
ANALES

DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Sucesor

De la:

«SOCIEDAD DE INGENIERIA»

Fundada el 31 de Mayo de 1888

Y del:

«INSTITUTO DE INGENIEROS»

Fundado el 28 de Octubre de 1888

Con Personalidad Jurídica desde el 28 de Diciembre de 1900

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

AÑO LXII

JULIO - AGOSTO DE 1949

N.ºs 7 - 8

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

Ing. Fernando Gualda P.

Ing. Fernando Palma R.

Electrificación de las secciones Santiago Cartagena y Santiago-Chillán de los Ferrocarriles del Estado

I. SITUACIÓN ACTUAL DEL PODER DE TRACCIÓN

Desde hace ya algunos años la Empresa ha hecho presente que su dotación de locomotoras, o sea, su poder de tracción no ha aumentado en la proporción necesaria para hacer frente a los constantes incrementos del tráfico ni se han podido efectuar las renovaciones indispensables de locomotoras que tienen treinta o más años de servicios y que desde todo punto de vista conviene dar de baja.

Esta situación se ha agudizado de año en año y a la fecha es indispensable para evitar un verdadero colapso de nuestro principal sistema de transporte, adoptar medidas inmediatas que conduzcan a resolver el problema en forma definitiva.

II. POSIBLES SOLUCIONES PARA SUBSANAR LA ESCASEZ DE LOCOMOTORAS

Para resolver la situación de escasez de locomotoras cabe estudiar la adquisición de tres tipos diferentes, a saber:

- 1.—Locomotoras a vapor.
- 2.—Locomotoras diesel-eléctricas.
- 3.—Locomotoras eléctricas, o sea, electrificación de parte de la Red Sur.

Diversos estudios realizados por la Empresa y otro por la firma de Ingenieros Consultores de Estados Unidos «Gibbs & Hill», a pedido del Banco Internacional, concuerdan en recomendar la tercera solución, o sea, la electrificación de parte de la Red Sur.

A continuación se analizan brevemente las principales ventajas e inconvenientes de las diversas soluciones, cuyo detalle se expone en este memorándum.

1.—*Servicio a vapor.*

A su favor obra el menor costo de la inversión inicial necesaria, pero representa las siguientes desventajas:

a) Gastos de explotación altos, provenientes del elevado precio del carbón en nuestro país, del subido costo de conservación de este tipo de locomotoras y de su bajo rendimiento (6%). En estas condiciones no cabría esperar para el futuro ninguna disminución en los costos de transportes, que afectan directamente a las tarifas.

b) No representa ningún mejoramiento respecto a las condiciones actuales de velocidades, pesos de trenes, congestión de vías, etc.

c) Menor facilidad para mejorar el servicio de pasajeros, por medio de trenes frecuentes y rápidos (automotores, por ejemplo), que permitan ofrecer un mejor servicio al público.

2.—*Locomotoras diesel-eléctricas*

La inversión inicial es apreciablemente mayor que con locomotoras a vapor y sólo algo inferior a la electrificación.

Los gastos de explotación son inferiores al servicio a vapor y superiores al servicio eléctrico.

Presenta, sin embargo, las siguientes desventajas:

a) Empleo de petróleo diesel como combustible, lo que significa una fuerte salida de divisas.

Debe tenerse presente nuestra falta actual de petróleo y la necesidad de mantener nuestras reservas nacionales, ya que los descubrimientos en Tierra del Fuego, aunque ofrecen buenas perspectivas son hasta el momento reducidos.

b) Gastos de conservación y renovación del equipo muy altos, los cuales deben efectuarse en gran parte en moneda extranjera para la adquisición de repuestos, como consecuencia de la corta vida de este tipo de motores y de las muchas piezas de precisión y de fabricación especial que requieren.

c) Falta de suficiente personal especializado e idóneo para la atención de la cantidad de locomotoras que se precisarían, lo cual obligaría seguramente a contratar técnicos extranjeros.

3.—*Electrificación*

Representa la mayor inversión inicial, sin embargo, las grandes ventajas que significan la compensan ampliamente.

