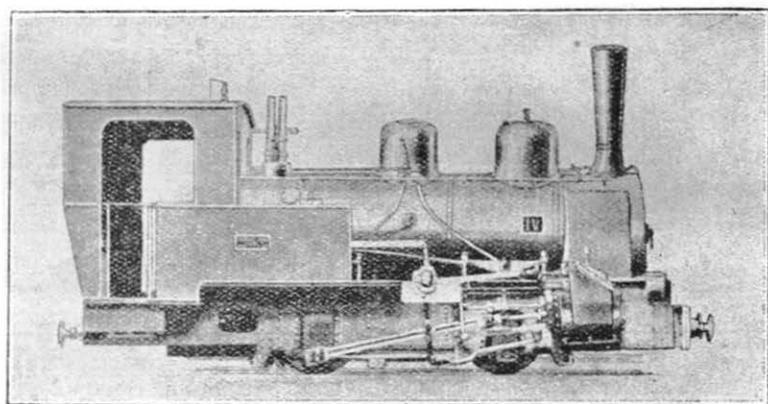
Anchura: 2 500 mm.

Altura: 3 500 mm.

Esfuerzo de tracción máximo: $E = \frac{0,6 \times d^2 \times h \times p}{D} = 6\,000 \text{ kg.}$

Esta locomotora lleva freno automático Vacuum, sistema Körting, fuerte palanca de mano con volante i contrapeso, dos trompas, campana movida a vapor, engrase central de pistones i valvulas por medio del lubricador de «Limon Fluhme», inyectores Körting o Schäffer & Buddenberg. El hogar será de cobre i los tubos de humo de hierro homogéneo Siemens-Martin. Acoplamiento de gancho semi-automático, tope central a 0,762 m sobre la cabeza del riel.

El tipo de locomotora para maniobras es algo diferente:



Locomotora tender de $\frac{3}{2}$ ejes acoplados, de simple expansion.

Trocha: 1 m.

Diámetro de los cilindros: 350 mm.

Carrera del piston: 500 mm.

Diámetro de las ruedas motrices: 1 000 mm.

Base ríjida: 2 500 mm (se reducirá a 2,30 m).

Distancia entre los ejes: 2 500 mm. id.

Presion del vapor: 12 atmósferas.

Superficie de parrilla: 1 qm.

Superficie total de caldeo: 50 qm.

Provision de agua: 3 cbm

Provision de carbon: 1 cbm.

Peso de la locomotora vacía: 19 000 kg.

Peso de la locomotora en servicio: 25 000 kg.

Lonjitud: 7 750 mm.

Anchura: 2 400 mm.

Altura: 3 700 mm.

Esfuerzo de traccion máximo: 4 500 kg.

El fogon es de cobre, los tubos de humo de hierro homogéneo, lubricador central de «Limon Fluhme», inyectores Körting, freno Vacuum, automático, sistema Körting, trompa adelante, acoplamiento con gancho central semi-automático, tope central a 0,762 m de altura sobre la cabeza del riel, campana a vapor, freno de mano con volante, eyector a vapor sistema Körting para proveerse de agua directamente del rio i quebradas durante el período de la lastradura i construccion, segun figura.

Las dos locomotoras llevan fuera de reflectores. dos gatas cada una.

Tanto la locomotora para la explotacion como la de maniobras, fué elejida como locomotora ténder, por la facilidad de proveerse de agua en el Sur i especialmente en la línea de Curanilahue a Yane.

El perfil lonjitudinal muestra una suave subida para los trenes cargados i una pendiente fuerte de 3% de bajada. De vuelta, los trenes vienen con el equipo vacío, o en pequeña proporcion, con mercadería surtida. Con lo espuesto, se comprende fácilmente la conveniencia de elejir máquinas tender para evitar el arrastre del peso muerto de un ténder acoplado, evitando tambien su costo bastante considerable.

