

GOBERNACION DEL VALLE DEL CAUCA

CALI

INFORME No. 0813

PERSPECTIVAS DE ELECTRIFICACION DE LA DIVISION PACIFICO DE LOS F.C.N.

PROYECTO PILOTO DE CONVERSION DE LOCOMOTORAS DIESEL-ELECTRICAS

Informe presentado a : DR. LUIS FERNANDO JARAMILLO C.  
Ministro de Obras Públicas y  
Transporte.

Preparado por : I N C I V A  
Ing. Jairo Libreros Varela

Cali, junio de 1987

## I N T R O D U C C I O N

---

Puede la Nación, con beneficios socio-económicos tangibles, liquidar la empresa FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA y abandonar a su pérdida paulatina y total la red ferroviaria ?. Esta empresa que fue la base fundamental para entrar el País en la época moderna podrá tener en el futuro una función preponderante en su desarrollo ?.

Estará más armónicamente desarrollado el País, a finales del siglo y en el siglo XXI, dotado con sistemas modernos de transporte automotor, aéreo, marítimo, de interconexión eléctrica, oleoductos, telecomunicaciones y sin ferrocarriles ? . Se observa que no existe un ejemplo actual de un País desarrollado que tenga un territorio y geopolítica similares a los de Colombia.

Ha sido benéfico para el País colocar a los Ferrocarriles por largos períodos en stato-quo financiero y físico, vale decir al margen de su desarrollo ?.

No existen, que sepamos, estudios sólidos que den respuestas afirmativas a estos interrogantes. Entonces, preguntamos, por qué no examinar la redefinición institucional y la rehabilitación física de los Ferrocarriles con un análisis más profundo, con una visión de largo plazo?. Y, si el análisis muestra perspectivas positivas en su futuro y la necesidad de la empresa para los programas sociales y económicos del País, sancionar con actos de Gobierno la definición de los FCN como "instrumento vital para el desarrollo nacional" .

El Gobierno del Presidente Virgilio Barco, por conducto de su Ministro de Obras Públicas y Transporte ha formulado ya planteamientos importantes a propósito de la reorganización institucional y electrificación de los ferrocarriles, como elementos necesarios y concatenados para la redefinición y rehabilitación de la Empresa.

En vista de estas declaraciones y de la necesidad que tiene y tendrá el sur-occidente del País de un eficiente servicio de transporte ferroviario, se propone en este informe dar un paso de avanzada para probar la viabilidad técnica de la electrificación de la red ferroviaria de la División Pacífico, como primera y esencial etapa para la electrificación posterior de todo el sistema. El estudio expone argumentos de por qué tiene esta División ventajas técnicas y el territorio de servicio tiene necesidades importantes que justifican acometer pronto y prioritariamente este paso de avanzada.

Propone el referido informe un proyecto tecnológico piloto consistente en :

- a) La reconversión de una locomotora diesel-eléctrica, modelo U12C General Electric, de 1300 H.P. a un prototipo totalmente eléctrico.
- b) Construir sendos tramos de líneas de alimentación eléctrica a saber : En la vía de montaña Cali-Buenaventura entre las estaciones Yumbo-Crestegallo-La Cumbre y en la vía plana Cali-Palmira.
- c) Realizar en el más breve plazo posible los ensayos de tracción con trenes de 300 a 1000 toneladas de carga y de velocidad de tráfico con trenes rápidos para pasajeros.

El primer tipo de ensayos arriba propuesto con la locomotora eléctrica prototipo, dará información tecnológica apropiada para decidir la conversión de un número importante de locomotoras diesel eléctricas de los FCN que en la actualidad se encuentran inmobilizadas por falta de repuestos y por daños en los motores diesel. La línea de alimentación eléctrica construída en la vía de montaña dará bases de diseño adecuadas para la electrificación de las vías de montaña en las demás Divisiones de los Ferrocarriles.

Se obtendrá así un aprovechamiento integral y duradero de un parque de locomotoras que está en vías de perderse. Y podrá posponerse la adquisición de locomotoras eléctricas nuevas.

El segundo ensayo a realizar propuesto en la vía Cali-Palmira, será ya una primer etapa definitiva en la electrificación de la vía plana Yumbo-Cali-Cartago y la solución para el transporte de pasajeros en el Valle del Cauca, con trenes rápidos y seguros.

1. VISION GENERAL SOBRE EL TRANSPORTE MASIVO DE CARGA  
POR FERROCARRIL.

Una de las funciones de cualquier ferrocarril moderno organizado, es asegurar el transporte masivo de carga a grandes distancias. Muchos países tienen este medio para importación y exportación de materias primas y de productos minerales. Es el soporte de su economía interna y externa.

El país carece de grandes yacimientos de mineral de hierro, potasa, bauxita, manganeso; pero si tuviéramos esas reservas minerales con volúmenes exportables estaríamos ante el hecho lamentable de no poderlos exportar por falta de un sistema de transporte ferroviario adecuado. Solamente dispone de una red de oleoductos para exportar petróleo y de una vía férrea entre Barrancas y Bahía Portete para exportar el carbón de Cerrejón.

Afortunadamente los demás bienes principales de exportación (café, bananos, algodón, flores) son artículos de alto precio por unidad de peso, que resisten en su precio de mercado externo el flete de transporte terrestre o aéreo.

Esta carencia de un transporte ferroviario eficiente y económico se presenta con aguda realidad no sólo para bienes exportables, sino para bienes de consumo de la población. Citamos algunos ejemplos :

a) El carbón no coquizable de los yacimientos de Cundinamarca y Antioquia no ha podido exportarse en cantidades importantes por limitaciones de transporte y carencia de un muelle mineralero.

b) En el caso del azúcar producida en el Valle del Cauca durante ciertos períodos no ha podido exportarse porque el costo del flete a puerto fue casi igual al precio del producto en el mercado mundial.

c) Para el caso del trigo importado por Buenaventura, su transporte a los centros de producción del interior tuvo que resolverse con una empresa privada de transporte por carretera; porque el ferrocarril no tiene condiciones técnicas y de equipo para hacerlo eficientemente.

d) En el caso de la economía vallecaucana, si ésta estuviera basada principalmente en exportaciones de azúcar, carbón, cemento, maderas, pulpa y papeles; hace años estaríamos confrontando dificultades de exportación o simplemente fuera del mercado mundial por los costos de transporte a puerto.

Lo mismo puede decirse respecto a nuestros vecinos de Chocó, Cauca, Huila, Tolima, Quindío, Risaralda y Caldas, con productos naturales diferentes al café.

e) El caso de los materiales de construcción es todavía más diciente: en todo el país el cemento y el ladrillo son transportados en camiones; lo cual hace que el consumo per cápita vaya disminuyendo radicalmente a medida que son más alejadas las poblaciones de los centros de producción. En estas circunstancias, restrictivas del mercado de materiales, la vivienda en esas poblaciones y en el campo tiene que hacerse con elementos de menor duración, o del más bajo costo (bahareque, guadua, madera).

En la vivienda popular, el principal factor de costo son los materiales de construcción. En la medida en que estos bienes se encarecen, las soluciones de vivienda popular urbana se hacen con reducción del área construida y con menor mano de obra para acabados. Y ante la necesidad de compensar un presupuesto, la mano de obra se contrata al más bajo precio posible. Todo se traduce así en menor trabajo.

f) El ganado de la Costa Atlántica se transporta en camiones a los mercados del interior; pudiera ser transportado por ferrocarril con menor flete y con menores mermas si éste funcionara eficientemente. Cabe preguntarse si no ha sido el costo de transporte por carretera uno de los factores que elevó el precio de la carne a tal grado que ya desapareció, en menos de una generación, de la dieta de la mayoría de los colombianos.

En síntesis el país no tiene eficiencia económica ni técnica para importar o exportar materias primas o bienes, con bajo precio por unidad de peso; ni para transportar a grandes distancias alimentos y materiales de construcción. Estos son problemas estructurales y necesidades reales que deben resolverse. Su solución se sitúa precisamente en la definición y rehabilitación de nuestros ferrocarriles.

## 2. EL CONCEPTO DE LA ELECTRIFICACION FERROVIARIA. ANTECEDENTES.

En los albores de la electrificación de los ferrocarriles europeos y norteamericanos se utilizaron diferentes tecnologías y voltajes de alimentación de las catenarias colocadas encima de los rieles. Se empezó con corriente continua y con tensiones de 1500 a 3000 voltios. Las estaciones de generación con dinamos tenían que localizarse a distancias relativamente muy cortas. A comienzos del siglo se introdujo la corriente alterna a iguales voltajes pero con frecuencias especiales de 16 2/3 y 25 ciclos; se necesitaron plantas especiales o monumentales grupos convertidores de frecuencia. En los años 30 surgió la tecnología de la rectificación de la corriente alterna de frecuencia industrial (50 o 60 períodos) en corriente continua, mediante rectificadores de vapor de mercurio, instaladas en las locomotoras. Todo este conjunto de soluciones fue muy costoso y generalizó el concepto o "slogan" que la electrificación ferroviaria era posible solamente en países ricos.

A partir de los años cincuenta ocurren cambios fundamentales en la tecnología de rectificación de la corriente con diodos de silicio y otros materiales de estado sólido; y además la utilización de voltajes de corriente alterna más altos para alimentación de las catenarias. En la actualidad se usan tensiones normalizadas de 15.000, 25.000, 50.000 voltios con frecuencias de 50 y 60 ciclos, normalizadas en los sistemas eléctricos.

Tales cambios generalizaron la electrificación a nivel mundial, porque las inversiones en equipo, en subestaciones de transformación y en las líneas de alimentación bajaron considerablemente. Podemos citar como ejemplo el caso reciente de la república de Zimbabwe, país en vía de desarrollo que tiene una red ferroviaria de casi igual longitud (3374 km.) a la de Colombia y con gradientes, radios de curvatura y ancho de trocha similares. En este país se han electrificado en los últimos 4 años cerca de 1000 Km. de vía férrea a 25.000 voltios y con la dotación de 30 locomotoras eléctricas con potencia unitaria de 2500 Kw. La electrificación se ha realizado con crédito de fabricantes y de varios países.

### 2.1. EL CASO DE LA ELECTRIFICACION EN COLOMBIA. POSIBILIDADES.

A consecuencia de la crisis petrolera de los años 70 frecuentemente se ha planteado en el país la necesidad de electrificar los ferrocarriles. Pero muchas personas han ligado esta idea con la necesidad de cambiar la vía

vía de trocha angosta por una vía con trocha de yarda y media; para obtener, según ellos, amplias capacidades de tráfico y altas velocidades. Con lo cual la idea ha quedado dentro de los sueños imposibles, dado que el costo de tal reconversión simultánea está fuera de la capacidad económica del país y de sus reales necesidades de tráfico de carga y pasajeros.

Se hace la acotación que muchas gentes del país no están concientizadas que la electrificación de los ferrocarriles ya está realizada en parte y probada en la vía de trocha de una yarda; porque la tracción de trenes movidos por locomotoras diesel-eléctricas se hace con los motores eléctricos instalados en los "bogies". Estos se alimentan de la energía generada en el grupo diesel-eléctrico montado en la locomotora.

El grupo diesel-eléctrico de la locomotora está sujeto a fallas y constituye además el limitante de potencia, porque el motor diesel no tiene capacidad de sobrecarga para dar más potencia en una vía de fuertes pendientes; que si la posee la locomotora totalmente eléctrica, la cual absorbe toda la energía que requiere de la red externa.

En las actuales circunstancias del parque de tracción de los ferrocarriles la solución es reemplazar el combustible diesel como fuente de energía por electricidad generada en las plantas, y sustituir el motor diesel y generador por un equipo de rectificación estática en la locomotora, alimentado con corriente alterna mediante la línea de contacto (catenaria) colocada encima del eje de la vía a una altura uniforme. De esta catenaria se toma la energía mediante un "pantógrafo", que es un bastidor aislado de brazos plegales. La corriente alterna de 60 períodos pasa así a un transformador y este alimenta el equipo rectificador de corriente. La corriente continua, regulada con escalones de voltaje acciona los motores de los "bogies". En síntesis, para la electrificación de las vías de montaña, que es donde primordialmente se necesitará el cambio, se requiere :

a. Colocar un alambre sólido de cobre encima de la vía (la catenaria) como fuente de conducción de corriente alterna de 60 períodos.

b. Sustituir el motor diesel y el generador eléctrico, montados en la locomotora, por un equipo estático de convertidores y rectificadores de corriente, con sus controles y mandos respectivos.

Otro hecho de gran significación que posibilita en la actualidad la electrificación de los ferrocarriles, es la existencia del Sistema Eléctrico Interconectado, con una capacidad instalada ya grande ( más de 7000 Mw) para el cual una demanda de 100 a 150 Mw, requeridos para la electrificación inicial de los ferrocarriles se aprecia como una carga pequeña.

El desarrollo de los sistemas eléctricos regionales ha multiplicado la instalación de subestaciones de transformación en ciudades capitales e intermedias. Estas subestaciones pueden perfectamente ser fuentes de alimentación a las líneas monofásicas que se instalarán encima de las vías férreas. La potencia del sistema interconectado tolerará perfectamente los desequilibrios de corriente que originan dichas líneas monofásicas sobre las subestaciones trifásicas.

