

Informe sobre la electrificación de la sección chilena del transandino por Juncal

POR

A. J. FIFER

Desde el año 1910, en que quedaron ligadas las ciudades de Los Andes y Mendoza por medio del Ferrocarril Transandino por Juncal, se notaron en la explotación de este ferrocarril numerosas deficiencias, las que se debían principalmente a falta de unidad en la administración de las secciones argentina y chilena de este ferrocarril, a deficiencias en las defensas contra nevazones y avalanchas, lo que producía detenciones del tráfico por largos períodos y a falta de comodidades en el equipo de pasajeros y poca eficacia en el de tracción.

Con el objeto de obviar estos inconvenientes se dictó la Ley N.º 3803 en Setiembre de 1921. De acuerdo con ella se obtuvo la fusión administrativa de ambas secciones del transandino y los capitales suficientes para proteger debidamente a la sección chilena contra la nieve y avalanchas; para la compra de un excelente tren de coches pullman y comedores, para dotar de maquinaria de primera clase a la maestranza de los Andes para electrificar la sección de cremallera del transandino.

Todos estos trabajos y adquisiciones se han llevado en su casi totalidad a la práctica, con excepción de la electrificación que ha requerido mayor tiempo para su estudio.

Creemos que será de interés dar a conocer el informe evacuado por el ingeniero consultor del transandino sobre la forma en que debe llevarse a cabo la electrificación de la sección chilena.

I. GENERALIDADES

Una de las más interesantes vías ferroviarias de montaña en explotación es la que conecta la Argentina con la República de Chile y que se conoce con el nombre de Ferrocarril Transandino.

Parte de Los Andes en territorio chileno a 834 metros sobre el nivel del mar y se dirige al Este por un trayecto serpenteado, de fuertes rampas, curvas cerradas túneles y galerías de protección contra la nieve hasta alcanzar una altitud de 3 207 metros, en donde penetra los Andes por un túnel de 3,2 Kms. de longitud para descender en seguida, hacia Mendoza en territorio argentino, y terminar ahí, a 768 metros sobre el nivel del mar.

La longitud total de la línea es de 249,5 Kil. de los cuales 70,5 Kil. se encuentran en territorio chileno y 179,0 Kil. en territorio argentino.

Aunque en el lado chileno la pendiente media es de $34^{\circ}00'$, la conformación del terreno desde el Km. 33 es tal, que han tenido que construirse cinco secciones de cremallera, cuya rampa más pesada alcanza a $80^{\circ}00'$ y cubre una distancia de 1.75 Kms. La pendiente máxima, en secciones de adherencia, ha sido limitada a $15^{\circ}00'$.

El talud oriental de los Andes, en el lado argentino, no tan escarpado, impone condiciones de naturaleza menos onerosa y es salvado con rampas de cremallera máxima de $61^{\circ}00'$.

Bajo el punto de vista del arrastre, la línea se puede dividir en tres secciones principales como queda indicado en el Cuadro I.

CUADRO I

	RECORRIDO en metros	PENDIENTES-° / ‰		CURVAS
		Maxima	Media	Radio mi- nimo en metros
A.—Los Andes a Río Blanco:				
Adherencia en todo el recorrido . . .	34 000	35	17,2	100
B.—Río Blanco a Zanjón Amarillo:				
Constituída por una serie de once secciones de cremallera alternadas con secciones de adherencia.				
Chile				
1) Cremallera-Total de 5 secciones	21 456	80	69,5	200
2) Adherencia	15 100	25	20	150
Total en Chile	36 556			
Argentina				
1) Cremallera-Total de 6 secciones	13 401	61	48,6	180
2) Adherencia	32 549	25	10,6	100
Total en Argentina	45 950			
Total en Chile y Argentina	82 506			
C.—Zanjón Amarillo a Mendoza:				
Adherencia en todo el recorrido	133 000	27,3	10,9	100

Las secciones A y C sólo son de adherencia, mientras la sección B, compuesta de trozos alternados de cremallera y de adherencia, es con mucho la parte más dificultosa del trayecto.

La explotación de las secciones A y C sólo exige una locomotora ordinaria, pero

la sección B requiere un tipo especial, capaz de trabajar tanto en cremallera, como en vía normal.

Debido a que la distancia entre Los Andes y Río Blanco es relativamente corta, a pesar de ser toda de adherencia los trenes son arrastrados sobre la sección íntegra chilena entre Los Andes y Las Cuevas por locomotoras mixtas de cremallera y adherencia. El mismo caso se presenta en el lado argentino entre Zanjón Amarillo y Las Cuevas; pero no así entre Zanjón Amarillo y Mendoza, donde se emplean locomotoras de simple adherencia.

La explotación de la línea entre Zanjón Amarillo y Río Blanco ha presentado muchas dificultades, cuya fuente principal ha sido la nieve y las avalanchas que en ocasiones, durante la estación de invierno han detenido el tráfico por meses enteros. Estas interrupciones periódicas han repercutido en daño de las utilidades de la Compañía, pues debido a las incertidumbres del transporte una cantidad considerable de tráfico de pasajeros y de mercaderías ha preferido servirse de la ruta marítima. Para eliminar cualquiera posibilidad futura de interrupciones de tráfico de esta naturaleza, ha sido iniciado un extenso programa de construcciones, con la instalación de protecciones adicionales contra la nieve y las avalanchas.

Algunas de las galerías de protección existentes serán prolongadas en varios lugares una serie de galerías y túneles en servicio, serán conectados entre sí por nuevas galerías para formar, de este modo, túneles continuos de longitud considerable.

La más larga de estas combinaciones de túneles y galerías, una vez terminada cubrirá una distancia de 1,5 kilómetros y quedará ubicada en una pesada rampa de cremallera. Una locomotora a vapor, en esta rampa tendría que desarrollar su esfuerzo máximo y su menor velocidad y necesitaría, más o menos 8 minutos para recorrer este trayecto. La tracción a vapor en estas condiciones no sólo sería engorrosa, sino que implicaría un grave peligro de asfixia para los pasajeros y para el personal del tren.

Con respecto al túnel de la Cumbre, aún más largo, por ser la rampa suave la locomotora a vapor puede atravesarlo en condiciones relativamente livianas de trabajo, y en consecuencia el gas y humo desprendidos no llegan a hacer el ambiente insoportable.

Establecido que habría que renunciar a gran parte de las ventajas de las galerías adicionales de protección contra la nieve por dar origen a un ambiente irrespirable de gas y humo en los túneles largos de rampa fuerte si se mantuviera la tracción a vapor y por otra parte, vista la posibilidad de obtener energía hidro-

eléctrica a un precio aceptable se decidió investigar la conveniencia de introducir la tracción eléctrica en la sección Los Andes-Zanjón Amarillo.