Salta a la vista desde el primer momento, el peso por eje adoptado. En efecto, hasta ahora eran 9 a 9½ toneladas el máximo que podia observarse en los Ferrocarriles del Estado de trocha de 1 m; pero ya el último pliego de condiciones para el cálculo de puentes, prescribe, como base, ejes de 14 toneladas por eje de locomotora.

Se adoptó, para el Ferrocarril de Curanilahue, la trocha de 1 m, por contar esta línea con un tráfico seguro de mas de 350 000 toneladas al año; probablemente aumentará con el desarrollo de las minas de carbon al doble.

La trocha de 1 m resultó fácil de adoptar, porque la ruta no exijía juego horizontal sino solo juego vertical de la razante. El hecho de que dos curvas, una de 80 i la otra de 88 m de radio, hayan bajado del límite de 100 m i el escaso movimiento de tierra, justifican la eleccion de la trocha de 1 m sobre la de 0,75 i 0,60 m. La Compañía desea efectuar trasportes hasta de 1 000 toneladas diarias de carbon con esclusion del tráfico de trenes durante las horas de la noche i con el menor número de trenes posible.

La solucion está en formar trenes pesados i estos exigen necesariamente locomotoras pesadas i poderosas.

Máquinas con cuatro ejes acoplados no nos parecieron prácticas por tener que reducir el diámetro de las ruedas motrices, para obtener una base ríjida no mayor de 2,3 o 2,5 m por los radios de las curvas.

Como resultado de estas consideraciones, elegimos una locomotora de tres ejes acoplados, pero de mayor peso por eje, llegando a 12 toneladas por eje motor. Con tres ejes acoplados fué posible tener ruedas motrices de 950 o 1 000 mm de diámetro, con lo que queda asegurada una velocidad entre 30-35 km por hora, permitiendo los diámetros elegidos una buena velocidad de marcha de los trenes (900 m para 35 km).

Para el comienzo hemos calculado dos viajes redondos por locomotora.

El peso de 12 toneladas por eje impuso la elección de un riel pesado. El tipo de riel de 23,8 kg por m¹ es muy sólido, tiene un momento resistente de 93,4 cm³; altura, 113 mm; anchura de la zapata, 95 mm; anchura de la cabeza, 53 mm i espesor en el alma, de 10,5 a 11 mm. Las eclisas son extra-fuertes.

Este riel resiste con durmientes distantes de centro a centro

De 1 000 mm un peso por eje de	9 920 kg
» 900 » » » »	11 000 »
» 785 » » » »	12 620 »
» 680 » » » »	14 540 »
» 600 » » » » de mas de.....	15 000 »

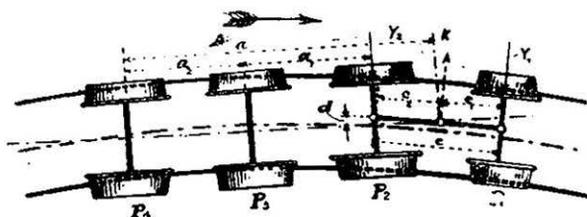
El tipo normal de enrioladura para el Ferrocarril de Curanilahue lleva 16 durmientes por collera de 10 m, teniendo los durmientes, por consiguiente, una distancia de centro a centro de 600 mm, sobrepasando, por lo tanto, la resistencia del riel una sollicitación producida por un eje de 12 toneladas con exceso.

No conviene colocar los durmientes mas cercanos de 600 mm por hacerse muy dificultoso el rameo del lastre i el aumento de la resistencia del riel se vuelve ilusorio, por cuanto que el riel es tambien sollicitado por esfuerzos laterales (lacet o huascamientos) i no aumenta la resistencia contra estas sollicitaciones en funcion del acercamiento de los durmientes; con otras palabras, un riel dado no aumenta su resistencia al paso de un tren con cierta velocidad acercando sus durmientes sino hasta cierto límite.