Pueden indicarse las siguientes razones principales a favor de este sistema:

a) Menores gastos de explotación, inferiores aun a la solución «diesel-eléctrica», lo que asegura una buena rentabilidad al capital invertido, de un 17%

total respecto al costo de la electrificación, rentabilidad que aumentará en los años futuros junto con el incremento del tráfico, a cifras muy superiores. Si se acepta que el interés y la amortización media alcancen a un 8%, queda un margen de 9% mínimo, libre como utilidad neta de la inversión.

b) Mejoramiento general de la explotación: itinerarios más cortos por la mayor velocidad, mayor peso de los trenes, lo cual se traducirá en un servicio más eficiente y que permitirá hacer frente en el futuro al incremento del tráfico, con inversiones relativamente reducidas.

c) Se facilita la instalación de modernos sistemas de señalización, indispensables para la seguridad del servicio y conducentes a una fuerte reducción del personal al disponer de líneas de energía eléctrica a lo largo del ferrocarril.

d) Quedarían disponibles, para su utilización en la Zona Sur, un número apreciable de locomotoras a vapor modernas que serían suficientes para cubrir las necesidades de nuevas locomotoras a vapor por diez años a lo menos.

e) La electrificación de los Ferrocarriles con su consumo de energía eléctrica, repartido durante las 24 horas del día, permite mejorar el factor de carga y por consiguiente la rentabilidad de las inversiones en el sistema de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA).

f) Dejará libre 290.000 toneladas de carbón anuales, que podrán utilizarse en la industria Siderúrgica de San Vicente (CAP) y otras industrias y permitirá, además, economizar nuestras reservas de carbón.

Esta cifra corresponde al año medio del estudio que es 1955.

III. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE ELECTRIFICACIÓN

Se consulta electrificar las líneas de Santiago a Chillán, Santiago a Cartagena y el ramal de Paine a Talagante, con un total de más o menos 900 kilómetros de vía principal y desvíos.

Dada la magnitud del trabajo por ejecutar, conviene realizarlo en dos etapas: En la primera, se incluirían las líneas: Santiago-Cartagena, ramal de Paine a Talagante y Santiago a San Fernando. La segunda etapa abarcaría la línea central desde San Fernando hasta Chillán. La puesta en servicio de los sectores correspondientes a la primera etapa podría hacerse dentro de tres a cuatro años. Debe dejarse en claro que la electrificación no deberá detenerse en San Fernando, pues ello originaría dificultades muy grandes de explotación debiendo continuarse inmediatamente con la realización del proyecto hasta Chillán.

Esta segunda etapa demoraría dos años más.

Las inversiones necesarias alcanzan aproximadamente a las siguientes cifras:

Inversión	1.ª Etapa	2.ª Etapa
En el extranjero.....	US\$ 23.000.000.00	US\$ 11.000.000.00
En el país.....	\$m/l. 160.000.000.00	\$m/l. 160.000.000.00

En las inversiones anteriores se incluye el siguiente equipo:

	1.ª Etapa	2.ª Etapa
Locomotoras eléctricas de 210 tons.....	17	9
Locomotoras eléctricas de 100 tons.....	23	5
Locomotoras eléctricas de 70 tons.	11	7
Automotores eléctricos	11	—
Subestaciones 2×3.000 Kw.....	4	—
Subestaciones 2×2.000 Kw.....	4	7
Material de señalización.....	50%	50%

NOTA: El costo en moneda corriente en la 1.ª Etapa incluye Talleres y Casa de Máquinas provisoria de vapor en San Fernando y el de la 2.ª Etapa incluye Casa de Máquinas para Locomotoras Eléctricas, definitiva en Chillán.

IV. ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Un problema que se presenta al realizar la electrificación es el aprovisionamiento de la energía eléctrica necesaria. Como se ha indicado, la puesta en explotación del servicio hasta San Fernando y Cartagena demoraría tres a cuatro años. Para esa fecha se necesitaría, en caso de electrificarse totalmente estos sectores una potencia 9.000 Kw. con un consumo de energía de 45.000.000 Kwh. anuales. El consumo en los años intermedios sería proporcionalmente menor ya que irían entregándose al servicio los diversos sectores en forma escalonada. Igualmente irían quedando disponibles las locomotoras a vapor correspondientes.

