

# SECCIÓN TÉCNICA

## Equipo de ferrocarril con motores de combustión interna

Por

JOAQUIN MARCÓ

En Enero de 1926 se ha entregado al servicio en los Estados Unidos un carro con motor de gasolina, que ha movilizadado un tren de un peso bruto de 165 tons. a 16 kilómetros por hora en una gradiente de 2% y a 65 kilómetros por hora en horizontal.

Hay además en ensayo en los Ferrocarriles 6 locomotoras con motores del ciclo Diesel de una potencia de 300 a 1 000 H.P.

### I— CARROS AUTO-MOTORES EN LOS FF. CC. AMERICANOS

La estadística del movimiento de pasajeros en los FF.CC. de los EE.UU. ha anotado una disminución del tráfico a partir de 1920, como puede verse tomando los datos desde 1916:

Ferrocarriles de I Clase con 377 000 Km. de líneas.

| AÑOS           | Pasajeros movil. | Pasajeros-Milla por<br>milla de ferrocarril.<br>Intensidad de tráfico) |
|----------------|------------------|--|
| 1916 . . . . . | 1.005 954 777    | 149 795  |
| 1917 . . . . . | 1 066 638 474    | 170 088  |
| 1918. . . . .  | 1 084 997 896    | 183 066  |
| 1919 . . . . . | 1 177 820 454    | 198 345  |
| 1920 . . . . . | 1 234 862 048    | 199 708  |
| 1921. . . . .  | 1 035 496 329    | 159 551  |
| 1922 . . . . . | 967 409 205      | 151 410  |
| 1923 . . . . . | 986 913 075      | 161 777  |
| 1924 . . . . . | 932 678 462      | 153 254  |

Se supone que esta disminución del tráfico de pasajeros se debe a la competencia de los automoviles y autobuses. Al terminar el año 1925 había 19 500 000 automóviles y 69 425 autobuses. Estos últimos compiten con los ferrocarriles movilizandopasajeros en 334 401 millas de caminos. (535 000 Km.).

Los valores medios de la estadística anotada, que se refieren a las 235 496 millas (377 000 Km.) de ferrocarriles de I clase, no demuestran la importancia que la reducción de tráfico de pasajeros ha tenido para ciertas Compañías que operan en regiones donde la competencia de los automóviles es mas activa. (1) Estas Empresas, que por razón del control ejercido por el Gobierno, no pueden reducir sus gastos de operación suprimiendo servicios o faciidades al público, han tenido que estudiar medios de trasporte que signifiquen una economía sobre la tracción a vapor. Se explica, así, el gran interés de los ferrocarriles en ensayos de carros automotores y de locomotoras con motores de combustión interna. En el período 1922-1925 se han puesto en servicio 396 carros auto-motores de una capacidad variable entre 35 a 100 pasajeros (20 a 50 toneladas de pesos).

Los carros con motores de gasolina para inspección y los carros auto-motores de pequeño tamaño se han usado en los Estados Unidos desde hace varios años. Pero sólo, últimamente se ha tratado de reemplazar con carros auto-motores de gran capacidad, los trenes a vapor de pasajero).

El presente estudio se refiere únicamente a los carros auto-motores de capacidad comparable con el equipo «standarrd» de pasajeros (más de 30 toneladas de peso), a los trenes de carros auto-motores operados con un control único y a las locomotoras con motor de petróleo.

## II.— GENERALIDADES SOBRE LOS CARROS AUTO-MOTORES

La especificación de un carro auto-motor de ferrocarril debe cubrir tres partes principales:

- El motor
- La transmisión
- El carro.

---

1) El Chicago Great Western R. R. Co., una de las Compañías del Oeste de Estados Unidos que hace mayor uso de los carros auto-motores, tiene una intensidad de tráfico de pasajeros inferior en 50% al promedio para todo el país. El número de pasajeros kilómetro por carro-kilómetro en esta Empresa es 10.64.