Después de estudiar en detalle cada uno de los factores del problema, apareció evidente que la introducción de la tracción eléctrica, presentaba las siguientes ventajas:

a) Eliminación de los humos y gases lo que haría posible cubrir por completo largas secciones de la vía con galpones y túneles, como se ha indicado más arriba y constituir así una defensa eficaz contra interrupciones de tráfico, ocasionadas por avalanchas en invierno e inundaciones de barro en primavera y de este modo, mantener la línea abierta al tráfico durante el año completo. No es posible obtener este resultado con tracción a vapor. Mientras la línea no sea electrificada algunas secciones de los túneles artificiales largos tendrán que ser dejadas abiertas para posibilitar la ventilación.

b) Un servicio más limpio, confortable y rápido.

c) Economías de explotación, que por sí solas justifican sobradamente la inversión de un nuevo capital.

II. CONSIDERACIONES SOBRE EL TRÁFICO

Este ferrocarril es en la actualidad la única vía férrea que une la Argentina a Chile. Otros ferrocarriles han sido proyectados, pero ninguno tendrá o podrá tener la ventaja de ser la comunicación directa entre los centros de actividad de las dos repúblicas. Dada su posición única y alcanzadas las ventajas derivadas de las protecciones contra la nieve y de la tracción eléctrica, el Ferrocarril Transandino adquiriría la importancia a que tiene derecho en el intercambio de pasajeros y mercaderías, del cual un porcentaje considerable en la actualidad, toma la ruta marítima.

Los tiempos de recorrido, en vigor, entre Los Andes y Zanjón Amarillo y vice versa, para trenes expresos de pasajeros y ordinarios de carga, se encuentran en el Cuadro II. El factor economía de tiempo tiene gran importancia, no sólo bajo el punto de vista de la Compañía, por permitirle utilizar mejor su equipo de locomotoras, sino también, bajo el punto de vista de la comodidad de pasajeros que atraviesan tan elevadas alturas.

Debido a la mayor potencia y a la aceleración más rápida que caracteriza a la locomotora eléctrica y a la eliminación del tiempo de aguada, el servicio eléctrico entre los términos mencionados (véase Cuadro II) hará posible una economía de $1\frac{1}{2}$ horas por lo menos por viaje sencillo de trenes de pasajeros y de 2,5 a 3,3 horas

de trenes de carga. Tal reducción en la jornada naturalmente atraerá al público, hará posible una mejor utilización del material rodante, reducirá los gastos de personal de trenes, etc. La velocidad máxima en las secciones de adherencia (para tracción eléctrica) quedará limitada a 40 kil. por hora y en las secciones de cremallera a 16 kilómetros. La reducción de velocidad en curvas cerradas puentes y estaciones ha sido debidamente considerada.

CUADRO II

Tiempo de Recorrido de Trenes a Vapor y Eléctricos en Minutos

	TRACCIÓN A VAPOR						TRACCION ELECTRICA		
	Trenes de Pasajeros			Trenes de Carga			Trenes de Pasajeros y Carga		
	Reco- rrido	Altos	Tota- les	Reco- rrido	Altos	Tota- les	Reco- rrido	Altos	Tota- les
A.—Los Andes. Z. Amarillo									
Los Andes—Las Cuevas	257	35	292	292	40	332	210	5	215
Las Cuevas—Z. Amarillo	125	12	137	183	27	210	114	12	126
Total en Minutos	382	47	429	475	67	542	324	17	341
			341			341			
Economía de Tiempo Minutos ..			88			201			
Por Tracción Eléctrica Horas			1,47			3,35			
B.—Z. Amarillo—Los Andes:									
Z. Amarillo—Las Cuevas	171	8	179	195	25	220	120	7	127
Las Cuevas—Los Andes	238	22	260	248	22	270	204	7	211
Total en Minutos	409	30	439	443	47	490	324	14	338
			338			338			
Economía de Tiempo Minutos ..			101			152			
Por Tracción Eléctrica Horas ..			1,69			2,53			

La trocha de un metro impone una estricta restricción en las dimensiones de las locomotoras ordinarias a vapor y esta restricción adquiere un carácter de especial gravedad, cuando se trata de una locomotora mixta de cremallera y adherencia. Las locomotoras actuales a vapor, del tipo grande, han sido dimensionadas para arrastrar trenes de 140 tons, sobre las secciones de cremallera, pero por varias razones, su poder de arrastre ha quedado reducido a 120 tons. Los trenes que llegan a Zanjón Amarillo desde Mendoza, por la sección de adherencia, son a menudo de un peso mucho mayor. En consecuencia, tales trenes deben ser divididos en Zanjón Amarillo, arrastrados en el trozo de cremallera de la línea hacia Las Cuevas en dos secciones, abí de nuevo combinados en un solo tren y llevados a Los Andes por una locomotora. El tipo más pesado de locomotora a vapor, para trabajar en cremallera, pesa 94 tons. cargada, es decir, cuando lleva completa su ración de agua y combustible, y alrededor de 88 tons. a media carga. Luego el peso de la locomotora a plena carga, corresponde más o menos al 79% del peso del tren que arrastra.

CUADRO III

Peso y Capacidad de Arrastre de las Locomotoras

	Vapor		Tracción Eléctrica	
	Argentina	Chile	Argentina	Chile
	Z. Amarillo Las Cuevas	Los Andes Las Cuevas	Z. Amarillo Las Cuevas	Los Andes Las Cuevas
Peso de la locomotora a plena carga	95 tons	88 tons	84 tons	84 tons
<i>Peso máximo</i>				
a) Por eje motriz	14 "	13,1 "	12 "	12 "
b) Por metro corrido de vía entre ruedas extremas acopladas	17 18 "	15 "	11 12 "	11 12 "
Poder de arrastre normal	120 "	120 "	200 "	150 "
Incremento en peso del tren arrastrado con Locomotoras eléctricas			66%	25
Peso Locomotora	1	1	1	1
Razón:				
Peso de Tren arrastrado	1,26	1,36	2,4	1,8

Las locomotoras eléctricas pesarán, más o menos 84 toneladas y serán dimensionadas para arrastrar trenes de 150 tons., por la rampa chilena y de 200 tons. entre Zanjón Amarillo y Las Cuevas. Esta capacidad de arrastre se mantendrá, ya que la potencia de una locomotora eléctrica no está sujeta a reducción por el uso, falta de limpieza o deficiencia en el mecanismo de las válvulas ni su eficiencia es afectada por descensos de temperatura como sucede con las locomotoras a vapor.

De lo dicho arriba, se deduce con evidencia que un tren de Mendoza de 200 tons. recibido en Zanjón Amarillo puede ser arrastrado, cuesta arriba por la rampa de cremallera hacia la Frontera, por una sola locomotora eléctrica en vez de las dos requeridas en la actualidad con la tracción a vapor.

Este incremento en el poder de arrastre, indicado en el Cuadro III, agregado a la economía de 1,5 horas en trenes de pasajeros y de 3 horas en trenes de carga, en el trayecto entre Zanjón Amarillo y Los Andes, constituirá una considerable mejora sobre las condiciones actuales de explotación.

Establecido el poder de arrastre de la locomotora es ya oportuno hacer una estimación del desarrollo probable del tráfico futuro dadas las nuevas condiciones de explotación y determinar la mejor manera de servirlo con la tracción eléctrica.