Para tráfico intenso, se recomienda disminuir en un 20% el peso de los ejes. Con esta reduccion llegaríamos nosotros a 15 000—3 000=12 000 kg, exactamente el peso por eje elegido.

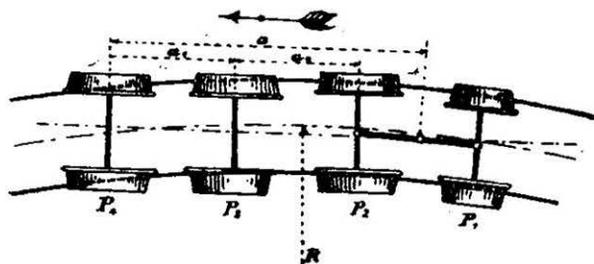
Las bases ríjidas de las locomotoras de 2,3 i 2,5 m permiten un paso seguro por curvas de 100 i 110 m de radio. Como hemos dicho antes, se suprimirán las curvas menores de 100 m que son solo dos i la locomotora de maniobras se encargará con base ríjida de 2,3 m. El enlace parabólico que se ejecutará en todas las curvas entre 100 i 150 m de radio, aumentará la seguridad al paso de trenes rápidos. Las locomotoras para trocha de 1 m de los Ferrocarriles del Estado, tienen, segun el pliego de condiciones, ejes de 14 toneladas i base ríjida de 2,4 m i el tender ejes de 10 tonela-

das i base ríjida de 3,0 m. Con estas bases ríjidas no debieran aceptarse o tolerarse radios menores de 120 i 160 m respectivamente.



*Locomotora con eje portador Krauss
Marcha adelante*

El tipo de locomotora ténder de $\frac{3}{4}$ ejes, elegido para la explotación, es una máquina muy equilibrada. El eje guía adelante es indispensable para el paso seguro de las curvas con buena velocidad. Este tipo de máquina se llama tipo Krauss, por haber sido la fábrica de Krauss, en Munich, la primera en adaptar un eje móvil en un pivote central. Existen dos tipos. Uno con eje móvil adelante i otro con este eje atrás.



*Locomotora con eje portador Krauss
Marcha atrás.*

En el primer caso se asegura buen paso por las curvas, aun con velocidades de 30 i 35 km. El eje guía bien, para lo cual ha debido cargarse con seis toneladas. El segundo caso con eje atrás tiene la ventaja de poder colocar sobre él parte del peso del hogar. Como el eje guía tiene ruedas de menor diámetro, se obtiene la ventaja de bajar más el apoyo del hogar, lo que es favorable para la estabilidad de la locomotora i también por razones constructivas de la caldera. En la situación atrás hace depender menos la diferencia de peso adherente con los estanques vacíos, siendo el peso adherente sobre los ejes motores más constante i por lo mismo, el esfuerzo de tracción.

Las dos alternativas: o facilidad de aumentar la velocidad con eje guía adelante o mantener ménos variable el peso adherente, hemos optado por la primera solución, por ser de mayor importancia económica la velocidad i prestar mas garantías contra descarrilamientos.

Trenes pesados combinados con marcha rápida, son, en efecto, el factor mas importante en la economía de la explotación i aseguran un transporte barato.

Con el menor número de trenes se ahorran desvíos, estaciones i personal, i con la marcha rápida se aprovecha mejor el material rodante i el personal también. La trocha de 0,60 m con locomotoras de 22 toneladas, no solo habria obligado a trenes de la mitad del peso, sino también a una reducción de la velocidad de marcha, lo que lógicamente se traduciria en cuatro veces mas equipo i personal, i por consecuencia, un aumento de gastos de transporte casi proporcional.

Podrian mencionarse algunos detalles técnicos de las locomotoras.