Pueden usarse motores de combustión interna a gasolina o a petróleo. El motor de gasolina ha sido mejorado como resultado de la industria de los automóviles y de la aviación. El motor de petróleo, que había sido desarrollado progresivamente desde el descubrimiento de Rudolf Diesel en 1893, ha sido perfeccionado después de la Guerra, teniendo actualmente un campo enorme de utilización en la industria y el transporte.

El problema de la transmisión de fuerza del motor a las ruedas motrices ha presentado las dificultades más grandes en la experiencia con este equipo. Puede decirse, como se verá mas adelante, que cada sistema de transmisión usado actualmente ofrece una u otra ventaja sobre los demás, sin ser ninguno de ellos perfecto.

El carro, puede proyectarse usando la experiencia disponible en equipo de pasajeros de ferrocarril, en carros eléctricos, en automóviles y autobuses. En general, la tendencia del fabricante americano de carros auto-motores es construir los cuerpos de los carros (Body) de acuerdo con las normas usadas en el equipo «standard» de pasajeros. El perfeccionamiento en los materiales de construcción ha permitido reducir el peso por pasajero; pero generalmente, el trabajo pesado de un carro de ferrocarril y la necesidad de hacer fácil la reparación y cuidado ha hecho considerar de mayor importancia la solidez y duración que el peso. Ha sucedido, que el cuerpo de los carros auto-motores, que originalmente se diseñaba siguiendo la práctica de los fabricantes de carrocerías de autos, se contruye hoy día con especificaciones semejantes a las usadas en los coches de pasajeros de ferrocarril.

#### A.—MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.—

##### 1) *Clasificaciones comunes a todos los tipos de motores.*

La comisión encargada por el Instituto de Ingenieros Mecánicos de Londres para estudiar una clasificación de motores de combustión interna, presentó un informe desfavorable en los términos siguientes: «After careful consideration, the Committee has been forced to the conclusion that an extended classification would be of little value, and that it is improbable that any system of nomenclature could be devised to cover all divergent points of detail and to meet practical requirements» (Proc. Inst. Mech. Eng. Nov. 1922, pág. 1114.)

Efectivamente, el desarrollo de los motores de combustión interna se ha efectuado y se hace actualmente en tan diversas direcciones que es imposible fijar tipos

o modelos. Lo único que puede hacerse es agruparlos en grupos según ciertas características.

Para facilitar el uso de catálogos y evitar confusiones se ha anotado entre paréntesis los términos ingleses que corresponden al castellano.

Un motor puede ser vertical (vertically) u horizontal (horizontally) según la posición de los cilindros.

El motor de acción simple (single-acting engine) recibe los impulsos de la expansión de los gases en un lado del pistón. Un motor de doble acción (double acting engine) recibe compresión en ambas caras del pistón.

Los cilindros pueden estar colocados uno detrás del otro, (tandem) o si los pistones trabajan en direcciones opuestas en un cilindro, pistones en oposición (opposed piston type engine).

Un motor de combustión interna de gasolina o sistema Diesel puede ser de cuatro tiempos (four strokes) o de dos tiempos (two strokes). El motor de cuatro tiempos, llamado también de ciclo de Otto (Otto cycle) funciona con 4 movimientos del pistón: aspiración, compresión, expansión, expulsión; recibiendo en uno de ellos el impulso de la explosión o combustión de la mezcla de combustible y aire. El motor de dos tiempos, llamado también de ciclo de Clerk (Clerk Cycle), el pistón efectúa dos movimientos: compresión y expansión; habiéndose reemplazado la aspiración y la expulsión por la inyección forzada de la mezcla explosiva o aire en los cilindros al final de la expansión. expulsando de este modo los gases quemados por la explosión anterior.