Como será indicado en detalle más abajo, el Ferrocarril Transandino está en vísperas de firmar un Contrato con la Cía. Chilena de Electricidad Limitada, para el suministro de la energía necesaria para la electrificación. Este Contrato contempla también la posibilidad de suministrar energía a la parte del Ferrocarril que se encuentra en territorio argentino, v. g. entre la Frontera y Zanjón Amarillo, pero si más tarde la Cía. Argentina deseara obtener su energía de una Central de Fuerza ubicada en la República Argentina, las cláusulas del Contrato con la Cía. Chilena de Electricidad Limitada, están concebidas en forma de permitir, en cualquier momento, adoptar este proceder. En otras palabras, la energía necesaria para la explotación de la sección argentina del Ferrocarril Transandino electrificado sería tomada del lado chileno sólo como medida provisoria hasta el momento en que fuera posible obtenerla de una fuente de energía barata, situada en territorio argentino.

Las condiciones para el pago del consumo en el Contrato de Energía se basan en dos tarifas diferentes: la una se refiere a un pago fijo función de la potencia máxima exigida, y la otra a un precio invariable por unidad de energía suministrada.

El primero de estos pagos depende directamente del número de trenes que simultáneamente corren sobre la línea, el otro del trabajo efectuado en el arrastre de trenes. Para mantener el pago de potencia máxima exigida dentro de límites razonables, es esencial arreglar la sucesión de los trenes de modo que el número de

trenes que simultáneamente suban rampas, sea el menor posible siempre que permita efectuar el tráfico diario dentro de períodos razonables de trabajo. Esta condición puede ser ampliamente satisfecha con un servicio base de tres trenes ascendentes simultáneos v. g. ya sea dos en el lado chileno entre Los Andes y La Cumbre y uno en el lado argentino entre Zanjón Amarillo y La Cumbre, o dos en el lado argentino y uno en el chileno. Por otra parte consideraciones relacionadas con el costo de primera instalación de sub-estaciones y líneas de transmisión aconsejan que el intervalo de tiempo entre los dos trenes, de cualquiera de los lados antes mencionados, sea por lo menos de $\frac{3}{4}$ a 1 hora, lo que cuadra bien con la proposición de hacer preceder el tren directo Internacional de pasajeros, por uno local de pasajeros y equipaje.

Los trenes ascendentes simultáneos, consultados para el servicio eléctrico entre Zanjón Amarillo y Los Andes, serán capaces de satisfacer ampliamente el incremento de tráfico previsto, pues ello permitirá despachar, en total, diez trenes por 24 horas en cada dirección.

Si en el futuro, en cualquier momento, el tráfico aumentara más allá de la capacidad de diez trenes diarios, cuatro trenes podrían tomar simultáneamente energía de la línea, lo que permitiría despachar dieciséis trenes diarios en cada dirección, con un costo extra de explotación de 7 500 libras esterlinas anuales, por pago del exceso de potencia exigido a la Central. Esta solución no exigirá desembolso adicional de capital, fuera del necesario para la adquisición de locomotoras.

Con la desfavorable explotación actual, sujeta a la tracción a vapor, y la falta de confianza por parte del público, originada por las interrupciones periódicas de servicio, el tráfico alcanza en término medio, a dos trenes por día en cada dirección, con un máximo de cuatro trenes diarios.

Dentro de lo probable, no es demasiado suponer, que tan pronto como la electrificación se inaugure, el tráfico aumentará rápidamente y admitir para el objeto de este informe, que, en un futuro cercano, llegará a ser dos y media veces superior al actual.

Esta hipótesis es equivalente a un término medio de cinco trenes a vapor o cuatro eléctricos. El menor número de trenes eléctricos se explica por el aumento de un 25% en el peso de los trenes arrastrados. Pero como el tráfico es intermitente, deben tomarse en cuenta sus fluctuaciones, y en consecuencia, se ha previsto un máximo de seis trenes diarios en cada dirección, como base para confeccionar el presupuesto del costo de primera instalación.

Para explotar el servicio eléctrico entre Zanjón Amarillo y Los Andes, con una

inversión reducida de capital en locomotoras, la solución mejor, más lógica y más económica consiste en pasar con las locomotoras, sin cambiarlas en Las Cuevas, Zanjón Amarillo a Los Andes y vice-versa, puesto que un viaje redondo de 233 kilómetros puede efectuarse en doce horas. Además, si cada locomotora hace este viaje circular, sólo se necesitarían cuatro locomotoras en servicio por día, para las condiciones normales supuestas, y seis, para las máximas fluctuaciones. Este programa exige la adquisición de siete locomotoras, una de las cuales quedaría de reserva. De este modo cada locomotora en servicio efectuaría 49 000 trenes-kilómetros al año, lo que fácilmente puede ejecutar una locomotora eléctrica que trabaja en condiciones ventajosas de largos recorridos.

Todo lo anterior se refiere al proyecto de electrificar la línea entre Los Andes y Zanjón Amarillo. Es interesante preguntarse cuál sería la posición, si únicamente las secciones de cremallera chilena y argentina fueran electrificadas (v. gr. entre Río Blanco y Zanjón Amarillo), y se dejara la corta sección Los Andes-Río Blanco para ser explotada con locomoción a vapor, como en la actualidad.

Para obtener un movimiento de trenes como el descrito anteriormente, un mínimo de siete locomotoras eléctricas sería necesario, tanto en este caso, como en el caso de electrificar el trayecto completo entre Los Andes y Zanjón Amarillo. La razón es que un viaje circular podría hacerse en 10 horas en vez de 12 horas y sólo un viaje circular por locomotora en 24 horas sería siempre lo más que podría esperarse.

Las desventajas de limitar la electrificación únicamente a las secciones de cremallera, con respecto al empleo de tracción eléctrica en el trayecto completo de Los Andes a Zanjón Amarillo, serían muchas y entre las más importantes las siguientes:

La economía de tiempo, con locomoción a vapor entre Los Andes y Río Blanco y tracción eléctrica entre Río Blanco y Zanjón Amarillo, en el recorrido de trenes de pasajeros sería sólo de una hora y cuarto, en lugar de la hora y media economizada con la electrificación completa de la sección chilena.

De todo lo precedente se deduce con evidencia, que el Ferrocarril sólo podrá obtener plenos beneficios de la electrificación, si adopta la tracción eléctrica de Los Andes a Zanjón Amarillo, y emplea las locomotoras, entre estos dos terminales, sin efectuar cambio de locomotora en Las Cuevas.

III. SUMINISTRO DE ENERGÍA

La energía, para la explotación del Ferrocarril será suministrada por la Cía. Chilena de Electricidad Limitada, de sus centrales hidroeléctricas. Esta Compañía es, en la actualidad, la que provee de fuerza motriz a las líneas electrificadas de los Ferrocarriles del Estado Chileno.

Las principales condiciones contempladas en el contrato son las siguientes:

La energía será recibida por el Ferrocarril Transandino en Los Andes, en forma de corriente trifásica a 42 000 Volts. de tensión y 50 períodos de frecuencia.