La planta hidroeléctrica de «Cipreses» de la ENDESA estará terminada en unos cuatro años más, de modo que la electrificación a San Fernando quedaría realizada antes de la terminación de dicha planta. Para esa fecha, si se realiza la electrificación deberá estar ampliada la Central «Cipreses» en dos unidades más de 30.000 Kw. c|u., o bien, Cipreses en una unidad y realizada la Central Isla, aguas abajo de Cipreses, lo cual aumentaría la capacidad del sistema eléctrico en 60.000 Kw. con una inversión suplementaria de tres millones de dólares. La inversión en pesos m|l. correspondiente en dicha Central, al instalar esta tercera y cuarta unidad es mínima, pues las obras civiles quedarán realizadas desde un comienzo para su potencia total de 120.000 Kw., como también el sistema eléctrico de transmisión. Algo similar se tendrá en el caso de la solución de la Central Isla.

Durante el período de la construcción de esta primera etapa no habrá consumos de energía eléctrica antes de dos años, plazo necesario para construir la línea de contacto e instalar las subestaciones de transformación y, por consiguiente, se puede contar para los consumos parciales de energía que se van a producir dentro de estos dos años y a los cuatro de término de la obra con los 30.000 Kw. de la segunda unidad de Laguna Verde y con la nueva unidad térmica de 40.000 Kw., o más, que la Compañía Chilena de Electricidad proyecta instalar en Laguna Verde o un punto vecino a Santiago.

V. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

1.—Tráfico futuro

Para la estimación de los gastos de explotación debe, previamente, calcularse el probable tráfico futuro en los sectores por electrificar.

Del estudio de las alternativas que el tráfico ferroviario ha presentado en Chile en estos últimos veinte años y del análisis del crecimiento de la población, de su desarrollo industrial y demás factores, se llega a la conclusión que puede preverse, para la zona por electrificar, un crecimiento vegetativo anual del tráfico de por lo menos un 3,5%.

La firma de Ingenieros Consultores del Banco Internacional «Gibbs & Hill», en su informe, llega también a esta cifra y considera que transcurrido un período de reajuste de las condiciones de postguerra, el crecimiento será constante a partir de 1950.

Para nuestro estudio comparativo de los gastos totales de explotación con unos y otros sistemas de tracción consideraremos como es usual en esta clase de proyectos, un período de diez años. De modo que se estudiarán las inversiones, gastos, etc., para el período 1950 a 1960.

Los gastos de explotación comparativos los referiremos todos al año medio, 1955.

Calculando en la forma ya explicada, con un crecimiento anual de 3,5 %, se llega a establecer que en 1955, en el sector por electrificar, Santiago-Cardena-Chillán se tendrá un tráfico total de:

3.053 millones de tons. Kms. brutas

Esta cifra corresponde aproximadamente a un tráfico 50% superior al tráfico medio en los años 1945 al 1947 en el sector considerado.

INVERSIONES EN EQUIPO E INSTALACIONES

2.—Tracción a vapor

a) Inversiones en moneda extranjera.

A continuación se indican las locomotoras a vapor que sería necesario adquirir en el período comprendido entre 1950 y 1960, detallando sus valores C.I.F. Valparaíso. Se indican también, más adelante, las inversiones necesarias en Señalización e Instalaciones.

Año 1950.—Locomotoras línea.

13 Locomotoras tipo 110, carga, a US\$ 160.950.00 c/u..	US\$ 2.092.350.00
11 Locomotoras tipo 100, servicio de pasajeros, a US\$ 155.400.00 c/u.....	1.709.400.00
6 Locomotoras similar tipo 70, a US\$ 114.330.00 c/u...	685.980.00
Total locomotoras línea.	US\$ 4.487.730.00

Locomotoras de patio

12 Locomotoras diesel eléctricas de 70 toneladas, a US\$ 88.800.00 c u.	US\$ 1.065.600.00
14 Locomotoras diesel eléctricas de 44 toneladas, a .. US\$ 57.720.00 c u.	808.080.00
Total locomotoras maniobras.....	<u>US\$ 1.873.680.00</u>

Años 1955 A 1960.