## 2) *Designaciones especiales.*

Motores de Gasolina.—(Motores según el ciclo de Otto. Motores según ciclo de volumen constante). Los motores de gasolina o los que utilizan cualquier gas combustible trabajan por la explosión de una mezcla de aire con gas. Esta mezcla es aspirada por el movimiento del pistón en los cilindros en el tiempo de aspiración (motor de cuatro tiempos) o es inyectada en los cilindros después del tiempo de expansión (motor de dos tiempos). La compresión rápida de la mezcla gaseosa, en los cilindros, en el tiempo de compresión, desarrolla calor y si no se limita la presión máxima de compresión alcanzará a producirse la combustión espontánea de la mezcla. Los motores de gasolina tienen, por consiguiente, una presión de compresión (compression ratio) limitada.

Necesitan un carburador (carburator) para vaporizar el combustible y dispositivos para producir la ignición de la mezcla explosiva. (ignition system).

El trabajo de los motores de gasolina se hace según el ciclo de Otto (Otto cycle, año 1876) en los motores de 4 tiempos, o según el ciclo de Clerk (Clerk cycle, año 1880) en los motores de 2 tiempos.

El Diagrama Indicador ideal para un ciclo completo del motor de 4 tiempos se ha dibujado en la fig. 1.—

La *eficiencia térmica* del ciclo de trabajo de un motor de combustión, o sea, la razón entre el área que representa el trabajo del ciclo y el área del calor suministrado, no podrá llegar al máximo indicado por el ciclo de Carnot que se da por la fórmula:

$$Ef = \frac{T^1 - T^2}{T^1}$$

$T^1$       Temperatura absoluta máxima del ciclo.

$T^2$       Temperatura absoluta mínima del ciclo.

De la fórmula anterior se puede especular que, cuanto mayor sea la temperatura al final de la compresión en el ciclo de Otto, o lo que es lo mismo cuanto mayor sea la presión, será mayor la eficiencia. Existe una ventaja en tener una compresión alta, o el espacio muerto entre la cabeza de los cilindros y el pistón lo menor posible. Pero en la práctica intervienen en la eficiencia del motor otros factores.

Primeramente la presión máxima de compresión está limitada por el punto de ignición espontánea de la mezcla gaseosa.(1) Los motores de gasolina tienen una razón de compresión de 3,5 a 5 en los motores de auto y 4,5 a 6 en los de aeroplanos o máquinas de alta velocidad.

(1) Los valores experimentales de las presiones de detención espontánea para varios combustibles son:

|                | Razón de compresión<br>usada en el motor. | Presión.<br>Lbs. por Pulg.2. | Presión.<br>Kg. por cm.2. |
|----------------|---|------------------------------|---------------------------|
| Gasolina ..... | 5 a 1                                     | 125                          | 8,78                      |
| Benzol .....   | 7 a 1                                     | 195                          | 13,70                     |
| Alcohol .....  | 9 a 1                                     | 260                          | 18,27                     |

Los distintos tipos de motores trabajan con las siguientes compresiones:

| Tipo de motor                | Combustible   | Presión de compresión |                     | Temperatura compresión |
|------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
|                              |               | Lbs. por pulg. 2      | kg. cm <sup>2</sup> | C°.                    |
| Automóvil . . . . .          | Gasolina      | 45-95                 | 3-6,7               | 200                    |
| Estacionaria . . . . .       | Id.           | 60-105                | 4,2-7,4             | 207                    |
| HMotor Semi-Diesel . . . . . | Kerosina      | 30-75                 | 2,1-5,3             | 190                    |
| Alcohol . . . . .            | Alcohol       | 120-210               | 8,5-14,8            | 310                    |
| Inyección ol. . . . .        | Petróleo crud | 255                   | 18                  | 410                    |
| Diesel . . . . .             | Id.           | 510                   | 36                  | 537                    |

Las pérdidas de calor dependen de la temperatura de los gases, del área total de los cilindros, de la densidad de la mezcla gaseosa y de la conductibilidad de los materiales usados.