Otra facilidad existente para la electrificación de las vías es el importante conjunto de líneas de transmisión a 115 Kv. que cruza el país y están localizadas en muchas parts próximas a las vías férreas. A estas líneas podrán conectarse subestaciones especiales para el propósito arriba referido.

Tal vez la facilidad técnica más importante que existe en casi todo el país, es el hecho de haberse generalizado el voltaje de 34.5 Kv. para líneas de subtransmisión y distribución. Por lo tanto será conveniente examinar a fondo si la electrificación de las vías se puede realizar económicamente a este voltaje. Nos estaremos apartando de los voltajes normalizados en Europa, los E.E.U.U. y Japón; pero se requiere solamente un simple cambio en el primario de los transformadores en las locomotoras. De lo contrario será menester adquirir a alto costo e instalar un conjunto de subestaciones nuevas. La utilización de dicho voltaje en la línea y locomotora prototipo es una de las propuestas que se hace más adelante, en lugar de la línea de 25.000 voltios.

3. LA CONVERSION DE LOCOMOTORAS DE LOS FERROCARRILES NACIONALES.

---

El parque de locomotoras diesel eléctricas de los Ferrocarriles Nacionales de Colombia está constituido así :

<u>UNIDADES</u>	<u>MARCA</u>	<u>MODELO</u>	<u>POTENCIA BHP</u>
8	GE	U6B	750
7	GE	U8B	850
74	GE	U10B	1050
18	GE	U12C	1300
6	GE	U13C	1400
10	GE	U20C	2050
24	GM	GR12	1200
2	GM	GA8	800
4	GE	U18	1800
<hr/>			
TOTAL :	153		167700
<hr/>			<hr/>

Las características técnicas de las locomotoras U6B, U8B, U12C y U13C figuran en el Anexo 1 de este documento.

La potencia total de las locomotoras es de 167.700 HP. Para una red que tiene una longitud de vías en servicio aproximada a 3000 Km., la potencia unitaria por kilómetro es de 55.9 HP. Es decir equiparable a la potencia de un Volkswagen 1300 o de un Renault 4.

Según información publicada por los FCN de un total de 153 unidades, estaban en servicio en Diciembre/86 solamente 73 locomotoras. Las otras 80 locomotoras están inmovilizadas por daños o por falta de repuestos mayores. Se hizo la averiguación y se obtuvo como respuesta general de los ingenieros de los Talleres de Mantenimiento, que dichos daños se localizan principalmente en los motores diesel y no en la estructura, ni en el equipo de generación, tracción y control eléctricos.

Como esta situación es casi permanente para un gran número de unidades, los FERROCARRILES NACIONALES tienen a su alcance de convertir este problema en una oportunidad mediante la conversión de un conjunto de dichas locomotoras diesel eléctricas en puramente eléctricas, en lugar de invertir fondos en la adquisición de costosos repuestos y en reparaciones de corta o aleatoria duración. Y rehabilitar el equipo a una condición que puede asegurar su duración por 15 o más años de servicio.

La oportunidad mayor, cuya viabilidad se necesita probar con una base sólida de hechos tecnológicos y económicos, será la electrificación de toda la red de los FCN. Más adelante exponemos por qué será conveniente electrificar en primera etapa la red ferroviaria de la División Pacífico.

La División Pacífico tiene en la actualidad el siguiente equipo de tracción :

<u>UNIDADES</u>	<u>MARCA</u>	<u>MODELO</u>	<u>POTENCIA BHP</u>
6	GE	U6B	750
2	GE	U8B	850
14	GE	U12C	1300
6	GE	U13C	1400
-----			
TOTAL :	28		32800
=====			

Para una longitud de vías en servicio de 620 Km. (de un total de 903 Km.) la potencia unitaria por Km. es de sólo 52.9 HP.

La viabilidad de la electrificación deberá necesariamente probarse mediante un proyecto piloto consistente en :

a) La conversión de una locomotora U12C o U13C que servirá de prototipo. Esta conversión deberá hacerse en los talleres de un fabricante seleccionado mediante licitación pública.

b) La construcción de una catenaria de alimentación a 34.5 Kv, desde la estación Yumbo (Elevación 1000 m.) a la estación Crestegallo (elevación 1.800 m. ) y de ésta a La Cumbre. Longitud 30 Km. Esta es una vía de montaña con pendientes hasta del 3%, radios de curvatura muy cortos ; se escoge precisamente por estas características.

La vía tiene cuatro túneles de sección reducida, lo cual representará una dificultad para la colocación del alambre de contacto dentro de ellos y la continuidad de la marcha de un tren; pero el problema es subsanable para el período de ensayo. Si la electrificación total de la vía Cali-Buenaventura fuere decidida después del ensayo, los túneles deberán ser necesariamente ampliados. En los túneles no revestidos esta ampliación es fácil de hacer, sin interrumpir el servicio actual del ferrocarril.

Esta línea monofásica podrá ser alimentada desde la Subestación Yumbo, que pertenece al sistema eléctrico C.V.C.-CHIDRAL.

c) La construcción de una catenaria de alimentación a 34.000 voltios, desde la estación Cali hasta la estación Palmira. Es una vía plana, con tramos largos rectilíneos, longitud 25 kilómetros.

d) Realizar los ensayos técnicos de comportamiento de las locomotoras con arrastre de carga en la vía montañosa y de velocidad en la vía plana.

Esta segunda línea monofásica deberá ser alimentada desde las subestaciones Chipichape y Palmira, que pertenecen al sistema eléctrico C.V.C.-CHIDRAL.

Como estos ensayos aportarán muchos datos técnicos para diseñar la conversión del conjunto de locomotoras, se espera que el Fabricante a quien se adjudique la licitación hará oferta especial por la conversión de la locomotora prototipo y por la realización de los ensayos en sitio.

### 3.1. CONVERSION DE LA LOCOMOTORA PROTOTIPO.

Básicamente consiste en retirar de una locomotora U12C el motor diesel de 1300 HP y el generador de corriente continua e instalar en el espacio libre dejado por éstos y por los tanques de combustible y de lubricantes, el equipo eléctrico nuevo consistente en: un disyuntor de protección, un transformador de potencia, los convertidores para cada motor de tracción, un rectificador auxiliar, contactores y equipos auxiliares de corriente continua, el equipo electrónico de control y comunicaciones, reactores de protección, colector de corriente. El pantógrafo y un para-rayos van montados encima de la locomotora.

La estructura, los "bogies", el sistema de freno neumático y otros componentes que representan el 70% del peso de la locomotora original, quedarán inalterados. El espacio del tanque de combustible podrá utilizarse para contrapesar la locomotora, si fuere menester.

Se juzga que en esta conversión, se podrá instalar equipo eléctrico estático con una potencia superior, lo cual conllevará a decidir el cambio de los motores de los "bogies" por otros de mayor potencia. Pero no se quiere dar datos apriori. Estos puntos los definirá el Fabricante seleccionado para rehabilitar la locomotora prototipo.

### 3.2. CONSTRUCCION DE LAS CATENARIAS.

Como se dijo atrás, la tecnología actual de tracción eléctrica con corriente alterna utiliza líneas de alimentación de las locomotoras a tensiones de 25.000 hasta 50.000 voltios. Como en el sistema eléctrico regional está generalizada la tensión de 34.000 voltios en subestaciones y líneas de subtransmisión, se juzga apropiado por el momento especificar esta tensión para alimentar las dos catenarias, cuya construcción fue propuesta líneas arriba. Así no se tendrá que recurrir a la instalación de subestaciones especiales para el primer ensayo. La escogencia de voltaje (25.000, 34.500 o 50.000 voltios) será una cuestión de simple análisis económicos para el conjunto de la electrificación; pero no una limitante para el programa propuesto.

El tipo de catenaria poligonal propuesto se muestra en el Anexo 1 mediante cuatro dibujos. Estos planos corresponden a la tecnología utilizada en Europa para líneas monofásicas de 25Kv. Son ampliamente utilizadas para trenes con velocidad máxima de 120 Km./hr.

Los soportes mostrados en los dibujos son vigas H de acero galvanizado. Estos soportes pueden ser sustituidos por postes de concreto.

Los conductores utilizados son :

a) Para el cable portador o de soporte se usa cable de bronce con sección de  $65 \text{ mm}^2$ .

b) Para el conductor de contacto; un alambre de cobre ranurado con sección de  $100 \text{ mm}^2$ .

Los aisladores pueden ser de porcelana o en vidrio.

Para estas catenarias la producción nacional de postes y aisladores puede servir perfectamente. El cable de bronce, el conductor especial de cobre, los herrajes

y accesorios tendrán que importarse.

El nivel de precio unitario de la catenaria completamente instalada es del orden de \$10.000.000 por kilómetro de vía semirecta. Para una vía de montaña, que requiere más soportes, el nivel de precios puede subir a \$12.500.000 por Kilómetro.

### 3.3. REALIZACION DE PRUEBAS DE LA LOCOMOTORA PROTOTIPO.

Después de tener convertida la locomotora prototipo modelo U12 y construída la línea de alimentación Yumbo-Crestegallo, es necesario hacer un conjunto de ensayos de tracción y de frenado dinámico con trenes de carga incrementada desde 300 a 1000 toneladas, a diferentes velocidades de ascenso y descenso. Estas pruebas definirán bases sólidas de diseño para :

a) Convertir las demás unidades diesel eléctricas modelos U12C y U13C.

b) Convertir otros tipos de locomotoras; por ejemplo las de modelo U20C.

c) Definir la factibilidad técnica de la electrificación de las vías de montaña en todo el ferrocarril.

d) Decidir si se podrá aplazar por un tiempo largo la adquisición de nuevas locomotoras eléctricas de construcción especial para las ferrovías del País.

### 3.4. INSTALACIONES PARA LA LINEA CALI-PALMIRA.

El estudio realizado por la Misión ANSALDO para la Sociedad PROTRANS (Cali) en 1981 proyectó para la electrificación de esta línea las siguientes instalaciones y obras:

a) Sustitución parcial de rieles, arreglos en las estaciones de Cali y Palmira, otras obras civiles, por valor de \$91.183.200.

b) Instalaciones telefónica y télex con facilidad de conexión radiotelefónica al norte de Palmira, por valor de \$60.000.000.

c) Instalaciones de señalización y seguridad, por valor de \$197.000.000.

Estos presupuestos son susceptibles de simplificación, pero deben incrementarse por lo menos en un 50% para tener estimativos actuales.

### 3.5. PRESUPUESTO DE INVERSIONES.

Como no se dispone todavía de un presupuesto real para la reconversión de la locomotora prototipo, resulta aventurado presentar un presupuesto global del proyecto con un aceptable grado de precisión. Por esta razón se dan solamente estimativos aproximados para las líneas propuestas.

#### 1. Electrificación vía Yumbo-Crestegallo.

1.1. Catenaria Yumbo-Crestegallo-La Cumbre 30 Km. x \$10.000.000.	:	\$300.000.000.
1.2. Comunicaciones e instalaciones de señalización	:	\$ 50.000.000.
SUBTOTAL :		\$350.000.000.

#### 2. Electrificación vía Cali-Palmira.

2.1. Catenaria Cali-Palmira 25 Km. x \$10.000.000.	:	\$250.000.000.
2.2. Arreglo de la vía y otras obras civiles.	:	\$150.000.000.
2.3. Comunicaciones (Presupuesto simplificado)	:	\$ 50.000.000.
2.4. Instalaciones de señalización y seguridad.	:	\$200.000.000.
SUBTOTAL :		\$650.000.000.

A la luz de estos datos estimativos se juzga apropiado hacer en primera etapa el proyecto piloto Yumbo-La Cumbre . Y como segunda etapa, después de analizar su factibilidad económica, la electrificación de la línea Cali-Palmira.

### 3.6. CONSECUENCIAS DE LA ELECTRIFICACION Y CONVERSION DE LAS LOCOMOTORAS .

Sobre este tópico se podrían escribir muchos conceptos nos limitaremos a esbozar las principales consecuencias favorables :

a) La rehabilitación completa y prolongación de la vida útil de parque de locomotoras de los FCN, que está en la actualidad en deficiente estado.

b) Economías importantes de inversión en equipo actual y futuro.

c) Ahorro de combustible líquido, sustituido por energía eléctrica de origen hidroeléctrico principalmente, y economía de lubricantes.

d) Ahorros muy sustanciales en costos de mantenimiento ( repuestos y mano de obra).

e) Incremento muy considerable del kilometraje recorrido por locomotoras eléctricas vs. diesel eléctrica, entre períodos de mantenimiento.

f) Incremento muy considerable de la capacidad de transporte y tráfico de los ferrocarriles.

g) Utilización más intensiva de la energía eléctrica, que en ciertos meses del año se pierde al rebozar agua por los vertederos de los embalses.

h) Volver a los FERROCARRILES NACIONALES un instrumento vital para el desarrollo y un regulador de precios de transporte de carga.

i) Mayor dinámica y seguridad para los desplazamientos de la población.

j) El País dispondrá de un sistema de transporte modal integrado en las tareas y funciones que competen al riel y a la carretera en los movimientos de pasajeros y de carga.

k) Aliviar al País de presiones impuestas por transportadores privados. Es más sencillo subsidiar a una sola empresa estatal que a un conjunto de empresarios particulares.