El Ferrocarril Transandino se hace cargo de la instalación y conservación de la línea de transmisión de alta tensión de Los Andes a sus diferentes sub-estaciones.

Duración del Contrato.—20 años.

Tarifas-Potencia.—\$ 100 oro chileno al año por K.W. de potencia máxima exigida.

Energía.—2,5 cents. oro chileno por K. W. H.

Pago mínimo garantido.—\$ 17 000 al mes.

Principio del Suministro.—No antes del 1.º de Febrero de 1926.

No después del 1.º de Agosto de 1926, excepto caso de fuerza mayor.

El Ferrocarril Transandino Chileno tendrá derecho a pedir a la Compañía de Fuerza Motriz, para poner a la disposición del Ferrocarril Transandino Argentino, toda la energía que necesite este último para electrificar sus líneas; pero, en caso que el Ferrocarril Argentino decida, en cualquier tiempo futuro, abastecer sus necesidades de fuentes de Fuerza Motriz ubicadas en la Argentina, la demanda máxima previamente establecida podrá ser reducida en un 33-1/3%.

Nota.—Como ya quedó establecido en el Párrafo II. "Consideraciones sobre el Tráfico", en cualquier momento que la Cía. Argentina desea suministro de su energía eléctrica de una Central de Fuerza Motriz en la República Argentina, las condiciones del contrato con la Cía. Chilena de Electricidad Limitada, automáticamente se lo permitirán.

IV. DETALLES TECNICOS

a) *Línea de Transmisión*

La energía será transmitida de Los Andes en líneas de propiedad de la Compañía a las diferentes sub-estaciones, de las cuales dos quedarán en Chile y la tercera en Argentina.

Las líneas aéreas de transmisión subirán por las cuencas de los ríos hacia el túnel de la Cumbre; la conexión entre las secciones aéreas chilena y argentina, se efectuará por medio de un cable doble tendido en el túnel de la Cumbre.

Las torres serán de celosía, galvanizadas y a propósito para soportar un doble circuito trifásico y un hilo de puesta a tierra.

Con respecto a tipo, resistencia, fundaciones, etc., todas las partes de la línea de transmisión serán dimensionadas de acuerdo con las desfavorables condiciones de nieve y tempestades de viento, temperaturas, altitudes, avalanchas y naturaleza del territorio atravesado, de modo que queden satisfechas las exigencias de mayor seguridad.

La luz media será alrededor de 190 metros.

Se consultarán torres ancladas cada dos kilómetros en el recorrido bajo de la línea y cada uno a uno y medio kilómetro en el recorrido alto, donde las cargas debidas al viento, hielo y nieve serán mucho más desfavorables.

Se adoptarán disposiciones especiales para proteger al público, contra posibles fracturas de los hilos de alta tensión.

b) *Sistema de Tracción*

En vista de la desfavorable conformación física del recorrido de la vía férrea, conveniencia de mantener bajo el peso de las locomotoras y naturaleza de la fuerza motriz suministrada, el sistema de tracción más conveniente, dadas las condiciones predominantes, es el de corriente continua a 3 000 volts de tensión.

Este mismo sistema de tracción es el usado en la actualidad en los Ferrocarriles del Estado de Chile, y por consiguiente facilitará la intercomunicación entre los respectivos terminales de la línea del Gobierno Chileno y de la del Ferrocarril Transandino, en Los Andes.

c) *Sub-Estaciones*

Para que la energía suministrada por la Cía. de Fuerza motriz puede ser utilizada en la tracción por corriente continua a 3 000 volts, es necesario, previamente, transformarla en corriente de menor voltaje y, en seguida, convertirla en corriente continua de 3 000 volts. Con este objeto tres sub-estaciones convertidoras serán instaladas, la primera en la estación de Vilcuya, la segunda en la estación de Portillo, ambas en territorio chileno, y la tercera en Punta Vacas en Argentina. La primera y tercera de ellas irán provistas cada una, con dos convertidores de 1 000 K. W. (uno de reserva). La potencia de la segunda sub-estación será de 3 000 K. W.

Las sub-estaciones serán convenientemente iluminadas y calefaccionadas, e irán equipadas con los cuadros de distribución de alta y baja tensión de uso corriente y aparatos de comando.

Los edificios serán de construcción de acero enrejado con muros y tejado de hormigón armado.

d) *Distribución Secundaria*

El sistema aéreo de conductores, para transmitir a las locomotoras la fuerza motriz generada en las sub-estaciones, será de la conocida suspensión catenaria.

El hilo de contacto de cobre, a través del cual las locomotoras recibirán la corriente, tendrá 107 mm² de sección transversal y en circunstancias normales quedará suspendido a 1,5 metros de altura sobre el nivel del riel. El cable de suspensión desempeñará el oficio de alimentador soportará al hilo de contacto en forma flexible y estará constituido por una sección de una aleación especial cuya conductividad es aproximadamente la misma que la del hilo del contacto.

El cable de suspensión irá colocado sobre aisladores de porcelana y estos últimos, en simple vía, dispuestos sobre una consola fijada sobre un poste de acero. En los túneles se adoptará una disposición especial para soportar el cable de suspensión.

Después de haber estudiado seriamente la cuestión de la clase de postes más convenientes, se decidió adoptar postes de acero por ser más a propósito para el caso presente. La posibilidad de adoptar postes de hormigón armado ha sido atentamente considerada, pero esta solución ha debido rechazarse en vista del peso excesivo de esta clase de postes, de la mayor área que presentan al choque de ro-

dados y avalanchas, de su mayor costo, y de las dificultades de su transporte y erección.

Todos los postes irán empotrados en su base en hormigón.

Se dispondrán brazos transversales adecuados para el alimentador negativo y líneas telefónicas del servicio eléctrico de comando.

El cable de suspensión y la línea de contacto principal irán anclados cada 1 600 metros.

El sistema catenario será seccionado en cada sub-estación, en cada estación de pasajeros, como también en unos pocos puntos intermedios y en cada extremo de los túneles prolongados.

En el empalme de los Ferrocarriles del Estado y del Transandino en Los Andes, se consultan aisladores de aire con interruptores apropiados.

e) *Eclisaje Eléctrico*

En cada juntura de rieles irá colocada una eclisa eléctrica de cobre de 107 m|m2 de sección transversal.

Eclisas transversales de sección conveniente se consultan cada 300 metros.

Donde se emplee un alimentador negativo, éste irá conectado a los rieles cada 300 metros.

No se consulta eclisaje eléctrico para las barras de cremallera, ni conectarlas eléctricamente a los rieles de la vía.

f) *Locomotoras*

El tipo pesado de locomotoras a vapor actualmente en uso, pesa a plena carga, 88 toneladas para el lado chileno y 95 tons. para el argentino. La carga máxima por eje es 13,1 para la locomotora chilena y 14 tons para la argentina, el peso transmitido por la bogie de las ruedas acopladas a la vía origina una presión media de 15 tons. por metro corrido en las locomotoras chilenas y de 17 a 18 tons. en las argentinas (véase Cuadro III). Estas cargas son francamente excesivas para rieles de 25 a 27 kgs. y espaciamiento normal de durmientes.