Con referencia al hogar de cobre en comparación con el de hierro homogéneo, puede establecerse como regla que el primero es mas durable, i una vez inservible para su fin, no pierde el valor del metal; también está ménos espuesto a dilataciones irregulares con los enfriamientos mas o ménos bruscos. Los tubos de humo de hierro se emplean de preferencia cuando el agua de alimentación de las calderas no deja residuos. La superficie ménos lisa que la de los tubos de latón (aleación 70% de cobre i 30% de zinc) se presta para que se adhieran los residuos alcalinos del agua.

Los tubos de hierro cuestan la mitad de los de latón i la diferencia de precio para una locomotora como la descrita, llega a 1 500 marcos. Los tubos de hierro se comportan como duracion igual en el servicio; el latón calentado al rojo oscuro se convierte en frágil. Es fácil que adquiera este estado en las boquillas de la placa tubular del hogar, resultando roturas; por tal motivo, suéldanse frecuentemente a los tubos de latón unas boquillas de metal rojo.

Los Ferrocarriles del Estado demuestran una gran variedad en materia de hogares i tubos de humo. Se encuentran todas las combinaciones posibles: hogares de hierro con tubos de hierro i latón i hogares de cobre con igual variedad de tubos,

Los fogones u hogares de hierro homogéneo fueron introducidos al país hace algunos años, siendo la fábrica de Fried. A. Krupp, de Essen, la proveedora durante el primer tiempo. Es un material tenaz i dúctil. Para obtener una tenacidad igual en todo sentido de la plancha, se cambia el sentido de marcha en los laminadores a cada paso.

Los hogares de hierro son livianos porque pueden hacerse de poco espesor. Tienen gran resistencia contra corrosión por carbon sulfuroso, pero son mui delicados una vez agrietados i dificultan el colocar una parchadura durable.

Largas esperiencias con hogares de hierro poseen los ferrocarriles norteamericanos, por ejemplo, los de Pensilvania, que los emplean desde 1861. Según las prescripciones de la «Master Mechanics Association» debe cumplir el hierro homogéneo destinado a hogares, con los siguientes requisitos:

Resistencia a la traccion.....	38,5 - 45,5 kg por qmm
Alargamiento.....	22 - 30% medido sobre la longitud de 205 mm
Carbono.....	0,15 - 0,25%

Es preferible el hierro Siemens Martin, es decir, de reverbero, al Bessemer o de convertidor, por ser aquel ménos blando. El hogar de hierro no se presta para tubos de humo de cobre o de laton, porque provoca fenómenos galvánicos que aceleran la destruccion del hogar.

La durabilidad de estos hogares es, en jeneral, de 5 a 7 años en término medio, habiéndose registrado una durabilidad hasta de 12 años. Ensayos con estos hogares no han dado resultados que induzcan a su aceptacion en Europa, aunque se ha podido comprobar las esperiencias americanas i verificarlas.

En los Estados Unidos de Norte América i en Chile, parecen haber sido satisfactorias las esperiencias. Las fábricas de locomotoras europeas recomiendan siempre el fogon de cobre, que se adoptará tambien para las locomotoras de Curanilahue.

Las llantas no irán ajustadas a las ruedas con pernos, como las tienen las locomotoras Borsig encargadas para los Ferrocarriles del Estado, sino segun las normas prusianas, con talon i fijada por rebatido sobre un cerco engastado en una ranura, segun figura.

Igualmente irán fijadas las llantas de todo el material rodante cuyas ruedas serán discos de hierro o acero moldeado, laminados o discos de envoltura, i forjados despues en matrices, sistema Krupp. (Véase figura).

En ferrocarriles con fuertes gradientes i curvas numerosas de pequeño radio, como se encuentran en rejiones montañosas como la nuestra, sucede, muchas veces, que es necesario emplear locomotoras pesadas i poderosas con gran número de ejes acoplados, cuyo peso total debe aprovecharse como peso adherente.