4. DATOS TECNICOS QUE SUSTENTAN LA VIABILIDAD DE LA CONVERSION DE LAS LOCOMOTORAS.

Para sustentar con datos y características técnicas la tesis de la conversión de la locomotora diesel-eléctrica a locomotora eléctrica prototipo, se presenta en el Anexo un conjunto de dibujos de las locomotoras U12C, U13C, U20C, con sus dimensiones generales respectivas.

La Figura 3 muestra el conjunto de la locomotora U12C. Están coloreados en naranja los equipos que se deben retirar para la conversión.

A continuación, en las figuras 4 a 10, se muestran los conjuntos equipados de locomotoras eléctricas de diferentes Fabricantes europeos con potencias, que están en el rango de 1700 a 4500 kilovatios.

Se hace notar que estas locomotoras tienen longitudes que varían de 12 a 16 metros, con una doble cabina de control. Su peso varía de 60 a 114 toneladas. Las locomotoras modelo U12C tienen una longitud de 13.90 metros con una sola cabina y peso de 88 toneladas. Las separaciones entre ejes tractores, la separación entre los centros de los "bogies", los diámetros de las ruedas son semejantes a los de las locomotoras U12C y U20C.

La figura No. 4, muestra el tipo de locomotora RE-4/4 II, marca Brown Boveri, utilizada en los Ferrocarriles "Chemins de Fer rheniques (RhB) y "Compagnie du chemin de Fer des Alpes Bernoises" de Suiza. Este tipo de locomotoras se usa ampliamente en vías con ancho de trocha de un metro.

La figura No. 5 ilustra las locomotoras Brown Boveri, modelo EL1, CO' CO', utilizadas en el National Railways of Zimbabwe con potencia de 2.500 Kw., peso de 114 toneladas, longitud total de 19 metros y ancho de trocha de 1.06 metros.

Los ejemplos dados son apenas una pequeña muestra del extenso repertorio de tipos de locomotoras eléctricas que son construídas por fabricantes europeos, norteamericanos y japoneses.

Al confrontar estas características dimensionales y de potencia, se obtienen como conclusiones :

a) No se identifica alguna imposibilidad tecnológica para adaptar las locomotoras U12, U13, U20 a totalmente eléctricas.

b) No se requieren cambios del ancho de la trocha, ni del peso de los rieles, ni en los puentes para operar en los ferrocarriles del país locomotoras eléctricas de similar peso y de mayor potencia que las unidades diesel-eléctricas en servicio.

5. FACTORES FAVORABLES PARA REALIZAR PRIORITARIAMENTE LA ELECTRIFICACION EN LA DIVISION PACIFICO.

En favor de la realización de este proyecto piloto y de la electrificación posterior de toda la red ferroviaria de la División Pacífico, se conjugan una serie de factores y circunstancias favorables, entre los cuales se destacan las siguientes :

a) La región constituida por los departamentos del Valle, Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío, tiene un alto grado de integración socio-económico y geopolítico. Son los departamentos servidos por la red ferroviaria de la División Pacífico. Su carga de importación y de exportación se moviliza a través del Puerto de Buenaventura principalmente.

b) Es la región donde existe mayor conciencia respecto a la importancia del Ferrocarril; y donde éste opera con más eficacia y mejor mantenimiento de su equipo de transporte.

c) Es la región donde pueden tener un mayor efecto de cambio social el transporte de pasajeros diurno y nocturno.

d) Es la región donde el sistema eléctrico de alta tensión (115 y 220 Kv.) está más extendido en ciudades capitales y ciudades intermedias servidas por el ferrocarril. Por esta circunstancia no se requiere hacer mayores inversiones en subestaciones eléctricas. Existen subestaciones de importante capacidad para alimentar las catenarias de electrificación en Buenaventura, Yumbo, Cali, Palmira, Buga, Tuluá, Zarzal, Cartago y la planta de Salvajina en el Valle, pertenecientes al sistema eléctrico de la C.V.C.-CHIDRAL. En Armenia, Pereira, Manizales y planta de San Francisco, pertenecientes al sistema eléctrico de la CHEC. En Popayán y Santander pertenecientes a la empresa CEDELCA.

En muchos puntos en donde no se dispone de subestaciones se encuentran próximas al ferrocarril las líneas de 155 Kv., lo cual facilita la instalación de subestaciones adicionales.

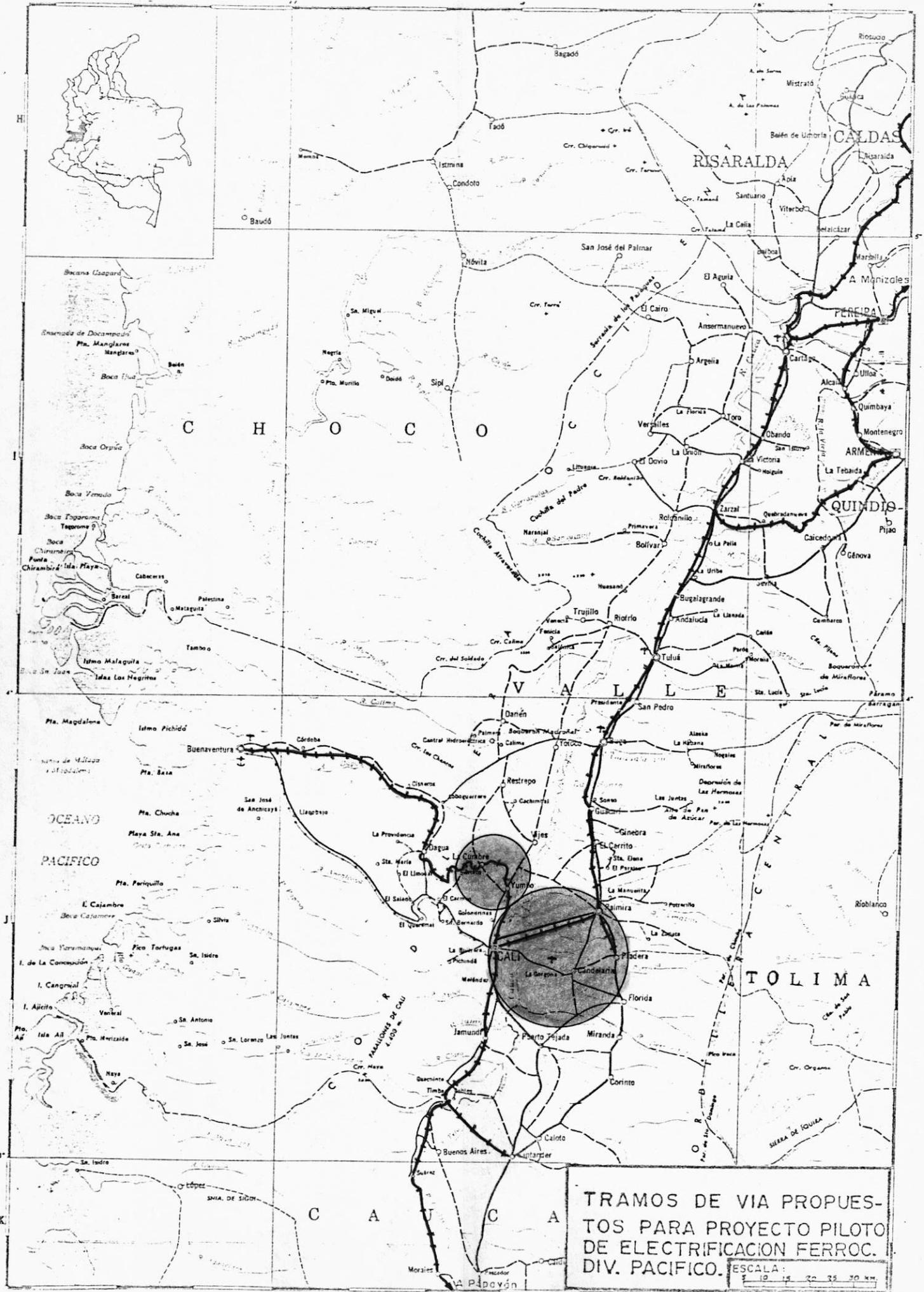
Los sistemas eléctricos de la región tienen una capacidad instalada de más de 1000 megavatios al cual podrá conectarse sin problemas técnicos, una carga de 25.000 o 30.000 kilovatios requerida para la electrificación.

e) El café es el principal producto de exportación de la región y sale por el puerto de Buenaventura. El ferrocarril ha sido tradicionalmente para la Federación de Cafeteros y los exportadores una "bodega móvil", pero sumamente lenta. La disponibilidad de locomotoras ha sido siempre la limitante y no el número de vehículos de carga. Con un sistema ferroviario eficiente pueden ganarse días en transportes masivos, lo cual puede representar miles de dólares de ingreso adicional para la exportación de productos sujetos a variaciones diarias del precio del mercado.

f) La electrificación de la División Pacífico es el paso primordial y fundamento importante para la interconexión ferroviaria Armenia-Ibagué, con un túnel localizado a la elevación 1600 metros entre Cajamarca y Calarcá. De poco rendimiento será hacer esa integración si las dos Divisiones Pacífico y Central no tienen fluidez de tráfico y mayor capacidad para movilizar carga en las vías de montaña, y a grandes distancias.

g) En el caso del Valle del Cauca, ya existe una movilidad importante de la población entre ciudades para el trabajo, la educación universitaria, los servicios de salud, la recreación deportiva, el comercio, el turismo. Cuando se disponga de un buen servicio de transporte de pasajeros, se estará ampliando el tiempo de actividad de los habitantes. De este beneficio podrán disfrutar también los habitantes de municipios de las cordilleras con desplazamientos en bus a los centros del plano del Valle.

h) Al conjunto de estas perspectivas favorables se debe también agregar las limitantes para transportes masivos de carga expuestos en el punto 1. de este informe, porque tienen también peso y preponderancia para el desarrollo regional y social.



TRAMOS DE VIA PROPUESTOS  
 PARA PROYECTO PILOTO  
 DE ELECTRIFICACION FERROC.  
 DIV. PACIFICO. ESCALA: 1:100,000

A N E X O 1

FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA  
DIVISION PACIFICO

DATOS DE CLASIFICACION DE LAS LOCOMOTORAS DIESEL ELECTRICAS

AÑO DE INICIACION SERVICIO	CANT	NUMEROS	FABRICANTE	MODELO	TIPO	DIAMETRO DE RUEDAS	FRENO	PESO EN TONELADAS	REGULADOR	MOTOR DIESEL				ALIMENTAC		
										TIPO	CILINDROS	POTENCIA	CICLO		DIAM x CARR	R.P.M.
1958	14	322-23-24-25 26-29-30-31-32 34-35-36-37-38	GENERAL ELECTRIC	U-12-C	C-C	36"	6SL	88	WOODWARD	COOPER BESSEMER FBVLBT	8	1200 H.P.	4	9" x 10 1/2"	1.000	TURBO
1961	6	341-42-43 44-45-46	GENERAL ELECTRIC	U-13-C	C-C	36"	6SL	88	WOODWARD	COOPER BESSEMER 7FDL8A4	8	1.330 H.P.	4	9" x 10 1/2"	1.000	TURBO
1960	6	350-52-53 55-56-57	GENERAL ELECTRIC	U-6-B	B-B	36"	6SL	53	CATERPILLAR	CATERP. D-397	12	720 H.P.	4	5 3/4" x 8"	1.300	TURBO
1961	2	359-365	GENERAL ELECTRIC	U-8-B	B-B	36"	6SL	56	CATERPILLAR	CATERP. D-398	12	810 H.P.	4	6 1/4" x 8"	1.300	TURBO

\* La locomotora Nº 343 tiene motor tipo 7FDL8C3 marca General Electric

FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA  
TALLERES CHIPICHAPE  
DATOS DE CLASIFICACION DE LAS LOCOMOTORAS DIESEL ELECTRICAS  
APROBO: ING. G. GRAJALES    DETALLE  
REVISO: JAIME E. VELA F.  
DIBUJO: JAIRO VASQUEZ R.  
PLANO Nº 3465  
ESC.    FEB-10/83

# FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA

DIRECCION GENERAL DE TALLERES

FUERZA MOTRIZ

ESQUEMA DE LOCS. U-12-C Y U-13-C

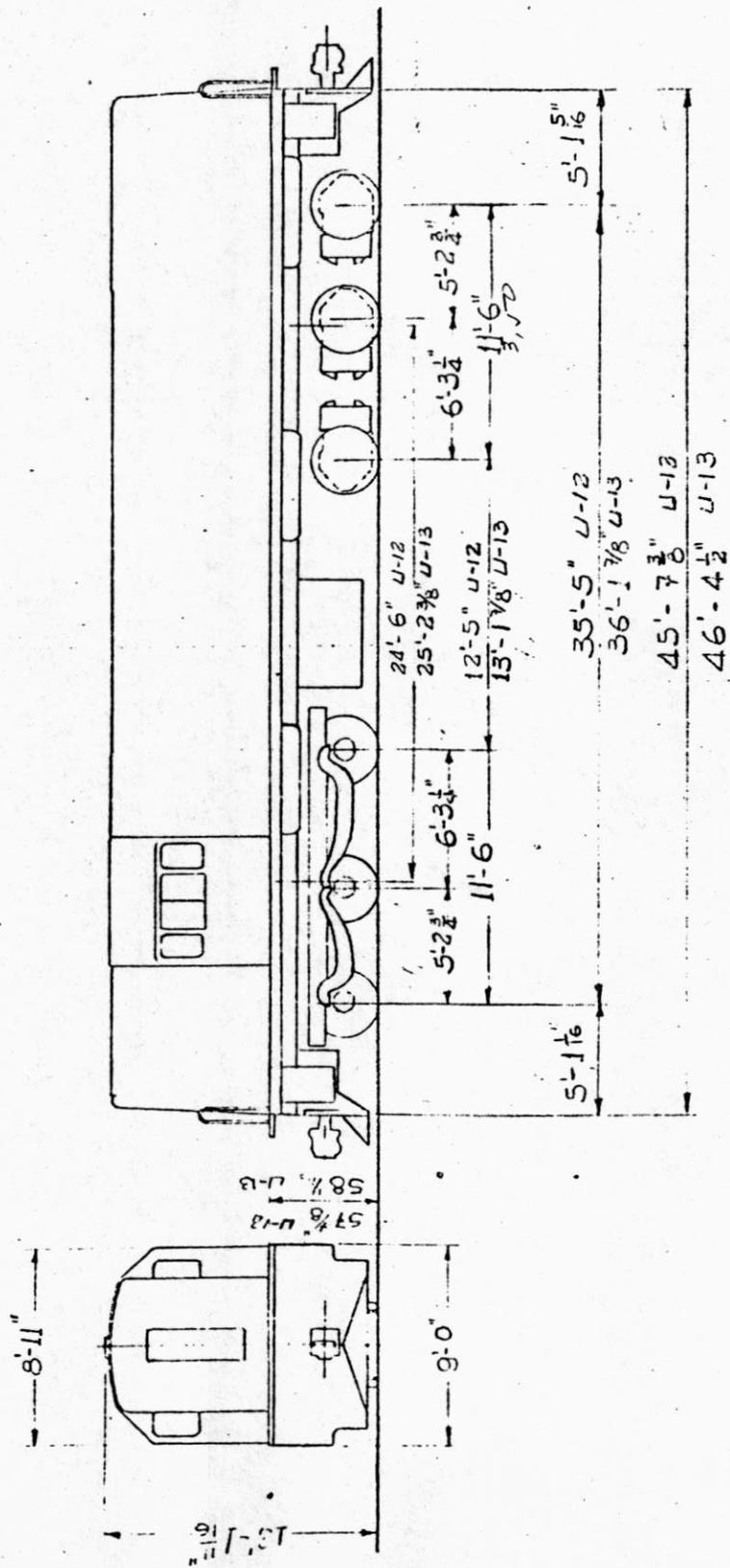


FIGURA 1

**FERROCARRILES NACIONALES DE COLOMBIA**  
**DIRECCION GENERAL DE TALLERES**  
**FUERZA MOTRIZ**  
**ESQUEMA DE LOC. U-20-C**

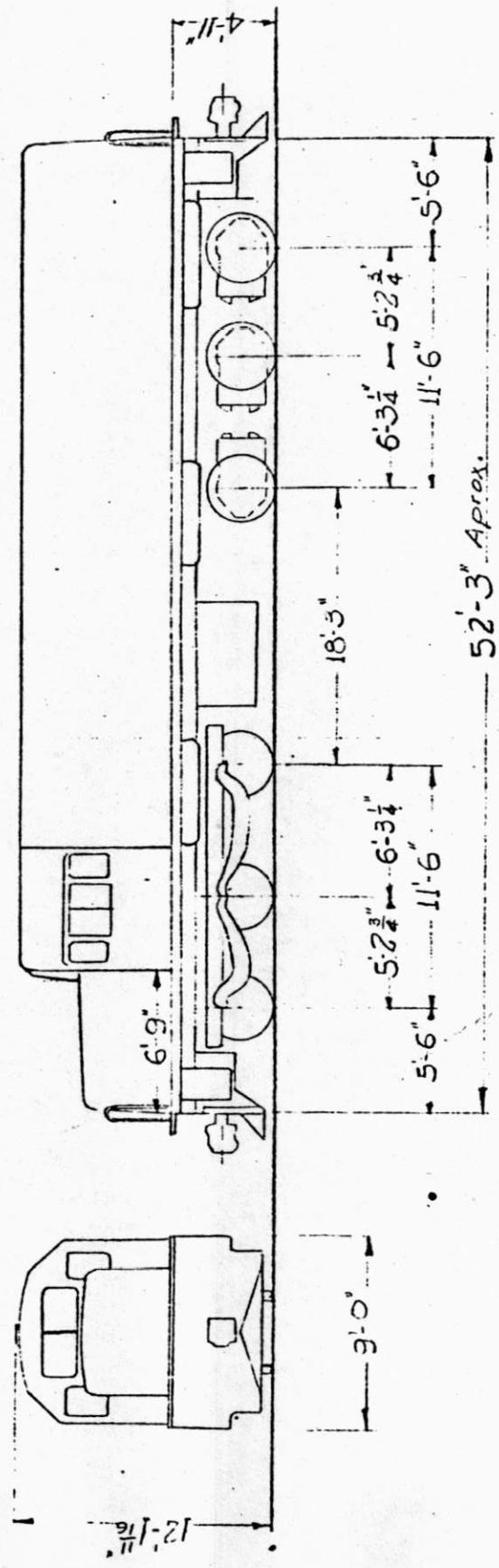
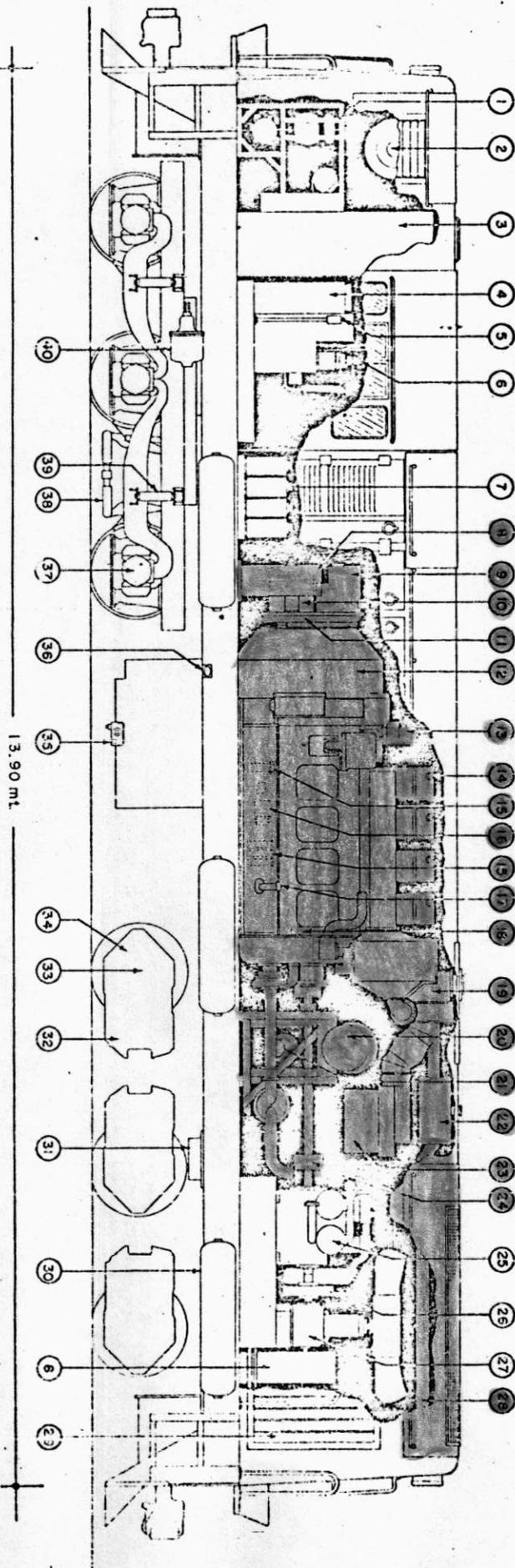


FIGURA 2



- 13.90 m.
- |  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| 1. INSTALACION DE FRENO DE AIRE                                | 11. CAYA DE ENGRANAJES DEL GENERADOR DE TRACCION            | 22. COLADOR DEL ACEITE LUBRICANTE   | 31. CONJUNTE GENERAL                             |
| 2. MOTOR Y VENTILADOR DE LOS PERIFONEOS DE PRESALCO SI SE USAN | 12. GENERADOR DE TRACCION                                   | 23. DEPÓSITO DE EXPANSION DEL AGUA  | 32. MOTOR DE TRACCION                            |
| 3. COMPARTIMENTO DE CONTROL                                    | 13. REGULADOR DEL MOTOR DIESEL                              | 24. FILTRO DE AIRE EN EL BANO DE ACEITE                                     | 33. CONJUNTE DEL EJE                             |
| 4. MANIPULADOR REGULADOR                                       | 14. RESERVUOIRIO DE LA CULATA DEL CILINDRO DEL MOTOR DIESEL | 25. ACOPLAMIENTO FLEXIBLE   | 34. UNIDAD DE ENGRANAJES DEL MOTOR DE TRACCION   |
| 5. FRENO DE MANO   | 15. FILTRO DEL COMBUSTIBLE                                  | 26. COMPRESOR O EXPRESOR DE AIRE  | 35. MECANISMO PARA EL CONDENSADO DEL COMBUSTIBLE |
| 6. VALVULA DEL FRENO DE AIRE                                   | 16. BOMBA DE COMBUSTIBLE                                    | 27. VOLANTE Y ACOPLAMIENTO FLEXIBLE   | 36. MECANISMO DE LA BOMBA DE TRACCION            |
| 7. BATERIAS  | 17. TUBO DE LLENADO Y VENTILACION PARA EL CASTER DEL DIESEL | 28. UNIDAD DE ENGRANAJES DEL VENTILADOR Y BOMBAS POR COMBUSTIBLE PARASISTAS | 37. MECANISMO DE LA BOMBA DE TRACCION            |
| 8. VENTILADOR DEL MOTOR DE TRACCION                            | 18. COLADOR DEL COMBUSTIBLE                                 | 29. BARRIDOR  | 38. MECANISMO DE LA BOMBA DE TRACCION            |
| 9. EXHAUSTIVO  | 19. TUBO DE SEGURACION                                      | 30. MECANISMO DE LAS PERSIANAS  | 39. MECANISMO DE LA BOMBA DE TRACCION            |
| 12. GENERADOR AUXILIAR   | 20. FILTRO DEL ACEITE LUBRICANTE                            | 31. DEPÓSITO DE AIRE  | 40. CILINDRO DE FRENO                            |