La distribución de la carga en las locomotoras eléctricas será mucho más favorable. El peso por eje quedará limitado a 12 tons., y la carga media sobre la vía por metro corrido, entre los puntos de apoyo de las ruedas acopladas extremas no excederá de 12 tons. La ventaja de tal reducción de peso consistirá en una consi-

derable reducción en los gastos de conservación, relacionados con la vía permanente.

El peso adherente total en los ejes motores de las locomotoras a vapor es de 50 tons. para las chilenas y 54 tons. para las argentinas. Esta cifra significa que el mecanismo de cremallera tiene que efectuar una proporción excesiva del trabajo, y que las presiones sobre los dientes de la cremallera y de los piñones, son altas. Con la locomotora eléctrica el peso adherente total, sobre los ejes motores, será alrededor de 70 a 72 tons., y, por esta causa, los esfuerzos en la cremallera serán menores que lo que han sido hasta ahora, a pesar de ser el peso de trenes arrastrados de 150 tons. en vez de 120 tons. como es el caso con tracción a vapor.

Los pesos de los trenes arrastrados y los tiempos de recorrido ya han sido consignados en las páginas precedentes.

Cada locomotora irá equipada con seis motores, cuatro de los cuales accionarán los ejes motores y dos los piñones de la cremallera. Sobre las secciones de adherencia, los cuatro motores de adherencia irán conectados por pares en el circuito de 3 000 volts, disposición que les permitirá desarrollar alrededor de 30 a 35 kms., por hora de velocidad media. Sobre rampas de cremallera los cuatro motores de adherencia irán intercalados en serie en el circuito de 3 000 volts., como también los dos motores de cremallera. Así conectados la velocidad característica de la locomotora será alrededor de 15|16 kms. por hora velocidad tomada en cuenta en el cálculo de los tiempos de recorrido. Este método de maniobra conducirá a una demanda muy uniforme de fuerza motriz para la propulsión de los trenes a pesar de la gran diferencia en la inclinación de las rampas. Esto parece evidente si se considera que la potencia en el producto de la velocidad por el esfuerzo y que por consiguiente, la potencia requerida en secciones de adherencia de 2,5% de rampa máxima a 32 Kms. por hora, es aproximadamente equivalente a la necesaria para correr a 16 kms. por hora, en rampas de 6% tomadas en cuenta las resistencias opuestas por la fricción y las curvas.

Los ejes motores de cada bogie irán acoplados mecánicamente entre sí y cada motor de cremallera irá acoplado a su respectivo piñón de cremallera.

Ninguna cúpula mecánica ligará los motores de adherencia a los de cremallera.

Los motores de cremallera irán provistos de un dispositivo de sincronización que permitirá a la locomotora pasar de las secciones de adherencia a las de cremallera, sin dar lugar a choques.

El esfuerzo de tracción necesario en secciones de cremallera colocado el coman-

do del motor en posición normal, quedará repartido por iguales partes entre los motores de adherencia y los de cremallera.

En pendientes los motores funcionarán como generadores y se desempeñarán como frenos.

Con el objeto de suministrar energía a baja tensión para el circuito de comando motores del ventilador y compresor alumbrado y calefacción de las cabinas de los maquinistas, se consulta un grupo motorgenerador compuesto de un motor de corriente continua de 3 000 volts y un dinamo de baja tensión.

La locomotora irá provista de dos compresores de aire.

El interior de la locomotora como las cabinas e instrumentos irán alumbrados en forma eficiente.

En cada extremo de la cabina cerca del techo y convenientemente protegido contra las heladas un reflector de foco regulable irá colocado de manera que quede a mano del maquinista y pueda ser maniobrado con facilidad.

Se ha prestado especial atención a la cuestión frenaje pues, como se sabe, este detalle es de excesiva importancia, en una línea de las características del Ferrocarril Transandino.

Los vagones están provistos de freno directo y automático Westinghouse y por consiguiente llevan doble tubería La presión total en los tacos del freno es equivalente al 75% del peso total de los vagones Cada vagón está equipado con cilindros de 6" y de 8"; el más pequeño se usa con los vagones vacíos (10 tons.); el de 8" cuando a media carga (20 tons.) y ambos cuando totalmente cargados a 30 tons.

Las locomotoras eléctricas irán provistas de equipo adecuado para:

1) *Freno de Aire*.—Freno de aire, tanto directo como automático, para ruedas de adherencia que pueda trabajar ya sea independientemente o en combinación con el freno de aire Westinghouse de los vagones.

Sólo se consulta freno de aire directo en el tambor del eje del piñón de cremallera

2) *Freno eléctrico* por medio de los motores de adherencia y de los motores de cremallera.

3) *Freno de mano potente* accionado a través de un tornillo y aplicable tanto a las ruedas de adherencia de la locomotora, como al tambor de la cremallera.

El equipo de freno de aire directo podrá aplicarse a las ruedas de adherencia de la locomotora y del convoy en casos de retardación normal pero podrá también recurrirse a él para mantener el pleno gobierno de la velocidad del tren en cualquier pendiente, ya sea de cremallera o de adherencia y así asistir al equipo de frenaje eléctrico en mantener constante la velocidad del tren en su marcha descendente.

Los frenos de aire directos en el tambor del eje de la cremallera se consultan para ser usados únicamente en casos de emergencia y no en circunstancias normales como frenaje por tiempo prolongado. El comando de estos frenos se hará manualmente por medio de palancas y válvulas independientes.

El frenaje eléctrico será usado para mantener el tren en las pendientes dentro de los límites de velocidad permitida. En las pendientes donde el esfuerzo de frenaje requerido para mantener el tren a velocidad conveniente exceda a la capacidad del esfuerzo de frenaje ejercido por el equipo motor se aplicará el freno directo de aire en las ruedas de adherencia de la locomotora y del convoy para salvar esta deficiencia.

La capacidad del sistema de freno de aire aplicado a todas las ruedas de la locomotora, con 50 lbs. por pulgada cuadrada ($3,5 \text{ kg/cm}^2$) en los cilindros del freno, alcanzará, en los tacos de freno combinados a una presión total equivalente al 90% del peso de la locomotora.

Para el suministro normal de aire se consultan dos motores acoplados a compresores de aire, y a lo menos una provisión de 50 pies cúbicos (1 400 litros) de aire a 100 lbs. de presión (7 kg/cm^2) por locomotora. La disposición y comando de los compresores se hará de manera que, cada uno por separado o ambos en conjunto puedan operar en servicio.

Si en una pendiente se llegara a perder el comando del tren, un dispositivo automático limitador de velocidad, regulable para velocidades comprendidas entre 18 y 25 Kms. por hora, entraría en acción, en forma rápida y sencilla, para causar una aplicación a fondo del freno de aire, tanto en las ruedas adherentes de la locomotora, como en las del tren. El comando del regulador de velocidad será operado mecánicamente y manejado desde los ejes del piñón de cremallera.