7 Locomotoras similares tipo 70, a US\$ 114.330.00 c u... US\$	800.310.00
12 locomotoras tipo 100, a US\$ 155.400.00 c u.....	1.864.800.00
9 locomotoras tipo 110, a US\$ 160.950.00 c u.....	1.448.550.00
Total locomotoras línea.....	<u>US\$ 4.113.660.00</u>

Inversiones en maquinarias, repuestos, elementos e instala- ciones en Casas de Máquinas y Talleres.....	US\$ 880.000.00
Mejoramiento en señalización.....	3.800.000.00

Total inversiones en moneda extranjera	<u>US\$ 15.155.070.00</u>
--	---------------------------

b) Inversiones en moneda legal

Jornales y materiales para instalaciones de señalización ... \$m /l.	25.000.000.00
Jornales y materiales para instalaciones y elementos Casas de Máquinas y Talleres.....	10.000.000.00
Total inversiones en moneda corriente.....	<u>35.000.000.00</u>

NOTA: A estas inversiones habría que agregar las correspondientes a coches de pasajeros que en este caso vendrían a substituir a los automotores consultados en otras soluciones.

Se estima este reemplazo en 40 coches de 1.^a clase con un valor total de US. \$ 4.800.000.00.

Sin embargo, no consideramos esta inversión en la comparación económica, la cual es desfavorable para la electrificación.

3.—Tracción eléctrica

a) Inversiones en moneda extranjera

Para el mismo período 1950 al 1960 se indican en el cuadro adjunto un detalle de las inversiones en locomotoras e instalaciones, en moneda extranjera.

En la primera etapa, estas inversiones alcanzan a.....	US\$ 22.870.000.00
y en ambas etapas se llega a un total de.	<u>33.800.000.00</u>

Inversiones en dólares para Tracción Eléctrica 1950 a 1960

D E T A L L E	PRECIO UNITARIO CIF. VALPARAISO	PRIMERA ETAPA		SEGUNDA ETAPA		T O T A L
		N.º	ALAMEDA-SAN FERNANDO- CARTAGENA VALOR	N.º	SAN FERNANDO - CHILLAN VALOR	
Locomotoras eléctricas de 210 tons.	320.000.00	17	5.440.000.00	9	2.880.000.00	8.320.000.00
Locomotoras eléctricas de 100 tons. B-B.....	190.000.00	23	4.370.000.00	5	950.000.00	5.320.000.00
Locomotoras eléctricas de manio- bras.....	111.000.00	11	1.221.000.00	7	777.000.00	1.998.000.00
Locomotoras diesel eléctricas de ma- niobras.....	88.800.00	6	532.800.00	—	—	532.800.00
Automotores servicio de pasajeros...	310.800.00	11	3.418.800.00	—	—	3.418.800.00
Subestaciones 6.000 Kw.....	450.000.00	4	1.800.000.00	—	—	1.800.000.00
Subestaciones 4.000 Kw.....	400.000.00	4	1.600.000.00	7	2.800.000.00	4.400.000.00
Control y Estaciones Seccionadoras	—	—	440.000.00	—	750.000.00	1.190.000.00
Instalaciones Casas de Máquinas...	—	—	930.000.00	—	400.000.00	1.330.000.00
Mejoramiento Señalización.....	—	—	1.865.000.00	—	1.935.000.00	3.800.000.00
Línea de Contacto y eclisaje.....	—	—	1.250.000.00	—	440.000.00	1.690.000.00
			22.867.600.00		10.932.000.00	33.799.600.00
			(22.870.000.00)		(10.930.000.00)	(33.800.000.00)

b) Inversiones en moneda legal

Las inversiones en el país, en moneda corriente, son las siguientes:

	1. ^a ETAPA \$ m/l.	2. ^a ETAPA \$ m/l.	TOTAL \$ m/l.
Líneas aéreas.....	113.260.000.00	88.800.000.00	202.060.000.00
Subestaciones.....	21.450.000.00	17.850.000.00	39.300.000.00
Señalización.....	13.000.000.00	12.000.000.00	25.000.000.00
Casas de Máquinas y Talleres.....	12.290.000.00	41.350.000.00	53.640.000.00
TOTAL.....	160.000.000.00	160.000.000.00	320.000.000.00

4.—Tracción diesel-eléctrica.

a) Inversión en moneda extranjera

Las locomotoras diesel-eléctricas a igualdad de potencia y demás características tienen prácticamente un valor doble de las locomotoras eléctricas, de modo que con suficiente precisión puede decirse que las inversiones en diesel serían:

Locomotoras línea y patios 2×15.638.000.00.....	US\$ 31.276.000.00
Locomotoras maniobras.....	532.800.00
Automotores.....	5.128.200.00

Inversiones en equipo rodante.....US\$ 36.937.000.00

Inversiones en maquinarias, repuestos, elementos e instalaciones en Casas de Maquinas y Talleres.....	US\$ 1.665.000.00
Mejoramiento señalización.....	3.800.000.00

Total inversión en moneda extranjera.....US\$ 42.402.000.00

b) Inversiones en moneda legal

Jornales y materiales para instalaciones de señalización\$ m/l	25.000.000.00
Jornales y materiales para instalaciones y edificios Casas de Máquinas y Talleres.....	25.000.000.00

Total inversiones en moneda corriente.....\$ m/l. 50.000.000.00

Resumen inversiones:

TRACCION A VAPOR	TRACCION ELECTRICA	TRACCION DIESEL- ELÉCTRICAS
Moneda extranjera:		
US \$ 15.155.070.00	US \$ 33.800.000.00	US \$ 42.402.000.00
Moneda legal:		
\$ m/l. 35.000.000.00	\$ m/l. 320.000.000.00	\$ m/l. 50.000.000.00

Las cifras anteriores concuerdan aproximadamente con las correspondientes en el informe «Gibbs & Hill».

5.—Gastos anuales de explotación*Tracción a vapor*

a) Consumo de carbón

Las estadísticas de consumo actual de carbón en el sector por electrificarse muestran que por cada tonelada de carbón consumido se transportan en promedio 10.500 toneladas Kms. brutas (se ha incluido en este consumo el correspondiente a las locomotoras de patios). De aquí que puede suponerse un consumo de carbón para atender el tráfico previsto de:

$$\frac{3.053.0000.000}{10.500} = 291.000 \text{ tons. anuales}$$

El precio actual de la tonelada de carbón puesta sobre ténder puede estimarse en promedio, en \$ 825.00.

Este precio se descompone como sigue:

Precio bordo Coronel.....	\$ 578.00
Flete marítimo hasta San Antonio	100.00
Desestiba, leyes sociales e impuestos	48.00
Costo en lancha San Antonio.....	\$ 726.00
Descargas, promedio fletes ferroviarios (al costo) y carguío a ténder	99.00
Costo medio total sobre ténder	\$ 825.00

El costo total anual de carbón será entonces:

$$291.000 \times 825 = \$ 240.075.000.00 \text{ m|l}$$

b) Consumo de agua

Por cada tonelada de carbón se consumen en promedio seis metros cúbicos de agua, cuyo costo medio es de \$ 2.00, por lo que el gasto anual será de:

$$291.000 \times 6 \times 2 = \$ 3.500.000.00 \text{ m|l.}$$

c) Conservación, reparaciones, lubricantes, etc.

Estos gastos son proporcionales al número de locomotoras-kilómetros.

Para el tráfico considerado corresponden:

$$6.889.180 \text{ loc. Kms.}$$

El costo actual por loc-Km. puede estimarse en \$ 14,00 m|l. con lo cual el gasto total es de:

$$\$ 96.448.520.00 \text{ m|l.}$$

d) Jornales del personal de tracción, gastos generales, etc.

Supondremos que estos gastos son iguales para las diversas soluciones y en consecuencia los eliminaremos de la comparación. En realidad, esta suposición afecta favorablemente a la tracción a vapor, pues, en ella, estos gastos son mayores que en las otras soluciones, con motivo de las modalidades de explotación existentes en la Empresa.

Resumen de los gastos de explotación con tracción a vapor

Carbón	\$ 240.075.000.00	m l.
Agua	3.500.000.00	m l.
Conservaciones, reparaciones y lubricantes	96.448.520.00	m l.
Total anual	\$ 340.023.520.00	m l.