LAMA E-4193. LOCALIZACION DE LOS APARATOS

FIGURA No. 3

LOCOMOTORA GENERAL ELECTRIC, MODELO U12C, 1300 HP

FIGURA 4 : LOCOMOTORA BROWN BOVERI TIPO Ge 4/4 II

CARACTERISTICAS TECNICAS

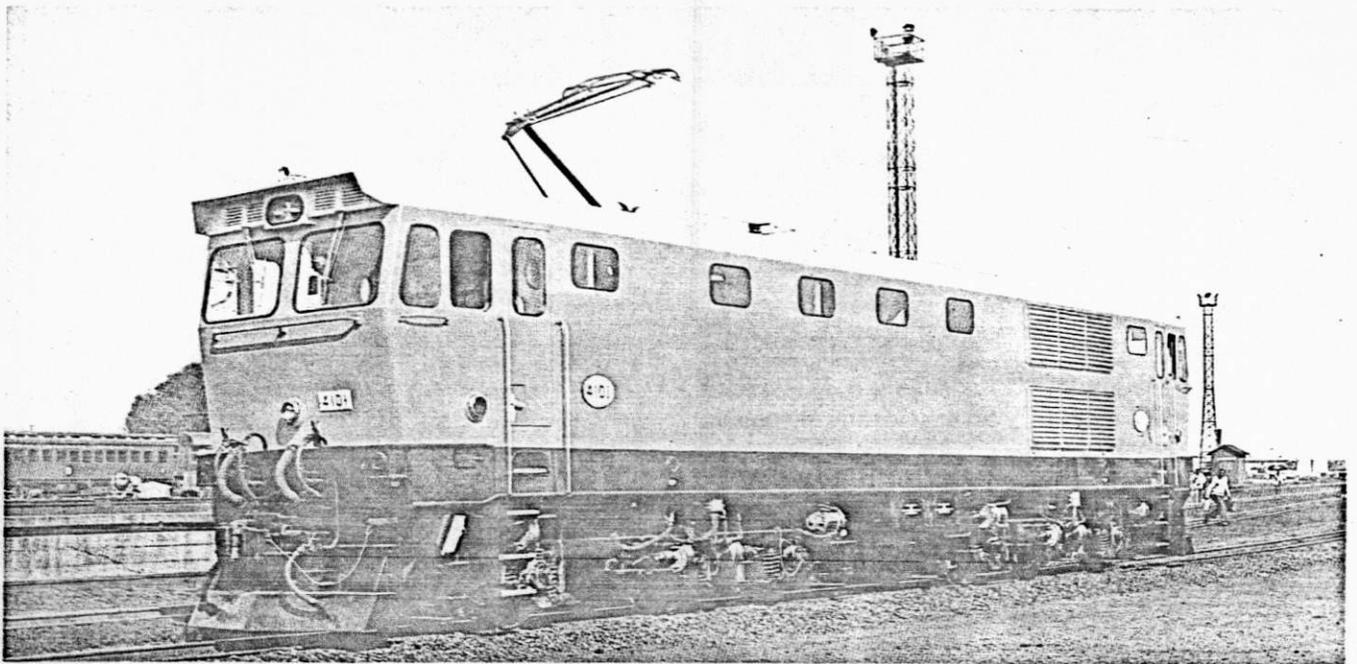
Potencia unihoraria	1700 Kw.
Esfuerzo de tracción unihorario en la rueda, a una velocidad de 52 Km/hr.	113.8 kNewton
Esfuerzo de tracción al arranque.	178.5 kNewton
Velocidad máxima	90 Km/hr.
Disposiciones de los ejes	Bo' Bo'
Ancho de la vía	1000 mm.
Diámetro de las ruedas motrices nuevas.	1707 mm.
Peso total adherente.	50 t,
Peso de la parte mecánica	24.5 t.
Peso de la parte eléctrica incluidos los motores de los ejes.	25.5 t.
Longitud total con dos cabinas.	12.960 mm.
Entreeje de los pivotes de los bogies.	6.200 mm.
Paso entre ejes del bogie.	2.300 mm.
Potencia unihoraria sobre el árbol de los motores a una velocidad de 52 Km./hr.	4 x 425 = 1.700 Kw.
Tensión de la línea de contacto (variable de 8.500 a 13.200)	10.500 V
Frecuencia	16 2/3 Hz
Carga remolcada en pendiente de 3.55 %	220 t.



FIGURA 5 : LOCOMOTORA BROWN BOVERI TIPO EL1 PARA FERROCARRIL DE ZIMBABWE.

CARACTERISTICAS TECNICAS

Potencia en régimen continuo	2.400 Kw
Esfuerzo de tracción en la rueda a la velocidad de 32 Km/hr.	260 KNewton
Esfuerzo de tracción al arranque (rango velocidad 0 a 28Km/hr.)	358 kNewton
Velocidad máxima	110 Km/hr.
Disposición de los ejes.	Co' Co'
Ancho de la vía	10 m
Diámetro de las ruedas motrices semiusadas.	974 mm.
Peso total adherente.	114 t.
Peso de la parte mecánica	74.5 t.
Peso de la parte eléctrica incluida la transmisión.	39.5 t.
Longitud total con muñones de enganche.	19.040 mm.
Entreeje de los pivotes de los bogies.	10.200 mm.
Pasos entre ejes motrices del bogie.	1900 y 2400 mm.
Tensión de alimentación (variable de 17.5 a 28.5 Kv).	25 Kv.
Frecuencia	50 Hz
Carga remolcada en pendiente compensada de 2.5. %	750 t.
Potencia de los motores	6 x 415 = 2.490 Kw



205187 C

Fig. 3 – Converter main-line Co'Co' locomotive EL1 (Nos. 4101–4130) of the NRZ for single-phase alternating current at 25 kV/50 Hz

Fig. 4 – Outline drawing of the main-line locomotive EL 1 of the NRZ

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| 1 = Current collector                          | 53 = Traction motor fan          |
| 3.2 = Surge arrester                           | 58 = Oil cooler fan              |
| 4 = Earth disconnector                         | 60 = Motor oil pump              |
| 5 = Main circuit-breaker                       | 62 = Exhauster                   |
| 7+30 = Main transformer with smoothing reactor | 73 = Primary voltage transformer |
| 8 = Bushing-type primary current transformer   | A = Driver's desk, side I        |
| 20 = Traction motor                            | B = Driver's desk, side II       |
| 25 = Braking resistor                          | C = Auxiliary equipment unit     |
| 27 = Main converter                            | D = DC auxiliary equipment unit  |
| 48 = Compressor                                | E = Control equipment unit       |
| 49 = Contactor for 50                          | L = Electronic control system    |
| 50 = Arno rotating converter                   | P1/2 = Pneumatic equipment unit  |
|  | M1/2 = Traction motor switchgear |

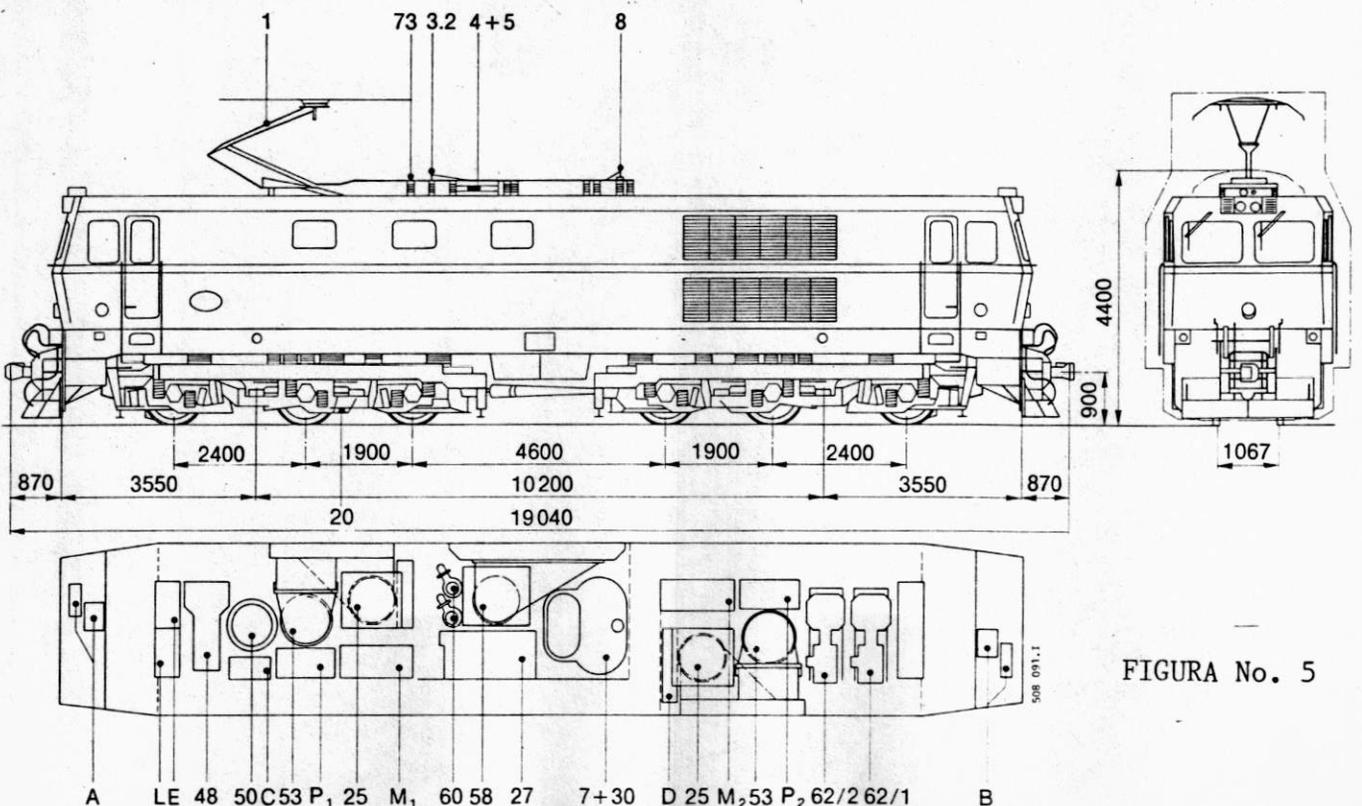


FIGURA No. 5

FIGURA 6 : LOCOMOTORA BROWN BOVERI Re 4/4 IV  
PARA FERROCARRILES FEDERALES SUIZOS.

CARACTERISTICAS TECNICAS

Potencia en régimen continuo	4.872 Kw
Esfuerzo de tracción en la rueda a la velocidad de 86Km/hr.	213 kNewton
Esfuerzo de tracción al arranque	308 kNewton
Velocidad máxima	160 Km/hr.
Disposición de los ejes.	Bo' Bo'
Ancho de la vía	1.435 mm.
Diámetro de las ruedas motrices semiusadas.	1.230 mm.
Peso total adherente.	81 t.
Peso de la parte mecánica (incluida la transmisión en los ejes).	41.3 t
Peso de la parte eléctrica	39. 7 t.
Longitud total (con muñones de enganche)	15.800 mm.
Entreeje de los pivotes de los bogies.	7.900 mm.
Paso entre ejes motrices del bogie.	2.900 mm.
Tensión de alimentación (variable de 12 a 18 Kv.)	15 Kv
Frecuencia	16 2/3 Hz
Potencia de los motores	4 x 1.218 = 4.872 Kw

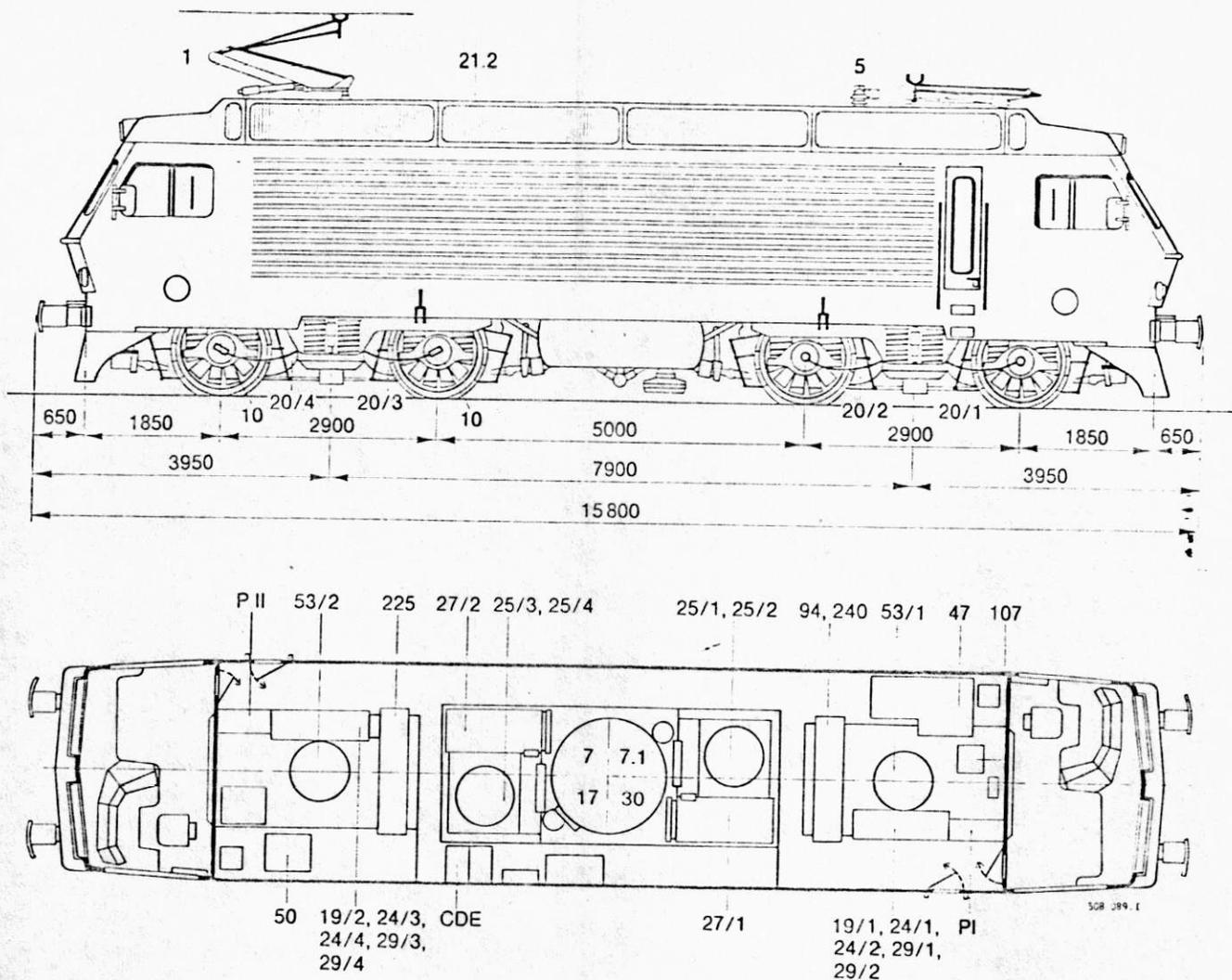


Fig. 14 – Outline drawing of the class Re 4/4 IV locomotive of the SBB

- 1 = Pantograph
- 5 = High-speed airblast circuit-breaker
- 7 = Main transformer
- 7.1 = Additional commutation reactor
- 10 = Earthing brush
- 17 = Converter for separate excitation
- 19 = Switching unit for reversal of direction
- 20 = Traction motor
- 21.2 = Permanent shunt for field smoothing
- 24 = Contactor for braking
- 25 = Braking resistor