La velocidad del pistón, por otra parte, aumenta la eficiencia, pero produce un aumento de las pérdidas por fricción y una disminución de la *eficiencia volumétrica*. Esta última se refiere al aprovechamiento del volumen del cilindro por la mezcla gaseosa y está en dependencia del diseño de las válvulas y conductos de entrada y salida de los gases.

El equilibrio térmico en un motor de gasolina de 4 tiempos es aproximadamente:

|  |       |
|--|-------|
| Calor equivalente a trabajo (incluyendo frotamiento) | 32 %  |
| Pérdida en el agua de refrigeración . . . . .        | 27    |
| Pérdida en los gases de escape . . . . .             | 36    |
| Radiación . . . . .                                  | 5     |
|  | ----- |
|  | 100 % |

La eficiencia mecánica varía de 90 a 75 % . La eficiencia final considerando los H. P. en el volante es 28 a 24 % .

*Motor Diesel*.—(Diesel Motor). «Motor a combustión lenta».

(Slow-combustión oil engine). «Motor de combustión a presión constante». Mo-

tores que trabajan según el ciclo descubierto por el Dr. Rudolf Diesel (Berlín 1893. «The Rational Heat Motor»).

Se comprime aire en los cilindros hasta la presión máxima del ciclo y a esa presión se inyecta por medio de aire comprimido, en la cabeza del cilindro, petróleo crudo. El calentamiento del aire por la compresión es suficiente para producir la combustión sin necesidad de dispositivo especial para la ignición. El motor Diesel puede ser de 4 o de 2 tiempos.

El ciclo teórico del trabajo del motor Diesel de 4 tiempos se da en la figura 2.

El motor Diesel trabaja con petróleo crudo (fuel oil) de un peso específico de 0.92 a 0.96 y con 10 600 calorías.

La eficiencia máxima teórica del ciclo Diesel es 37.2 % trabajando con razones de compresión de 16 a 1, o de 14 a 1. Pero la eficiencia mecánica es solamente 70 o 75 % debido a la necesidad de comprimir el aire a 1000 lbs. por pulgada cuadrada ( 70 kg. cm<sup>2</sup> ) para inyectar el petróleo.

La eficiencia al freno de los motores usados en equipo de ferrocarril es más o menos 30 %. En un ensayo de un motor Diesel por el profesor W. H. Watkinson en 1922 encontró el siguiente balance térmico:

|  |        |
|--|--------|
| Calorías transformadas en trabajo útil al freno..... | 32,7 % |
| id utilizadas en auxiliares y frotamiento.....       | 11,7   |
| id pérdidas en el agua de enfriamiento.....          | 24,6   |
| id pérdidas en los gases expulsados.....             | 24,8   |
| id pérdidas por radiación.....                       | 6,2    |
|  | 100,0% |

Los mecanismos accesorios hacen el peso del motor Diesel por H. P. en el volante mayor que el del motor de gasolina. Su adaptación a las plantas pequeñas de fuerza para ferrocarril, en que el peso es importante, ha obligado al uso de materiales especiales en su construcción: aceros de aleación, aluminio, haciendo su costo más alto que el del motor de gasolina del mismo tamaño. Más adelante se dan algunas cifras que prmiten comparar los motores entre sí.

*Motor Semi-Diesel* a petróleo crudo o kenorosene. (Semi-Diesel). «Motor con cabeza incandescente» (Hot bulb oil engine).

En este tipo de motor, en el tiempo de la compresión, se comprime solamente aire en el cilindro y por esta razón se les ha llamado impropriadamente «Semi-Diesel».

La cabeza del cilindro tiene una parte sin refrigeración, la cual se calienta la partida con una lámpara de kerosene y que permanece incandescente durante el trabajo. El combustible es inyectado mecánicamente, sin aire comprimido, en la cabeza del cilindro, al final de la compresión, y es atomizado contra la plancha incandescente, produciéndose la combustión durante el tiempo que demora la inyección. La presión de compresión es más o menos 180 libras (12,65 kg. cm<sup>2</sup>.)