Cada locomotora irá equipada con dos colectores pantógrafos de corriente, levantados, cada uno por separado, por cilindros de aire comprimido e inclinados por sola acción de la gravedad. Una bomba de aire a mano apropiada, se consulta para levantar los pantógrafos, en caso que la presión normal del aire fallara.

En una de las cabinas irá montado un indicador registrador Hasler y en la otra instrumentos indicadores no registradores.

Los instrumentos irán provistos de un mecanismo de relojería para indicar y registrar el tiempo, y contadores para indicar el kilometraje total recorrido, como también los kilómetros recorridos por viaje.

Eyectores de arena automáticos, operados desde cada una de las cabinas de

los maquinistas, arrojarán arena debajo de las ruedas de cada bogie motriz y también de las ruedas guías.

Un silbato de aire comprimido, eficiente en todo sentido, irá instalado en cada extremo de la locomotora y su válvula de comando quedará a fácil alcance del maquinista.

Se consultan pararrayos apropiados para proteger eficazmente todos los aparatos.

V. COSTO DE PRIMERA INSTALACIÓN

El presupuesto del costo de primera instalación, para la electrificación de la sección chilena del Ferrocarril Trasandino, depende de dos factores, a saber:

- 1) Si se hace o no la electrificación entre La Frontera y Zanjón Amarillo.
- 2) Si se decide electrificar la sección argentina, la Compañía respectiva contribuirá con una parte del costo de Primera Instalación por el uso común de la línea de transmisión desde Los Andes y de la sub-estación de Portillo (Chile), y además con una parte proporcional del costo de las locomotoras.

Costo de Primera Instalación de la Electrificación

	Basado en que la sección Argentina sea electrificada		Basado en que la sección Argentina no sea electrificada	
	I	II	III	IV
Sección Chilena por electrificar	Los Andes Frontera	Río Blanco Frontera	Los Andes Las Cuevas	Río Blanco Las Cuevas
Número de Locomotoras correspondientes a la Cía. Chilena...	4	3	7	5
a) Línea de transmisión..... £	34 220	34 220	45 630	45 630
b) Línea de contacto y eclisaje eléctrico	82 950	42 850	88 200	48 100
c) Sub-estaciones	60 000	37 500	60 000	45 000
d) Locomotoras.....	100 000	75 000	175 000	125 000
e) Varios.....	26 500	16 900	32 000	24 000
Total £.	303 670	206 470	400 830	287 730

Las Columnas I y II se basan en la supresión del cambio de locomotoras en Las Cúevas.

En la Columna I se presume que la Cía. Argentina ha pagado a la Chilena: $\frac{1}{4}$ del costo de la línea de transmisión entre Los Andes y la Sub-estación Portillo.

$\frac{1}{3}$ del costo de la Sub-estación de Portillo.

que el costo total de locomotoras necesarias, se ha repartido proporcionalmente al kilometraje por electrificar.

En la Columna II se presume que la Cía. Argentina ha pagado a la Chilena $\frac{1}{4}$ del costo de la línea de transmisión entre Los Andes y Portillo.

El costo de las dos Sub-estaciones, la una en Chile y la otra en Argentina, se supone dividido por iguales partes entre las dos Cías.

Siete locomotoras siempre son necesarias y la cuota de su costo, correspondiente a cada Cía., se basa de nuevo en el kilometraje electrificado en el territorio de cada una de ellas.

CUADRO IV

El Cuadro IV indica las diferencias en el Costo de Primera Instalación a que da lugar la variabilidad de los factores mencionados. El cálculo del costo de primera instalación se basa en un tráfico medio de cuatro trenes diarios y uno máximo de seis en cada dirección, como fué discutido en el Capítulo II, "Consideraciones sobre el Tráfico".

De este Cuadro se deduce con evidencia que la inversión de capital varía considerablemente, según sean las diferentes suposiciones que puedan hacerse.

La columna I supone que la sección del Ferrocarril entre Los Andes y Zanjón Amarillo será electrificada y los trenes arrastrados sin cambio de locomotora entre estos dos puntos. Para realizar esto último se necesita un total de siete locomotoras cuyo costo de adquisición se dividirá de acuerdo con el número de kilómetros de plena vía electrificados en el territorio de cada una de las Compañías.

Además, como la energía para el lado argentino tendrá que transmitirse a través de las líneas chilenas, y que una parte del suministro de energía, para las locomotoras en marcha en territorio argentino, será hecho desde la última sub-estación chilena de Portillo, se ha pensado que sería una justa contribución de la Compañía Argentina en las inversiones chilenas, el pago de una cuarta parte del costo de la línea de transmisión chilena a Portillo (£ 11 407), y una tercera parte del costo de la sub-estación de Portillo (£ 15 000).

La columna II supone que sólo la línea entre Río Blanco y Zanjón Amarillo se electrifica y que el servicio entre Los Andes y Río Blanco continúa por tracción a vapor. En este caso sólo serían necesarias dos sub-estaciones: una en Portillo (Chile) y la otra en Punta Vacas (Argentina). De nuevo se cuenta con que la Compañía Argentina pagará un cuarto del costo de la línea de transmisión hasta Portillo, y la mitad del costo combinado de las dos sub-estaciones. La inversión "locomotoras" se ha repartido con el mismo criterio que en el caso I, es decir, aproximadamente en razón al kilometraje electrificado.

Las columnas III y IV suponen:

- a) Que la sección Argentina más allá de Las Cuevas no se electrifica, y
- b) Que para arrastrar los trenes chilenos a Las Cuevas como es la actualidad, la Compañía chilena tendría que afrontar el gasto de instalaciones aéreas de La Frontera a Las Cuevas.

El monto de capital disponible para la electrificación en Chile es alrededor de £ 225 000. De los Costos de Primera Instalación indicados en el Cuadro IV, se deduce que esta suma sólo alcanzaría a cubrir la cuota chilena de los gastos de electrificación entre Río Blanco y Zanjón Amarillo (II), en la suposición que la Compañía Argentina aceptara pagar la parte proporcional, a que se ha hecho referencia antes, por uso común de las líneas de transmisión y sub-estaciones chilenas.

VI. ECONOMÍAS EN LA EXPLOTACIÓN

Las partidas de gastos de explotación actuales, bajo el régimen de locomoción a vapor, las cuales quedarían sustancialmente modificadas por la adopción de la tracción eléctrica, son las siguientes por orden de importancia:

- 1) Combustible.
- 2) Reparaciones y conservación de locomotoras.

- 3) Conservación de la vía permanente,
- 4) Personal de trenes y gastos de tracción.

Bajo el régimen de locomoción la primera de estas partidas desaparece.

La conservación y reparación de las locomotoras a vapor, en especial en un servicio de montaña y particularmente para trabajo en cremallera, es por regla general muy elevado en todos los ferrocarriles a vapor, y el Ferrocarril Transandino no es una excepción. En comparación, como es bien sabido, los gastos de conservación de una locomotora eléctrica sólo representan una pequeña fracción de los gastos en locomotoras a vapor.