- 27 = Traction converter
- 29 = Contactor for motoring
- 30 = Smoothing reactor
- 47 = Compressor set
- 50 = Auxiliary converter
- 53 = Fan group for traction motor
- 94 = Central unit of the speed measurement system
- 107 = Battery charger
- 225 = Electronic automation and control
- 240 = Train control equipment
- CDE = Switchboard unit with protection switches, relays and control switches
- PI, II = Boards for pneumatic equipment

FIGURA No. 6

FIGURA 7 : LOCOMOTORA ASEA TIPO RC3  
PARA FERROCARRILES DE SUECIA

CARACTERISTICAS TECNICAS

Potencia en régimen continuo	3.600 Kw
Esfuerzo de tracción en la rueda a la velocidad de 92 Km/hr.	14.2 t
Esfuerzo de tracción al arranque	25 kNewton
Velocidad máxima	160 Km/hr.
Disposición de los ejes	Bo Bo
Ancho de la vía	1.435 mm.
Diámetro de las ruedas motrices nuevas.	1.300 mm.
Peso total adherente	80 t.
Peso de la parte mecánica	52.2 t.
Peso de la parte eléctrica	27.8 t.
Longitud total(con muñones de enganche).	15.520 mm.
Entreeje de los pivotes de los bogies.	7.700 mm.
Paso entre ejes motrices del bogie.	2.700 mm.
Tensión de alimentación	15 Kv.
Frecuencia	16 2/3 Hz
Potencia de los motores	4 x 900 = 3600 Kw

Dimensions

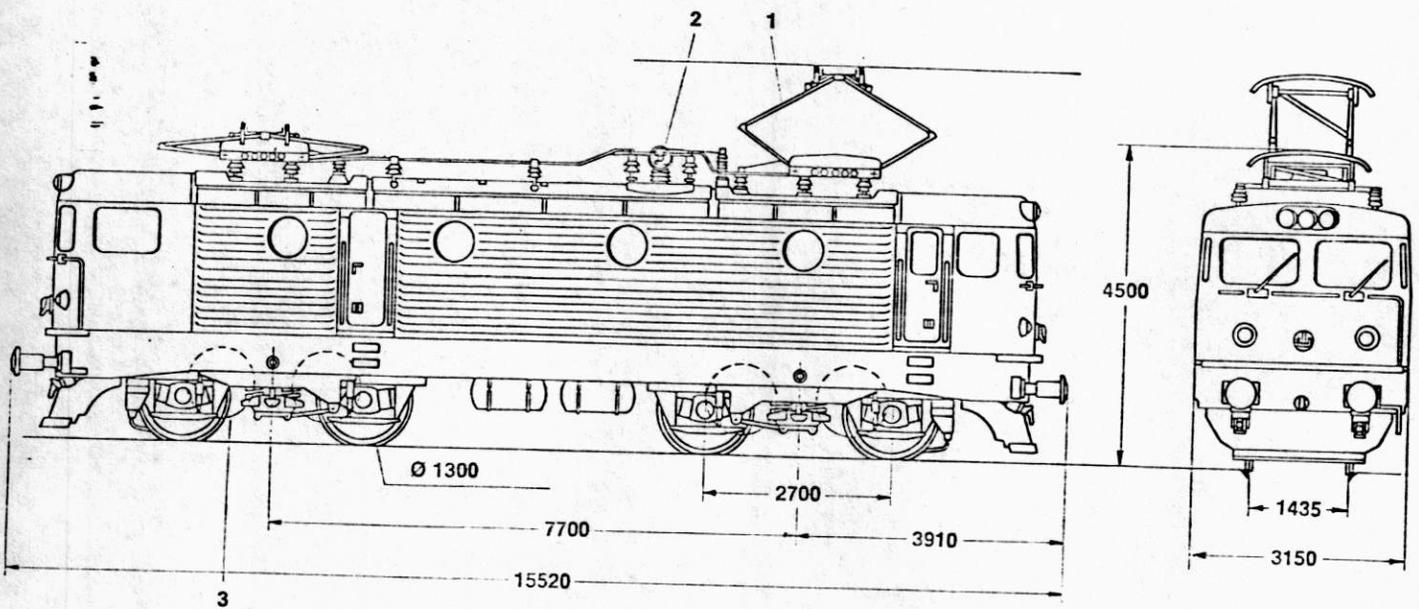


FIGURA No. 7

(Fr 4458)

FIGURA 8 : LOCOMOTORA JEUMONT SCHNEIDER, TIPO 2000  
PARA FERROCARRILES DE FRANCIA (1970)

CARACTERISTICAS TECNICAS

Potencia en régimen continuo	4.400 Kw
Disposición de los ejes	Co Co
Ancho de la vía	1.435 mm.
Peso total adherente	103 t.
Tensión de alimentación	25 Kv.
Frecuencia monofásica	50 Hz.
No. y Potencia de los motores	4 x 1100 Kw
Año de primera fabricación	1971

# DIAGRAMME D'INSTALLATION DE LA CC 20002

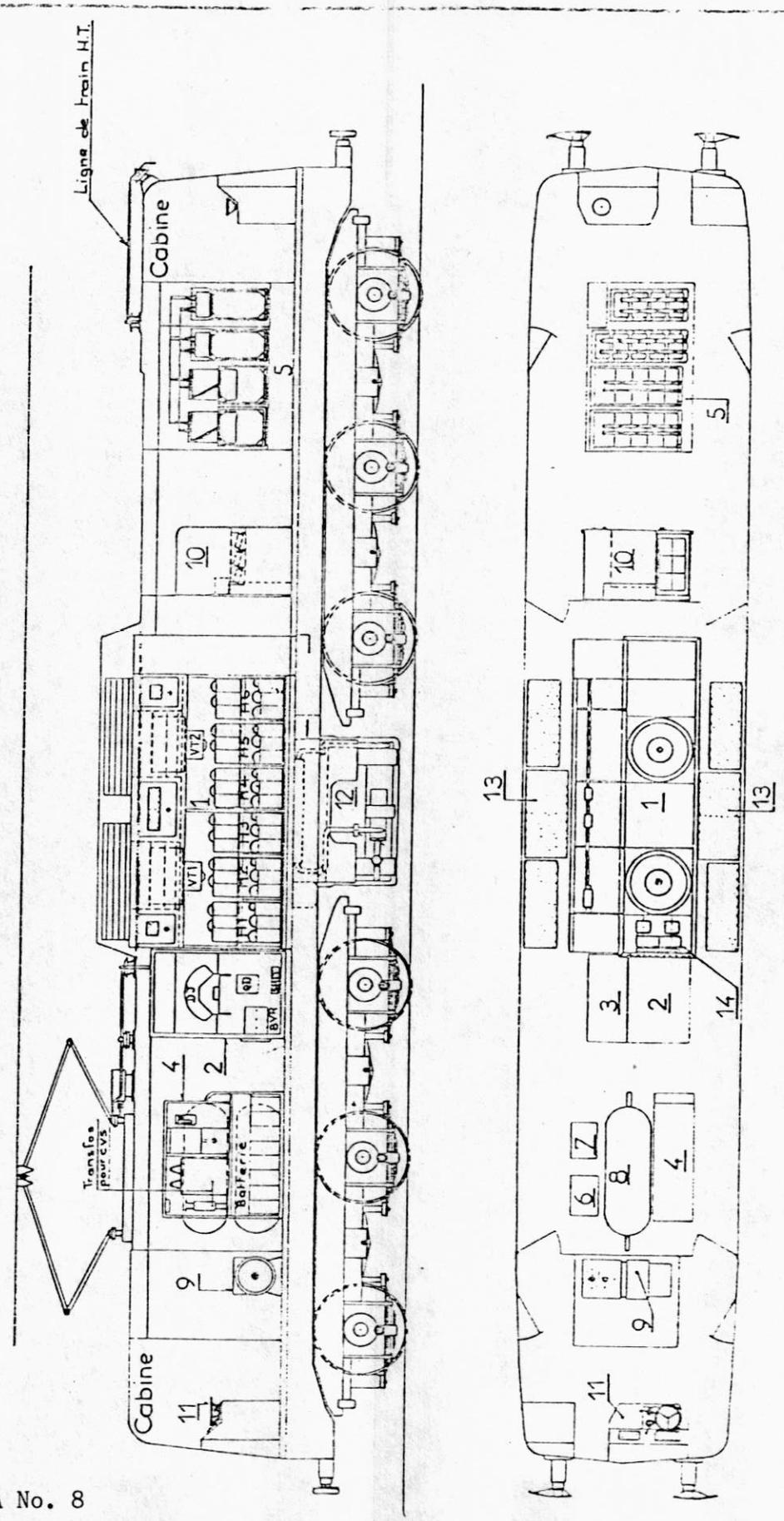


FIGURA No. 8

Fig. 15. — Équipement de la locomotive CC 20 002

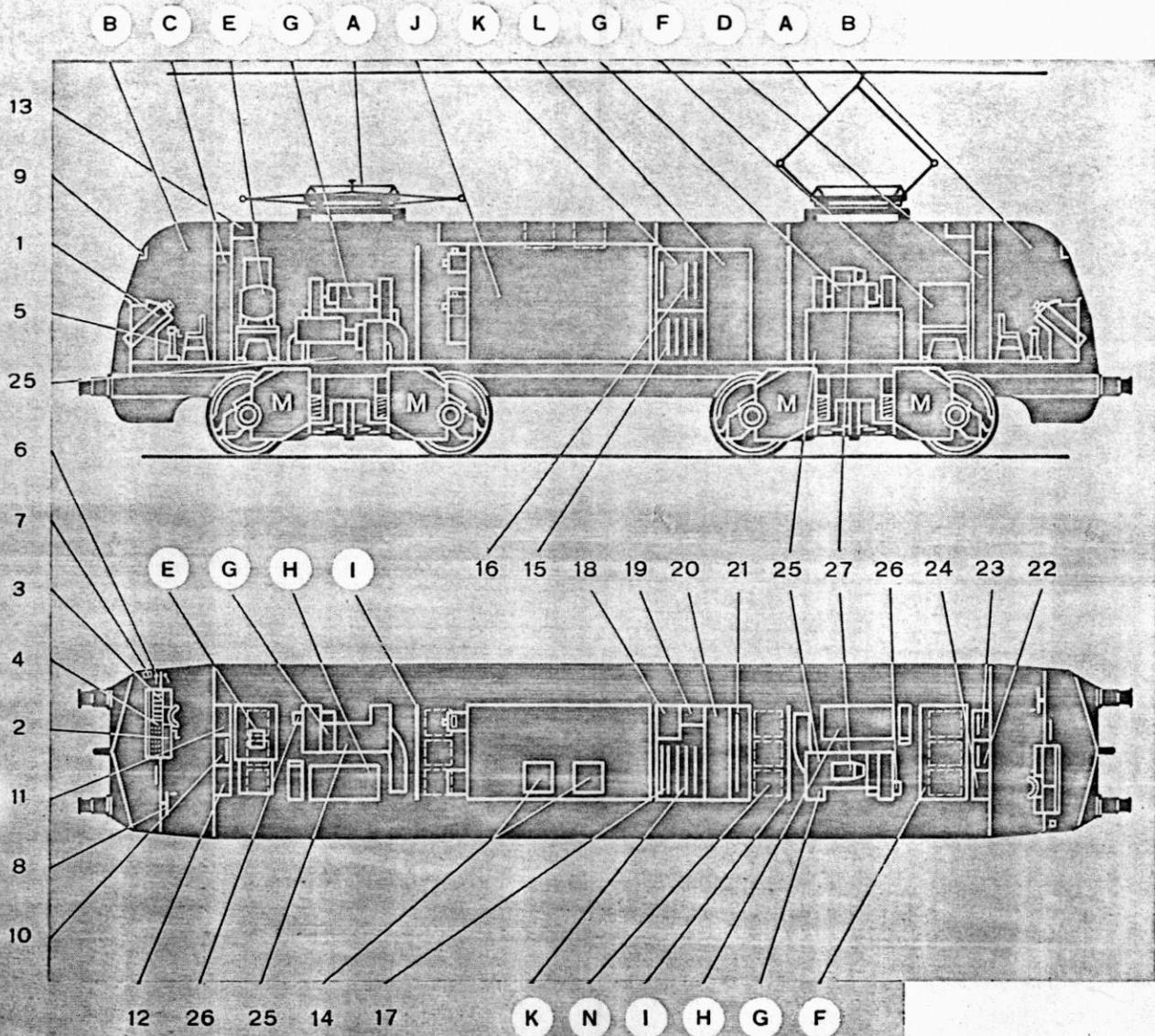
- 1 - Bloc "hacheur"
- 2 - Bloc disjoncteur
- 3 - Convertisseur statique
- 4 - Bloc batterie
- 5 - Compartiment condensateur
- 6 - Chargeur batterie
- 7 - Bloc pneumatique
- 8 - Réservoirs principaux
- 9 - Compresseur
- 10 - Table d'essais
- 11 - Manipulateur
- 12 - Cuve à sels
- 13 - Aéroréfrigérants
- 14 - Limiters de surtensions

FIGURA 9 : LOCOMOTORA ACEC , TIPO 123

CARACTERISTICAS TECNICAS

Potencia en régimen continuo	1900 Kw
Velocidad máxima	125 Km/hr.
Disposición de los ejes	Bo Bo
Ancho de la vía	1.435 mm
Diámetro de las ruedas motrices nuevas.	1.262 mm.
Peso total adherente.	92 t.
Longitud total con dos cabinas (con muñones de enganche)	18 m.
Entreeje de los pivotes de los bogies.	8.600 mm.
Paso entre ejes motrices del bogie.	3.450 mm.
Tensión de alimentación. Corriente Continua.	3000 V
Carga remolcada en pendiente * compensada de 2.7%, a velocidad de 70Km/hr.	350 t.
No. y potencia de los motores	4 x 470 Kw.
Año de primera fabricación	1.956

\* Estas locomotoras pueden remolcar trenes de mercancías con una carga, según perfil de la vía de 1600 a 600 t. , a velocidades comerciales de 40 a 70 Km/hr. y trenes de pasajeros de 650 a 430 tn. a velocidades comerciales de 100 a 110 Km/hr.