*Tracción eléctrica**a) Consumo energía eléctrica*

Por comparación con la primera Zona, actualmente electrificada, y de diversos estudios puede estimarse un consumo en el sector por electrificarse de 45 wh. por ton-Km. bruta transportada, incluso servicio de patios. De este modo se llega a un consumo anual de:

$$45 \times 3.053.000.000 = 157.635.000.000 \text{ wh}$$

o sea:

$$157.635.000 \text{ Kwh}$$

La Empresa Nacional de Electricidad, ENDESA, en carta de fecha 24 de Marzo de 1948, nos indicaba, a manera informativa, que el precio de la energía para este suministro no podría ser inferior a \$ 0,33/Kwh. Teniendo en cuenta las alzas generales posteriores, estimamos prudente calcular con un precio máximo de \$ 0,45/Kwh. El gasto total asciende así a:

$$157.635.000 \times 0,45 = \$ 70.935.750.00 \text{ m/l.}$$

b) *Conservación, reparaciones, lubricantes, etc., en las locomotoras*

Igual que en las locomotoras a vapor estos gastos son proporcionales a las loc.-Kms. respectivas. El costo actual por loc.-Km. para tracción eléctrica puede estimarse en \$ 4,20 con lo cual, considerando 6.178.293 loc.-Kms., se tiene para el tráfico previsto un gasto total de:

$$\$ 25.948.830.00 \text{ m/l}$$

c) *Conservación de subestaciones y línea de contacto*

Comparando los gastos de la primera Zona, actualmente electrificada y teniendo en cuenta las diferentes características del nuevo sector por electrificarse, se estiman estos gastos en \$ 10.500.000.00 m/l.

Resumen de los gastos anuales de explotación con tracción eléctrica

Energía eléctrica.....	\$ 70.935.750.00	m/l.
Conservación locomotoras	\$ 25.500.000.00	m/l.
Conservación subestaciones y línea de contacto. .	10.500.000.00	m/l.
Total anual.....	<u>\$ 107.384.580.00</u>	<u>m/l.</u>

Tracción diesel-eléctrica

a) *Consumo de petróleo diesel*

Para la estimación de este consumo podemos considerar una equivalencia de 1 Kwh. = 0,3 Kgs. de petróleo.

$$157.635.000 \times 0,3 = 47.290.500 \text{ Kgs}$$

que al precio actual de \$ 1.850 m/l la ton. son:

$$\$ 87.487.425.00 \text{ m/l.}$$

b) *Conservación y reparación de locomotoras diesel-eléctricas*

El costo de conservación y reparaciones por loc.-Km. es un valor medio entre las cifras correspondientes para locomotoras a vapor y locomotoras eléctricas, o sea, aproximadamente \$ 9.00/loc.-Km. Se llega así a un total de:

$$6.178.293 \times 9 = \$ 55.604.637.00 \text{ m/l.}$$

Conviene tener presente que en una fuerte proporción estos gastos son en moneda extranjera, pues corresponden a repuestos y elementos cuya fabricación no es posible efectuar en el país. Tiene, entonces, esta solución, el inconveniente de quedar dependiendo del extranjero, tanto en lo que se refiere al combustible (petróleo diesel) como a los repuestos ya mencionados.

Resumen gastos anuales de explotación con tracción diesel-eléctrica

Consumo de petróleo	\$ 87.487.425.00	m/l.
Conservación y reparación de locomotoras.....	55.604.637.00	m/l.
Total anual..	\$ 143.092.062.00	m/l.

6.—*Comparación de los tres soluciones*

Para una equitativa comparación de las tres soluciones es necesario considerar el hecho que, si se electrifica o se adopta la tracción diesel, quedarían disponibles para su empleo en la Zona Sur un apreciable número de modernas locomotoras de vapor.

Estas locomotoras tendrían una inmediata aplicación en la Zona al Sur de Chillán, donde la mayor parte de las locomotoras actuales tienen treinta o más años de servicio y son, en consecuencia, ineficientes y de costosa conservación. (Ver cuadro «Dotación actual de locomotoras de vapor en la red Sur»).

La firma «Gibbs & Hill», en su informe ya citado, establece que «estas 282 locomotoras anticuadas, ineficientes y costosas de mantener, deben ser reemplazadas para evitar una desintegración del servicio». Dichas locomotoras deberían ser reemplazadas por 211 unidades de nuevos tipos con un costo de US\$ 11.083.200.00, inversión que se reduciría a US\$ 3.500.000.00 si se trasladan a dicha Zona las locomotoras que quedarían disponibles en la Segunda Zona al cambiar de sistema de Tracción. (Debe recordarse que estas cifras corresponden sólo al período 1950-1960.)