Con respecto a la conservación de la vía permanente indudablemente se conseguirá en esta partida una economía apreciable con la electrificación, debida a la notable reducción en el peso por eje de las locomotoras, en la carga sobre la vía, y en el esfuerzo ejercido sobre las barras de la cremallera, como ya se ha explicado en las páginas anteriores.

Algunas economías será posible obtener en el personal de trenes y gastos de tracción, pero ellas serán relativamente reducidas.

La electrificación introducirá nuevas partidas de gastos, que deben restarse a las economías mencionadas arriba, para obtener las utilidades netas derivadas de la electrificación.

Estas nuevas partidas son:

- 5) Potencia y energía eléctricas.
- 6) Personal de electricistas requerido para vigilancia, inspección y sub-estaciones.
- 7) Conservación de líneas de transmisión y sub-estaciones.

Sobre el monto de las economías líquidas de explotación a su vez influyen las siguientes consideraciones:

- a) Si la sección Argentina es electrificada o no.
- b) Si se electrifica la totalidad o sólo parte de la sección chilena.

Los cálculos de las economías de explotación para las diversas circunstancias que pueden presentarse se encuentran detallados en el Cuadro V.

CUADRO V

Gastos de Explotación y Economías Comparadas, Sección Chilena

SECCIÓN CHILENA POR ELECTRIFICAR	BASADA EN QUE LA SECCIÓN ARGENTINA SEA ELECTRIFICADA				BASADA EN QUE LA SECCIÓN ARGENTINA NO SEA ELECTRIFICADA			
	I. Los Andes—La Frontera		II Río Blanco—La Frontera		III Los Andes Las Cuevas		IV Río Blanco—Las Cuevas	
Término medio de trenes por día en cada dirección	(a) 2.° vapor 1.7 Eléc.	(b) 5.° Vapo 4.° Eléc.	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Número de trenes eléctricos ascendentes simultáneos	2	3	2	3	2	2	2	2
a) <i>Economías obtenidas con la Electrificación</i>								
1) Vía Permanente..	5 000	9 000	3 700	8 300				
2) Conservación y reparación de locomotoras	11 130	26 900	7 330	17 370				
3) Carbón a 70.- por tonelada.....	23 000	52 500	17 500	40 000				
4) Personal de trenes y gastos de tracción.....	1 850	4 050	— 550	—1 200				
	40 980	92 450	27 980	64 470	42 500	96 000	29 700	68 000
b) <i>Gastos Adicionales por Servicio Eléctrico</i>								
5) Potencia y energía eléctricas.....	12 500	22 850	11 250	19 900	20 900	27 500	19 400	24 300
6) Personal.....	3 000	4 000	2 000	2 500	4 000	5 500	3 000	3 500
7) Conservación de líneas y sub-estaciones.....	3 200	3 500	3 000	3 200	3 500	4 000	3 200	3 500
	18 700	30 350	16 250	25 600	28 400	37 000	25 600	31 300
c) <i>Economías líquidas Anuales</i>								
Con carbón a 70.- por ton.....	£ 22 280	62 100	11 730	38 870	14 100	59 000	4 100	36 700
Con carbón a 80.- por ton.....	£ 25 580	69 600	14 230	44 620	17 500	66 700	6 750	42 700

Adviértase que bajo cada una de los encabezamientos principales marcados I, II, III y IV, aparecen dos columnas.

La primera columna (a) indica las economías que podrían efectuarse si con servicio eléctrico, el tráfico se mantuviera igual al actual bajo el régimen de locomoción a vapor. Este tráfico, como se explicó antes, no refleja la potencialidad del sistema, una vez removidos los diversos inconvenientes que ahora estorban la explotación de la línea.

La segunda columna (b) indica la cifra de economías en la hipótesis de un incremento de tráfico que no puede dejar de realizarse, una vez concluidas las defensas contra la nieve y la electrificación.

La comparación de los gastos relativos a consumo de potencia y de energía del Cuadro V debe hacerse considerando, que si la sección Argentina es electrificada, los gastos de consumo de potencia se presumen divididos por iguales partes entre los lados argentino y chileno, pero en lo que se refiere al gasto de consumo de energía, a cada entidad se le atribuye la energía consumida en su propio territorio. En el supuesto que la sección Argentina no sea electrificada los gastos correspondientes a potencia y energía son más elevados, hecho cuya explicación se encuentra en que, en tal caso, la sección chilena, tendría que soportar el pago íntegro del consumo de potencia.

Para las economías líquidas, en el Cuadro V, se dan dos valores cuyo cálculo se basa en precios diferentes por tonelada de combustible. Hasta la fecha el precio del carbón ha tenido variaciones muy amplias de 65/- a 100/- por ton. En las condiciones actuales de precios favorables, 70/- sería tal vez una cifra aceptable, pero como un término medio, me parece que 80/- debe adoptarse y la comparación definitiva de las economías basarse en las cifras correspondientes del Cuadro V.

VII. CONCLUSIONES

Para formarse una idea clara del procedimiento que debe adoptarse para la electrificación, es necesario considerar la inversión de capital, las economías y las utilidades.

Con este objeto se ha confeccionado el Cuadro VI que indica, tanto el costo de primera instalación como las economías para diversas hipótesis de electrificación a tráfico.

Resumen de Costos de Primera Instalación y de Economías de Explotación

	Basado en un Servicio de 4 trenes eléctricos (= 5 de vapor)				Basada en las condiciones actuales de Servicio 1.7 trenes eléctricos = 2.0 de vapor	
	Término medio por día					
	Capital invertido	Economías anuales sobre la tracción a vapor		% economizado Sobre Capital invertido	Economías anuales Sobre la tracción a vapor	
	£'s	£'s		%	£'s	
<i>Basado en la electrificación de la sección Argentina</i>			gasto de carbón por ton.			gasto de carbón por ton.
I. Los Andes a la Frontera.	303 670	62 100 69 600	70.- 80.-	20,4 22,9	22 280 25 580	70.- 80.-
II. Río Blanco a la Frontera.....	206 470	38 807 44 620	70.- 80.-	18,8 22,3	11 730 14 230	70.- 80.-
<i>Basado en la no electrificación de la sección Argentina</i>						
III. Los Andes a Las Cuevas	400 830	59 000 66 700	70.- 80.-	14,7 16,7	14 100 17 500	70.- 80.-
IV. Río Blanco a Las Cuevas.....	287 730	36 700 42 700	70.- 80.-	12,7 14,8	4 100 6 750	70.- 80.-

CUADRO VI

Es de percepción inmediata que hay una gran diferencia en lo que se refiere tanto a costo de primera instalación como a economías, según sea la suposición que se haga respecto a la electrificación de la sección Argentina.

Desde un punto de vista comercial, toda clase de motivos aconsejan la electrificación a la Compañía Argentina, pues las economías en la explotación constituyen una retribución tan favorable de su cuota en los gastos de primera instalación que ampliamente justifica el ser tal resolución tomada.