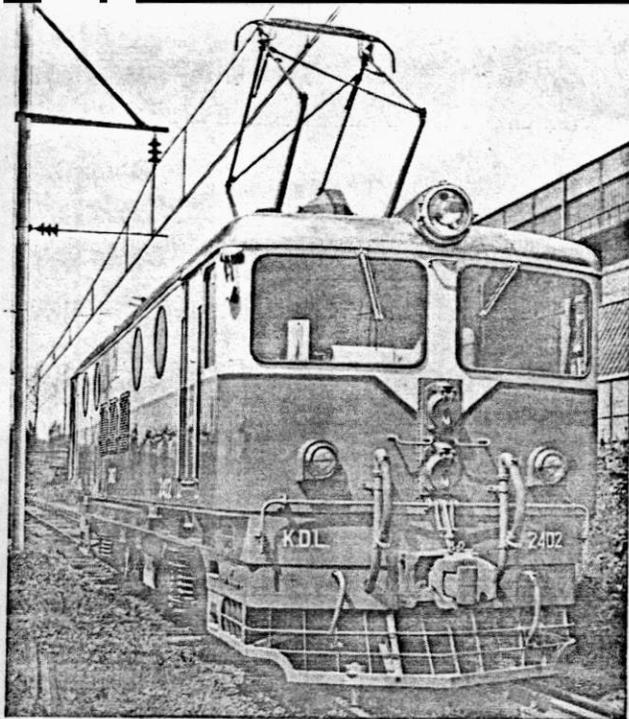


- |   |  |   |
|---|--|---|
| A Pantographes  | 3 Appareils de mesure  | 16 Contacteurs électropneumatiques de chauffage                       |
| B Postes de conduite  | 4 Lampes de signalisation  | 17 Panneaux à relais auxiliaires                                      |
| C Armoire côté Cabine I   | 5 Commande manuelle  | 18 Boîte à clefs et relais à retour de courant                        |
| D Armoire côté Cabine II  | 6 Robinets de frein  | 19 Relais à max. de chauffage et sectionneur de mise à la terre       |
| E Groupe moteur excitatrice                                       | 7 Manomètre et Téléc   | 20 Disjoncteur ultra-rapide   |
| F Shunts inductifs  | 8 Frein à main   | 21 Relais de tension nulle, différentiel de tension et de sur-tension |
| G Groupes moteurs ventilateurs                                    | 9 Signalisation du JH  | 22 Tableau d'asservissement-appareillage de commande du Téléc         |
| H Groupes moteurs compresseurs                                    | 10 Tableau d'asservissement et appareillage pneumatique                                    | 23 Tableau de batterie et régulateur de tension de batterie           |
| I Panneau avec l'appareillage de commande du frein à air comprimé | 11 Appareillage de commande du groupe d'excitation   | 24 Armoire vestiaire  |
| J Bloc de JH  | 12 Armoire à outils  | 25 Batterie   |
| K Bloc récupération   | 13 Résistance de démarrage des groupes compresseurs et ventilateurs                        | 26 Relais anémométrique   |
| L Bloc D U R  | 14 Résistance de démarrage, de limitation et d'excitation du moteur du groupe d'excitation | 27 Génératrice auxiliaire pour la charge de batterie                  |
| M 4 moteurs de traction   | 15 Contacteurs électropneumatiques de ligne  |   |
| N Trappes de visite   |  |   |
| 1 Manipulateur  |  |   |
| 2 Boîte à interrupteurs   |  |   |

FIGURA 10 : LOCOMOTORA ACEC TIPO 2.400

CARACTERISTICAS TECNICAS

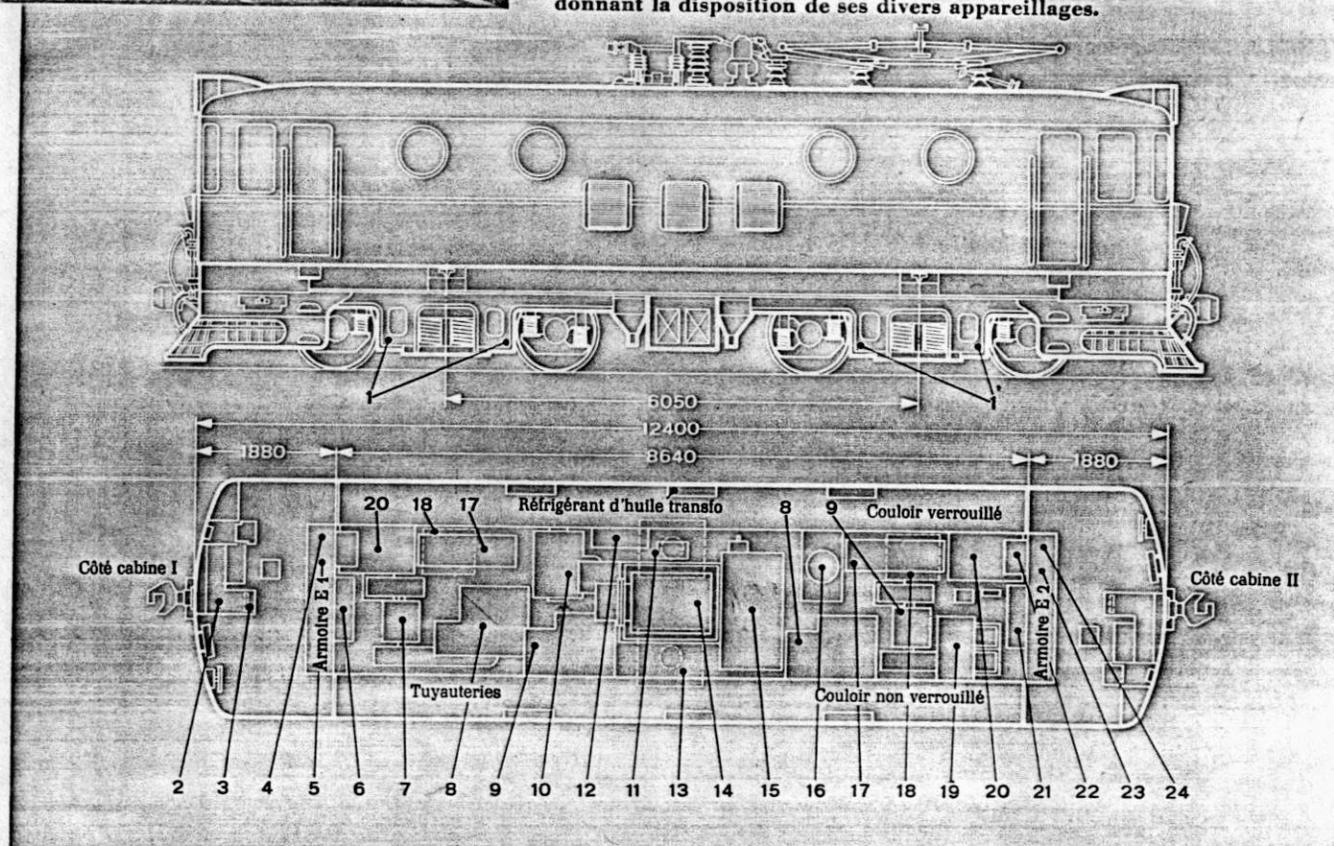
Potencia en régimen continuo	1480 Kw a 45 Km/hora.
Esfuerzo de tracción en la rueda a la velocidad de 45 Km/hora.	12 t.
Esfuerzo de tracción al arranque.	18 t.
Velocidad máxima	65 Km/hr.
Disposición de los ejes	Bo'Bo'
Ancho de la vía	1.067 mm.
Diámetro de las ruedas motrices semiusadas.	976 mm.
Peso total adherente.	56 t.
Peso de la parte mecánica	30 t.
Peso de la parte eléctrica incluida la transmisión.	36 t.
Longitud total con dos cabinas (sin muñones de enganche).	12.400 mm.
Entreeje de los pivotes de los bogies.	6.050 mm.
Paso entre ejes motrices del bogie.	2.800 mm.
Tensión de alimentación (variable de 18.5 Kv. a 26.7 Kv).	25 Kv.
Frecuencia	50 Hz
Carga remolcada en pendiente compensada de 1.25 %.	600 t.
Potencia de los motores	4 x 370 = 1.480 Kw.



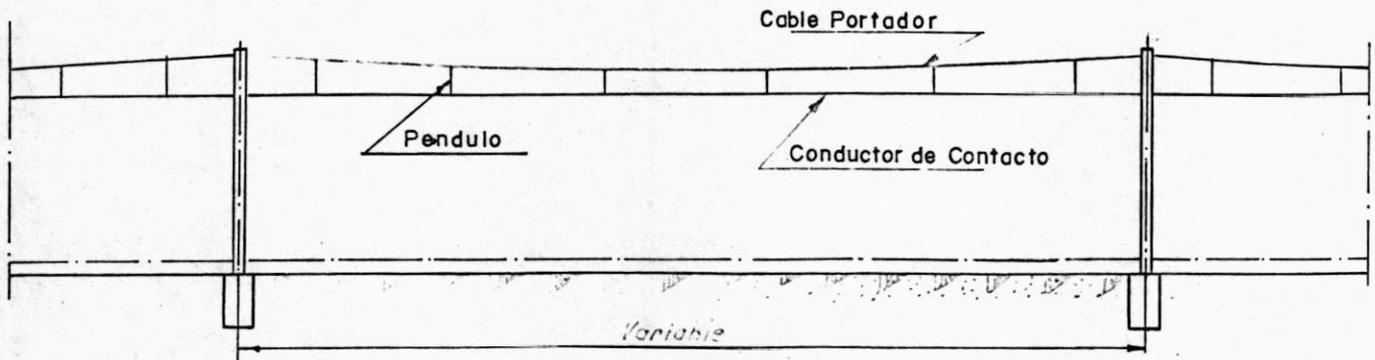
### LÉGENDE

- |    |   |    |                          |
|----|---|----|--------------------------|
| 1  | Moteur de traction                              | 12 | Tableau d'appareillage   |
| 2  | Pupitre de commande                             | 13 | Résistance de freinage   |
| 3  | Tableautin des fusibles                         | 14 | Transformateur           |
| 4  | Panneau relais cabine I                         | 15 | Graduateur               |
| 5  | Tableau d'asservissement                        | 16 | Self de lissage          |
| 6  | Tableau d'appareillage                          | 17 | Armoire de contrôle      |
| 7  | Groupes moteur-ventilateur                      | 18 | Batterie                 |
| 8  | Tableau pneumatique                             | 19 | Tableau d'appareillage   |
| 9  | Groupes moteur-compresseur -<br>Pompe à vide    | 20 | Redresseurs silicium     |
| 10 | Groupe ARNO                                     | 21 | Tableau d'appareillage   |
| 11 | Panneau des relais de commande<br>du graduateur | 22 | Panneau relais           |
|    |   | 23 | Tableau de batterie      |
|    |   | 24 | Panneau relais cabine II |

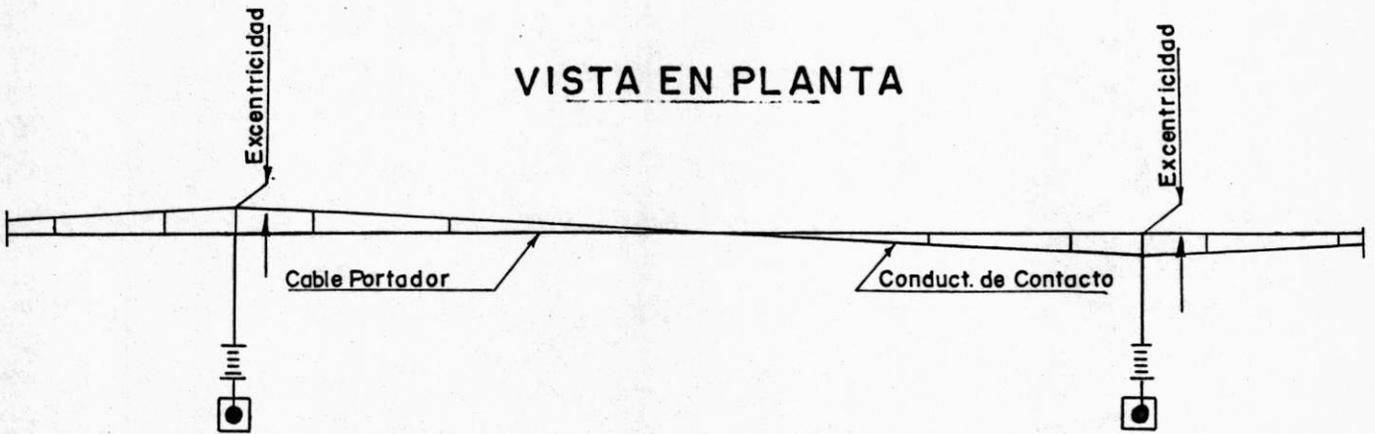
Fig. 5 et 6. - Vue d'une locomotive type 2400 et plan schématique donnant la disposition de ses divers appareillages.