Por otro lado, las curvas fuertes tienden a restringir la base ríjida i el número de ejes acoplados. En estos casos se emplean locomotoras con ejes movibles o sistemas o grupos de ejes movibles.

Los tipos mas en uso son:

1.º *Sistema Meyer*.—El bastidor de la locomotora descansa sobre dos trucks independientes, que pueden jirar al rededor de un eje vertical. Cada truck tiene dos o tres ejes acoplados i es accionado por dos cilindros a vapor.

2.º *Sistema Mallet-Rimrott*.—Este tipo no difiere del anterior sino en el truck delantero, que es el único movible, mientras que el posterior está fijo al bastidor. Se dispone para estos dos tipos de locomotoras jeneralmente el funcionamiento en *Compound*, funcionando un grupo de cilindros a alta i el otro a baja presion.

3.º *Sistema Hagans*.—La locomotora descansa igualmente sobre dos grupos con ejes acoplados. Los dos o tres ejes primeros están fijos al bastidor, mientras que los dos posteriores están fijos en un truck movible. Los dos grupos de ejes son accionados por un motor único; el primero e. d., el de adelante, segun la construccion usual i

el segundo grupo por un dispositivo de palancas i bielas especial, que permite la orientacion del truck en las curvas, segun su radio.

4.º *Sistema Köchy*.—Es parecido al precedente, del cual no difiere mas que del dispositivo que acciona sobre el grupo de ejes posteriores, permitiendo igualmente el desplazamiento radial en las curvas.

5.º *Sistema Krauss*.—Consta este sistema de un eje portador extremo movable. El eje portador puede ir adelante o atras en el bastidor de la locomotora i va ligado al eje acoplado mas inmediato, por un árbol o balancin articulado de doble efecto, que permite a estos dos ejes orientarse en las curvas con desplazamientos laterales en sentidos opuestos.

Otros sistemas parecidos son el de Fairlie, abandonado ya i en uso en el Ferrocarril de Tarapacá, el de Johnstone, en uso en los ferrocarriles de Méjico. Los tipos Klose i Klien-Lindner son parecidos a los descritos bajo 1-5. Quedan por mencionar las locomotoras Engerth i de cilindros verticales que tratan de aprovechar por dispositivos especiales el peso del ténder como peso adherente. Estos últimos tipos tienen su principio de construccion en primer lugar. subordinado a un gran esfuerzo de traccion, viniendo en segundo lugar la reduccion de la base ríjida para el paso de curvas cerradas i de pequeño radio.

El eje portador movable, sistema Krauss va unido al eje acoplado mas inmediato i permite por rotacion o jiro alrededor del pivote *Z* un desplazamiento transversal de los dos ejes en sentidos opuestos.

La plancha de palastro de forma triangular *B*, va recortada en ambos extremos i está guarnecida por hierros ángulo i se apoya en su base sobre la cajeta *Gl* del eje portador; la punta o vértice arredondeada *S* se sujeta en la cajeta *G* del eje acoplado. Las cajetas *G* i *Gl* están transformadas como descansos i son de acero moldeado.

El desplazamiento lateral del eje acoplado está limitado por topes *a a* i los bordes *w w*. El eje portador tiene su juego de desplazamiento limitado por una lengua *b* dentro de una ranura *f*.

El pivote *Z* está ajustado en su parte superior dentro del platillo *P*, que forma parte del bastidor de la locomotora i está sujeto con su mitad inferior al descanso esférico *l* que es de hierro colado. Un descanso de acero *L* envuelve cóncetricamente al primero. La forma esférica de este descanso es necesaria para evitar una flexion o torsion del pivote *Z* en las oscilaciones verticales i por este motivo tiene la punta o vértice *S* juego dentro de su descanso *g*.

Las figuras demuestran el corte longitudinal i plano horizontal del eje portador movable Krauss, como tambien la orientacion de los ejes al paso de curvas, ya sea con marcha adelante o hácia atras.