En resumen, para comparar equitativamente los diversos sistemas de tracción, debemos agregar a las inversiones en locomotoras a vapor la suma de US\$ 11.083.200.00 y a las inversiones en diesel o electrificación, solamente US\$ 3.500.000.00, pues, como queda dicho en este caso, quedan disponibles locomotoras que se aprovecharían de inmediato en atender las necesidades de tracción de la Zona al Sur de Chillán.

Así llegamos a establecer las siguientes cifras:

Dotación actual de locomotoras de vapor en la Red Sur

TIPO	AÑO DE FABRICACION	FABRICANTE	SERVICIO	N.º DE LOCOMOTORAS	
				2.ª ZONA	3.ª Y 4.ª ZONA
20	1910	Balfour Lyon	Ramales	9	31
21	1890	Baldwin	Patios	—	16
22	1884	Rogers	Patios	4	—
38	1894	Rogers; nacionales	Ramales	15	27
46	1902	Baldwin	Ramales	—	6
47	1903	Borsig	Patios	27	41
48	1906	Borsig	Ramales	—	13
51	1907	Borsig	Ramales	—	14
52	1907	Borsig	Ramales	2	6
54	1908	Hannoversche	Patios	—	6
55	1908	Baldwin	Patios	21	—
57	1914	North British	Carga	32	90
57-A	1914	North British	Carga	—	2
57-R	1914	Balfour Lyon	Carga	—	2
58	1912	North British	Pasajeros	7	18
59	1910	Borsig	Pasajeros	—	1
61	1913	Baldwin	Pasajeros	2	10
64	1913	Vulcan	Ramales	—	3
69	1909	Baldwin	Ramales	—	2
70	1918	American	Carga	8	12
70	1921	American	Carga	15	8
70	1925	American	Carga	7	3
80	1929	Baldwin	Pasajeros	11	1
80	1938	Baldwin	Pasajeros	7	—
80	1940	Baldwin	Pasajeros	—	5
80	1946	Baldwin	Pasajeros	7	8
90	1935	Krupp Esllingen	Carga	15	—
100	1935	Henschel	Pasajeros	10	—
110	1940	American	Carga	10	—
TOTALES				209	325

Inversiones en moneda extranjera

	SISTEMA DE TRACCIÓN		
	A VAPOR	ELÉCTRICA	DIESEL-ELÉCTR.
En II Zona US\$	15.155.070.00	33.800.000.00	42.402.000.00
En Zona al Sur de Chillán US\$	11.083.200.00	3.500.000.00	3.500.000.00
Total moneda extr. US\$. ...	26.238.270.00	37.300.000.00	45.902.000.00
Equivalente a m/l. al cambio de \$ 31.00 el dólar...	813.386.370.00	1.156.300.000.00	1.422.962.000.00

Los gastos anuales de capital correspondientes a estas inversiones están formados por los intereses del capital y por la depreciación de los equipos. Consideraremos el interés corriente bancario en los Estados Unidos que es de 4% aproximadamente.

La depreciación depende de la vida útil que se asigne a los equipos y para los sistemas de tracción a vapor y de tracción eléctrica tomaremos un 3% que corresponde a 33 años de vida. Para la tracción diesel-eléctrica tomamos en promedio 4%, correspondiente a 25 años, para considerar la menor vida de los motores diesel.

Los gastos anuales correspondientes a la inversión en moneda extranjera serán reducidos a moneda legal al cambio de \$ 31.00 por dólar.

Gastos anuales en M/L correspondientes a las inversiones en moneda extranjera

	S I S T E M A D E T R A C C I O N		
	A VAPOR	ELÉCTRICA	DIESEL-ELÉCTRICA
Intereses	32.535.455.00	46.252.000.00	56.918.480.00
Depreciación	24.401.591.00	34.689.000.00	56.918.480.00
Total anual \$ m/l.	56.937.046.00	80.941.000.00	113.836.960.00

Las inversiones en el país, en moneda legal, para los tres sistemas son las siguientes:

Inversiones en el país en m/l. para los tres sistemas

S I S T E M A D E T R A C C I O N		
A VAPOR	ELÉCTRICA	DIESEL-ELÉCTRICA
\$ 35.000.000.00 m/l.	\$ 320.000.000.00 m/l.	\$ 50.000.000.00 m/l.