Fuera de la consideración anterior, la Compañía Argentina dará sin lugar a duda, la debida importancia a la política de cooperación con la Compañía Chilena para hacer del Ferrocarril Transandino una próspera arteria de comunicaciones internacionales.

Basada en lo anterior, la Compañía Chilena sólo tendrá que considerar si serán adoptadas las alternativas I o II del Cuadro VI.

La Compañía Chilena tiene en la actualidad disponible la suma de £ 225 000, la que sería suficiente para electrificar su sistema ferroviario entre Río Blanco y La Frontera, en el supuesto que la Compañía Argentina acceda a contribuir a la inversión de capital con una cuota por uso común de instalaciones fijas y locomotoras, como quedó insinuado en el Capítulo V "Costo de primera instalación".

En la última parte del Capítulo II, "Consideraciones sobre el Tráfico", se han señalado en detalle, las desventajas de limitar la electrificación a la sección Río Blanco-La Frontera. Además, del Cuadro VI, se deduce con evidencia que una inversión adicional de 100 000 libras esterlinas para equipar toda la sección Chilena, haría posible, a lo menos, un aumento en las economías de unas £ 24 000.

Las £ 303 670 necesarias para electrificar la zona Chilena completa, superan a las £ 225 000 disponibles, en más o menos, £ 79 000, pero esta mayor inversión aseguraría un interés anual de 24%, cifra por demás halagadora.

Por todo lo anterior, me encuentro en situación de repetir, sin temor de equivocarme, que la Cía. del Ferrocarril Transandino sólo podrá obtener la totalidad de las ventajas posibles, y el público los mayores beneficios, en el caso que la zona Argentina sea electrificada y que la Cía. Chilena se decida a invertir £ 79 000 más, para electrificar su línea de Los Andes a La Frontera.

FERRO CARRIL TRASANDINO.

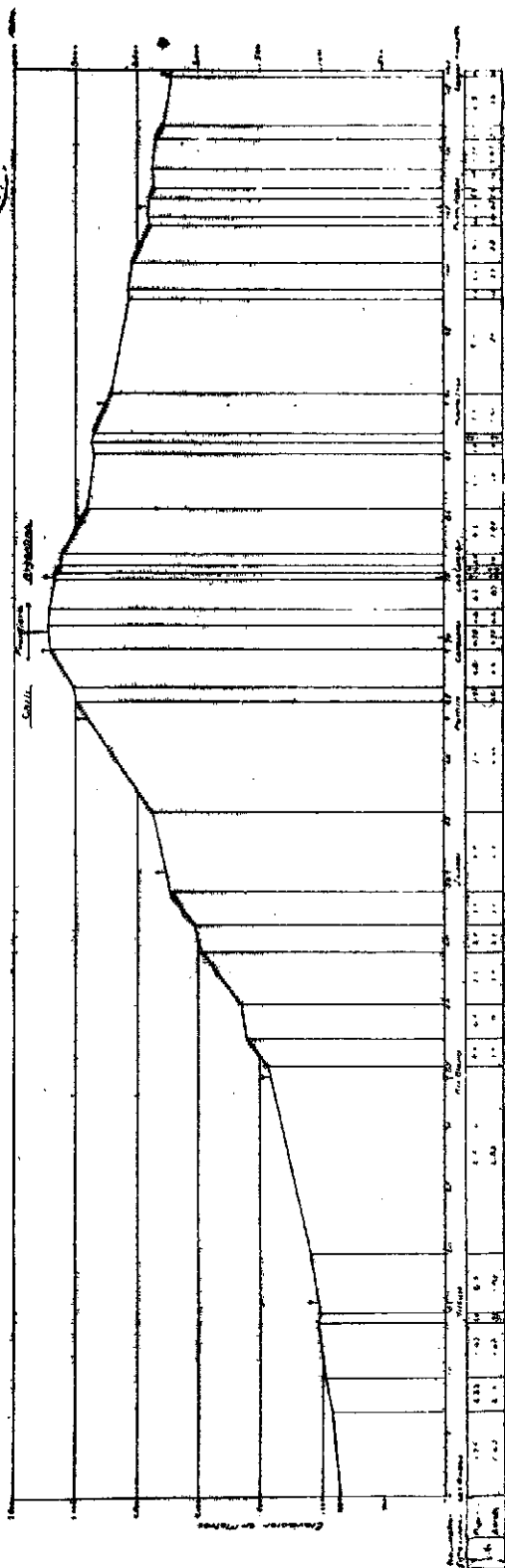
Page No. 74



PERFIL CONDENSADO

SIGMA LOS ANGELES **MARY ZANON AMARILLO**

editors & contributors



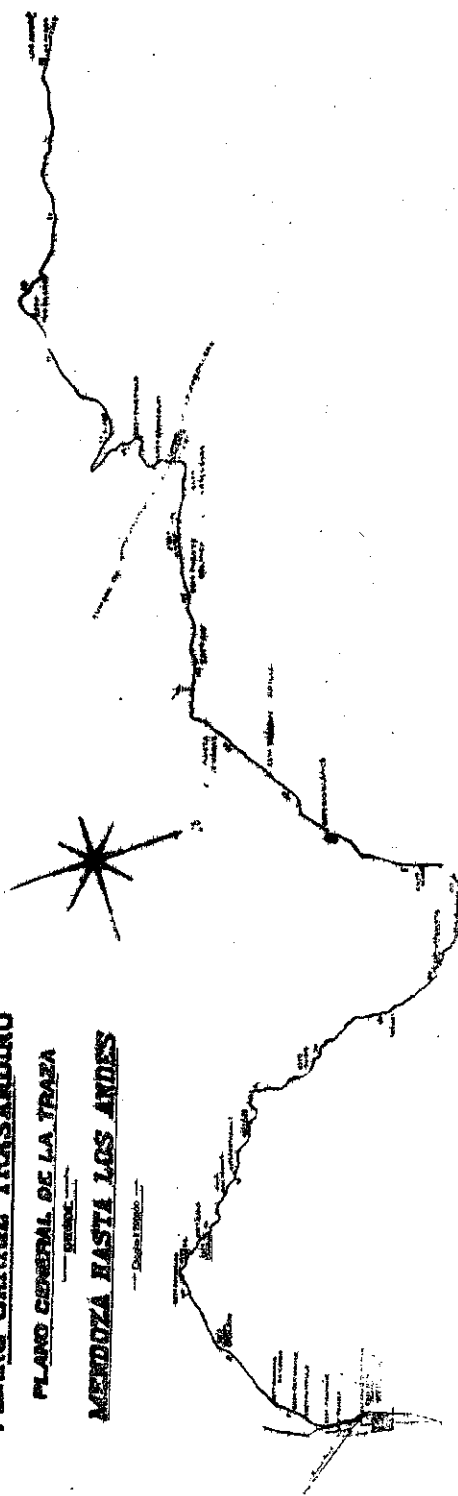
FERRO-CARRIL TRASANDINO

PLANO GENERAL DE LA TRAZA

— SEÑAL —

MENDOZA HASTA LOS ANDES

— DISTRITO —



ITINERARIO GRAFICO — SERVICIO ELECTRICO