Por lo espuesto, se comprende la sencillez del eje portador Krauss i que esta solucion es la mas práctica i económica comparada con la complicacion que ofrecen los demas tipos de locomotoras. Además, no se introduce ninguna innovacion estraña

a la práctica i conocimiento de los maquinistas, como sucedería con locomotoras de cuatro cilindros sistema Mallet-Rimrott o con el juego de palancas de tipo Hagans.

La campana a vapor de Latowski merece tambien una corta esplicacion descriptiva, por ser en Chile poco conocida.

Esta campana, que funciona directamente por medio del vapor, i que cesa de funcionar cerrando la válvula de admision, está mui jeneralizada en Europa. Su colocacion está siempre delante de la caja de humos, para no molestar con su ruido ensordecedor al maquinista i fogonero. Casi en todos los ferrocarriles es obligatorio, el que al entrar i salir de una estacion, se toque la campana de la locomotora i esta funcion la tiene en jeneral el fogonero, que pone la campana en movimiento por medio de un cordel.

Es evidente que al entrar i salir de las estaciones suceden la mayor parte de los accidentes, i todos los medios para disminuir su frecuencia, deben emplearse. La campana a vapor alivia las funciones del fogonero, precisamente durante los momentos en que su atencion para observar las señales, etc., se hace mas indispensable.

La construccion del aparato es sencilla. Sobre la campana descansa un badajo en forma de palanca doble (de dos brazos) con el martillo *e*, el cual descansa sobre la campana cuando no funciona.

Para hacer funcionar el aparato, abre el maquinista o fogonero una válvula a vapor de admision, colocada cómodamente, i envia vapor por la cañería *r*.

El vapor levanta la válvula *v* unida al piston *S*. Este último levanta la doble palanca con el martillo *e*.

La carrera de la válvula *v*, del piston *s* i de la palanca con el martillo *e* está limitada por el extremo acodado del brazo corto de la palanca.

Cuando el vapor eleva la válvula *v* hasta el final de su carrera, el vapor se escapa por la cámara *D*. La presion que obra sobre la válvula cesa i ésta cae a su posicion primitiva i con ella el martillo o badajo *e*, haciendo funcionar la campana. Durante el tiempo de admision de vapor por la cañería *r*, continúa el funcionamiento automáticamente hasta cerrar la válvula de admision. Con mayor o menor cantidad de vapor pueden producirse hasta 150 toques de campana por minuto.

El vapor que entra a la cámara *D* se condensa mucho i por eso demora algun rato el funcionamiento del aparato. Latowski ha ideado para evitar esto, una mejora que consiste en rodear la cámara *D* con un forro. El vapor que sale de *D* pasa por el forro *R* i recalienta la cámara *D*, de modo que el aparato funciona con vapor casi seco. Con este dispositivo i el aumento de la válvula *v* se ahorra vapor. Este se condensa dentro del forro *R* i no intercepta la..... porque no sale vapor. Por un pequeño orificio *O* sale el vapor condensado en *D* en estado líquido.