El interés que consideraremos en este caso será el «interés corriente bancario» en Chile que puede fijarse en 10%.

Considerando la naturaleza de estas inversiones adoptaremos una cifra de depreciación igual para todas de 3% anual.

De esta manera los gastos anuales de capital respectivos corresponden en los tres sistemas al 13% de la inversión, o sea.:

Gastos anuales en m/l. correspondientes a las inversiones en m/l.

Tracción a vapor.	\$ 4.550.000.00 m/l.
Tracción eléctrica	41.600.000.00 m/l.
Tracción diesel-eléctrica.	6.500.000.00 m/l.

Resumiendo las cifras anteriores llegamos a formar el siguiente cuadro comparativo para los gastos anuales totales:

Gastos totales anuales, explotación más intereses más depreciación

SISTEMA DE TRACCION:	A VAPOR	ELÉCTRICA	DIESEL ELÉCTRICA
Gastos de explotación	340.023.520.00	107.384.580.00	143.092.062.00
Gastos de capital, inversión moneda extr.	56.937.046.00	80.941.000.00	113.836.960.00
Gastos de capital, inversión moneda nac. ...	4.550.000.00	41.600.000.00	6.500.000.00
Total \$ m/l.	401.510.566.00	229.925.580.00	263.429.022.00

Resalta inmediatamente la gran diferencia a favor de la tracción eléctrica que alcanza a la suma de 170 millones de pesos anuales de menor gastos con respecto a la tracción a vapor.

Como pudiera pensarse que la ventaja alcanzada por la electrificación se debiera al calcular con un tipo de cambio favorable para las inversiones en moneda extranjera, de \$ 31.00 por dólar, indicaremos en seguida el resultado a que se llegaría si se calcula con un cambio de \$ 62.00 por dólar. Basta para esto duplicar los gastos correspondientes al capital invertido en moneda extranjera y el cuadro queda entonces:

Gastos anuales considerando el dólar a \$ 62.00 m/l.

SISTEMA DE TRACCIÓN	A VAPOR	ELÉCTRICA	DIESEL ELÉCTRICA
Valor anterior.....	401.510.566.00	229.925.580.00	263.429.022.00
100% recargo inversión moneda extranjera.	56.937.046.00	80.941.000.00	113.836.960.00
Total \$m/l	458.447.612.00	310.866.580.00	377.265.982.00

Se observa que aun en este caso extremo la electrificación conserva una apreciable ventaja sobre los restantes sistemas de tracción.

7.—Rentabilidad de la inversión

Se ha demostrado ya la conveniencia de preferir la electrificación a los otros sistemas de tracción. Para estudiar la rentabilidad de la inversión tendremos en cuenta los menores gastos anuales de explotación que se obtienen con la tracción eléctrica, comparados con los gastos que se tendrían si se continuara con el servicio a vapor.

Se ha indicado que la inversión total con tracción eléctrica alcanza a US\$ 33.800.000.00, en el extranjero y a \$ 320.000.000.00 m|l. en el país. Calculando a razón de \$ 31.00 por dólar, la inversión total llega a \$ 1.367.800.000.00 moneda legal.

Los gastos anuales de explotación con tracción a vapor alcanzaban a \$ 340.023.520.00 m|l. para el tráfico medio (1955); con tracción eléctrica estos gastos eran: \$ 107.385.580.00. Se tiene entonces un menor gasto anual para la tracción eléctrica de \$ 232.638.940.00, suma que representa aproximadamente el 17% de la inversión total, rentabilidad muy satisfactoria dada la naturaleza y magnitud de las inversiones.

Cabe hacer notar que no hemos considerado en este cálculo el valor de las locomotoras a vapor que quedarían disponibles para su empleo en la Zona Sur que por tratarse de las más modernas y eficientes locomotoras de que dispone la Empresa, representan como mínimo un valor de US\$ 7.500.000.00, o sea, si acreditamos esta suma al costo de la electrificación tendríamos que la inversión se reduce a \$ 1.135.300.000.00 m|l.

Respecto a esta suma, el menor gasto anual de explotación representa aproximadamente un 20%.

FERNANDO PALMA R.

FERNANDO GUALDA P.