## VISTA LONGITUDINAL



## VISTA EN PLANTA

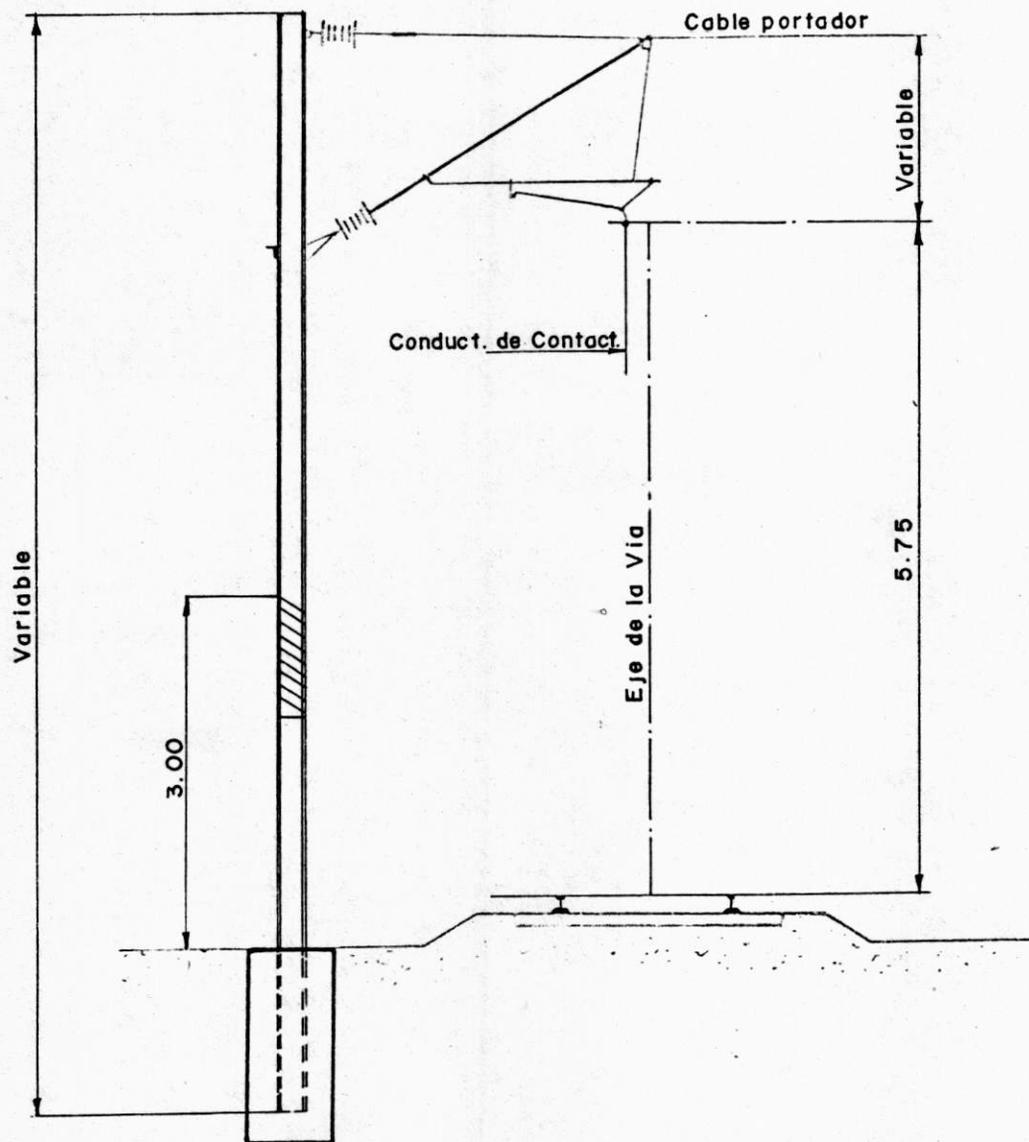


FUENTE: DOCUMENTO CGEE - ALSTHOM.

CATENARIA POLIGONAL 25 KV

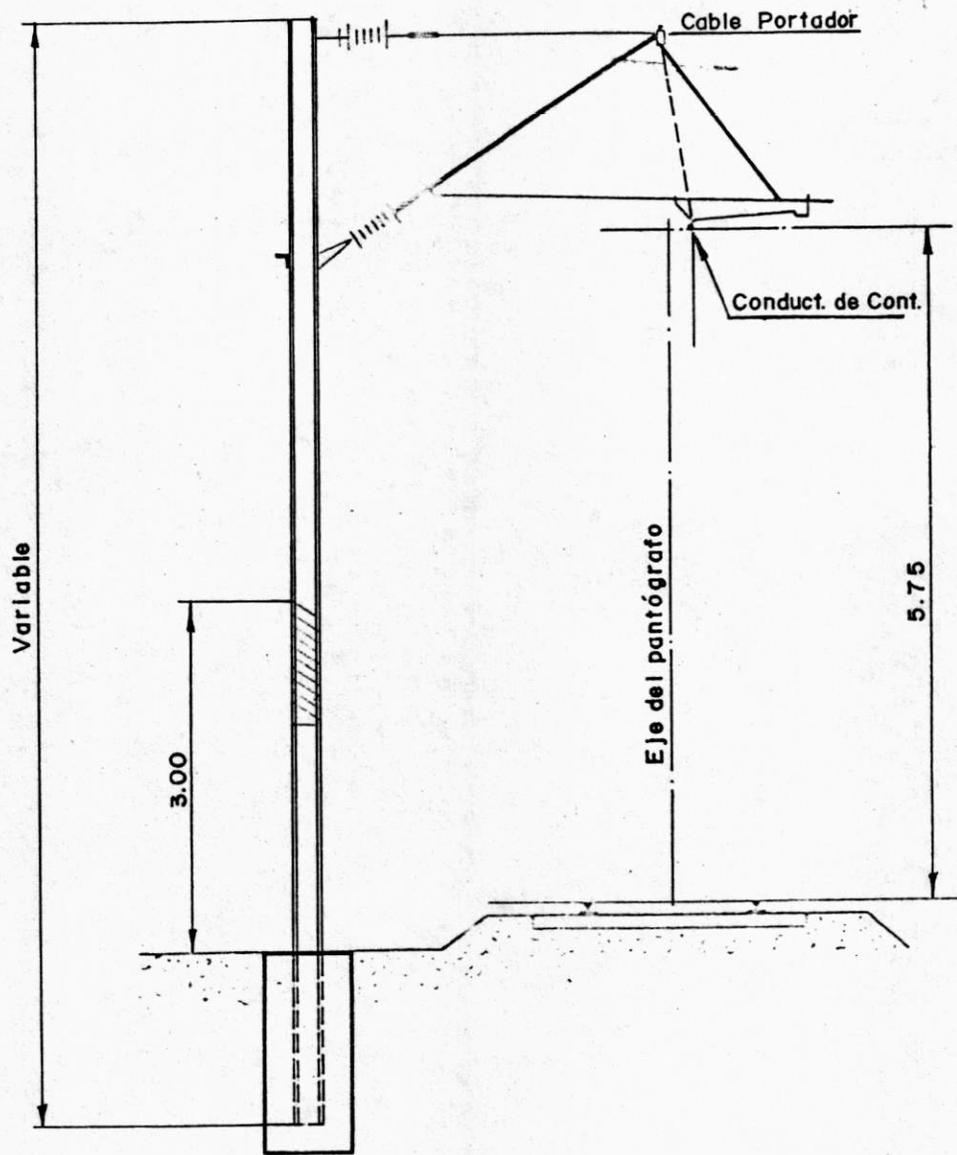
PRINCIPIO DE UNA CATENARIA

001



FUENTE · DOCUMENTO CGEE - ALSTHOM.

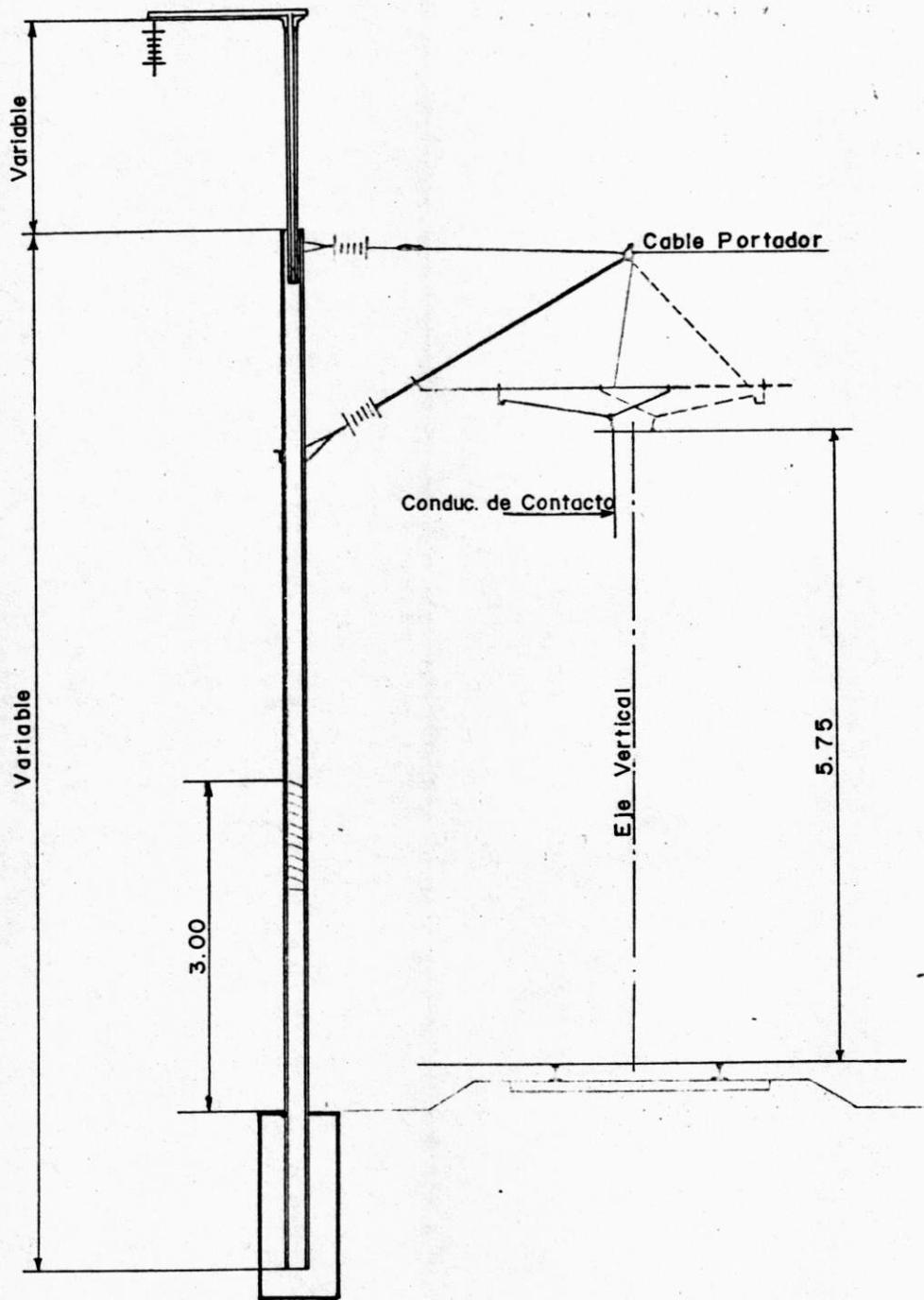
**CATENARIA POLIGONAL 25 KV.**  
**MONTAJE SOBRE POSTE EN**  
**ALINEAMIENTO**



FUENTE: DOCUMENTOS CGEE - ALSTHOM.

**CATENARIA POLIGONAL 25 KV.**

**MONTAJE SOBRE POSTE EN  
ALINEAMIENTO**



FUENTE: DOCUMENTOS CGEE - ALSTHOM.

**CATENARIA POLIGONAL 25 KV.**  
**MONTAJE DE UN SOPORTE CON**  
**ALIMENTADOR EN ALINEAMEN.**