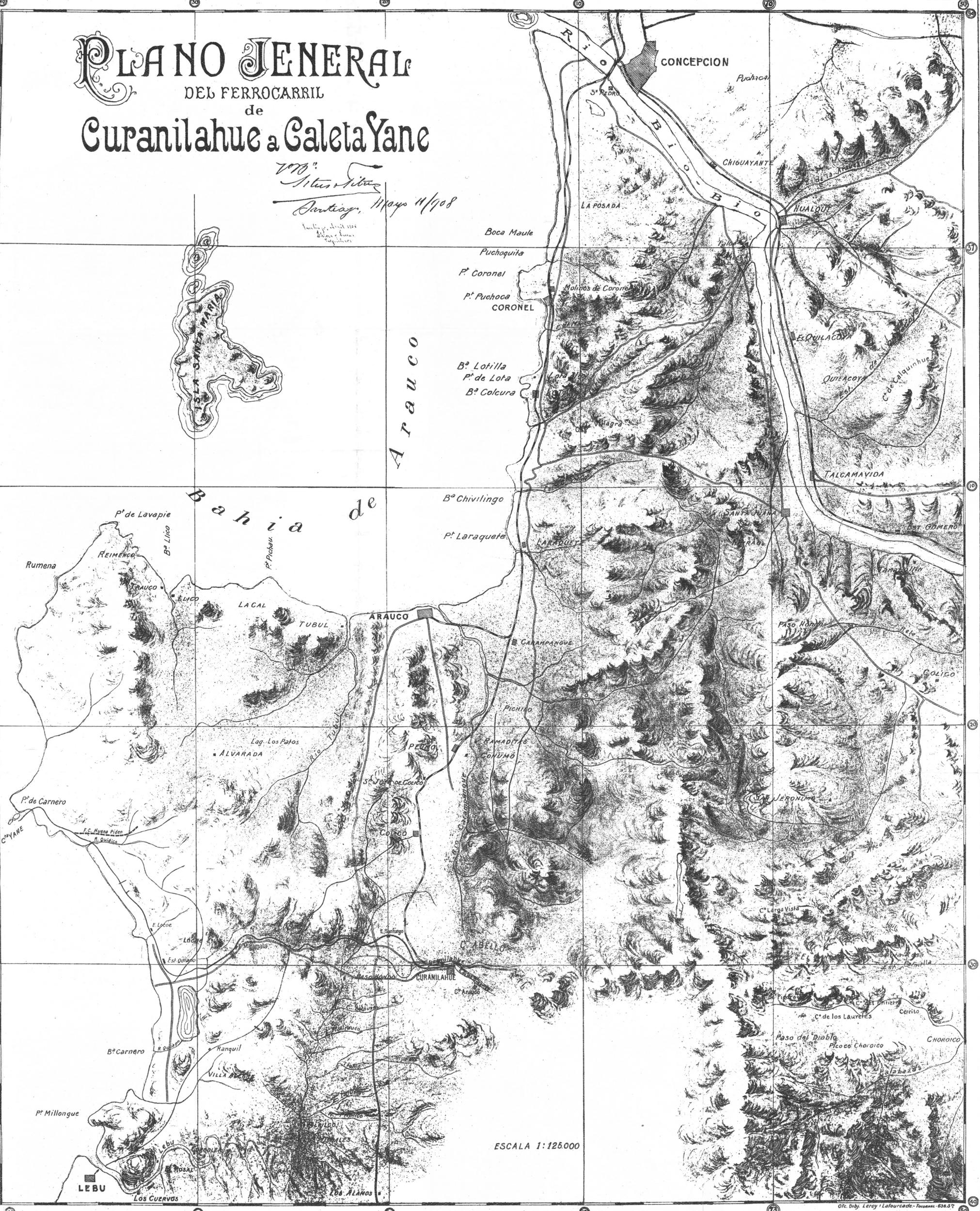
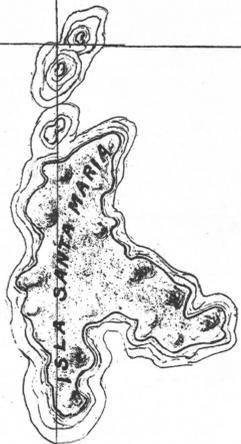
CÁRLOS LANAS.

(Continuará)

PLANO GENERAL

DEL FERROCARRIL
de
Curanilahue a Caleta Yane

V.M.
A. L. S. S.
Santiago, Mayo 11/908



Arauco

Bahia de

ESCALA 1:125.000

Ofe. Dib. Leroy Lafourcade - Focornal - 636.57

FOTOLITO - F. PAYÁ

PERFIL LONGITUDINAL

Escala Horizontal: 1:125.000
Escala Vertical: 1:10.000