El ciclo del motor Semi-Diesel es a volúmen constante, (puede ocasionalmente tener una parte del ciclo a presión constante) llegando la presión al final de la combustión a 300 o 400 libras por pulgadas cuadrada (21 a 28 kg. cm<sup>2</sup>.)

El desarrollo de este motor se ha efectuado después de 1910, pero su construcción se ha usado en equipo de transporte.

*Motor de inyección Sólida.*—(Solid-Injection Motor). «Inyección sin aire». (Airless-injection). «Inyección mecánica». (Mechanical-injection) «Motor de alta alta compresión. » (High Compression). «Motor de partida en frío». (Cold-starting engine).

Es un motor que trabaja con petróleo crudo o kerosene. Puede construirse de dos o cuatro tiempos.

El pistón comprime, en el tiempo de compresión, aire a 500 o 550 libras (35 a 38,7 Kg. cm<sup>2</sup>.) como en el motor Diesel. El combustible es inyectado sin aire, mecánicamente por una válvula en la cabeza del cilindro, consiguiéndose por la forma de la cámara de combustión su atomización y mezcla rápida con el aire, y por la temperatura de éste, la combustión.

El ciclo ideal de trabajo es el siguiente: (1)

Los motores de inyección sólida han sido perfeccionados después de la Guerra.

Los tipos modernos tienen la eficiencia del motor Diesel, mayor sencillez de construcción y menor peso. El motor de Inyección Sólida tiene un gran futuro en equipo de transporte. La locomotora de la Ingersoll-Rand y los carros del Canadian National tienen motores de este tipo.

### *Motor Still*

El ingeniero inglés W. J. Still ha mejorado la eficiencia del motor Diesel com-

---

(1) Este ciclo se denomina también «Doble combustión» (Dual Combustion cycle) o «Ciclo mezclado» (Mixed Cycle) por ser una combinación del ciclo de Otto y del de Diesel.



binándolo con un generador de vapor de agua y usando la presión del vapor en un lado del pistón. La primera máquina experimental se construyó en 1920 y según el "Second Report of Marine Oil-Engine Trials Committee, Table 13, Proc. Inst. Mech. Eng. March 1925", se ha obtenido una eficiencia mecánica de 87%, 10% mayor que la del motor Diesel y un consumo de 0,36 lbs. de petróleo crudo por P.H. al freno a plena carga.

*B.—Sistema de transmisión de fuerza en carros motores o en locomotoras con motores de combustión interna.*

La transmisión del esfuerzo del motor de combustión interna a las ruedas motrices ha constituido el problema más difícil de este tipo de equipo. (1)

En los motores de combustión interna la potencia aumenta con la velocidad hasta cierto límite, el cual es imposible sobrepasar en un motor determinado. Esta limitación de potencia no existe en la máquina de vapor, la cual, por cierto período de tiempo, puede resistir una sobre carga usando la energía almacenada en la caldera. El motor eléctrico puede también aumentar su potencia consumiendo mayor corriente de la central de fuerza.

Al aplicar el motor de combustión interna al transporte ferroviario hay que diseñar dispositivos capaces de ajustar la velocidad del carro a la velocidad del motor cuando las condiciones de arrastre varían: por ejemplo, al aumentar el peso de la carga transportada o tener que subir una pendiente. (2)

Se han usado tres sistemas de transmisiones para obtener este resultado:

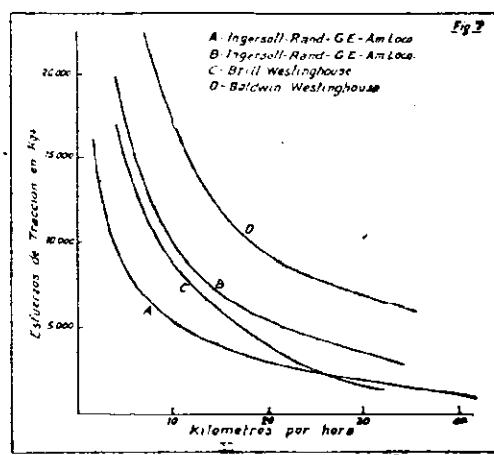
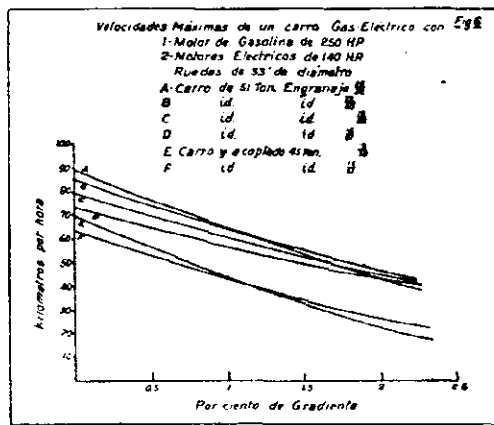
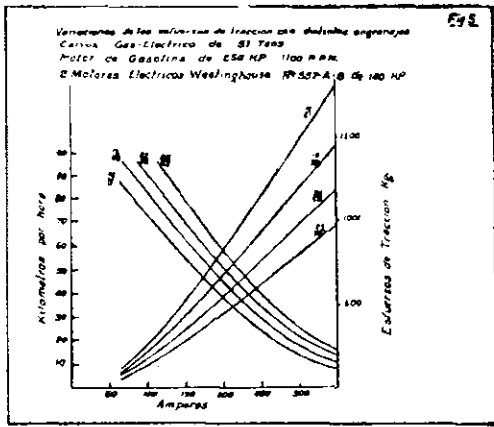
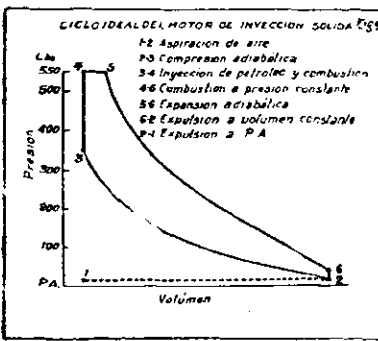
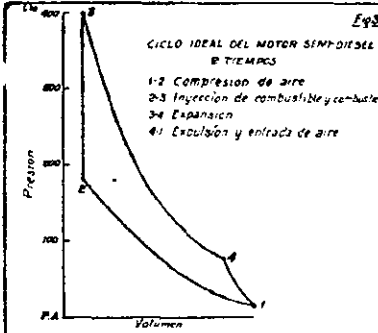
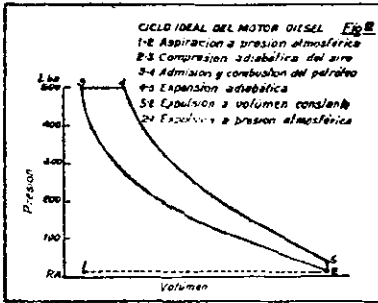
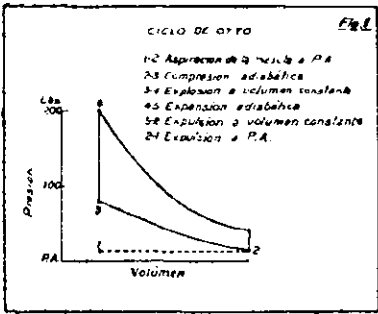
- 1) Transmisión mecánica.
- 2) Transmisión hidráulica.
- 3) Transmisión eléctrica.

---

(1) El equipo-automotor de ferrocarril debe dar un servicio pesado. Las cifras de kilometraje anual de automóviles o camiones no pueden servir de comparación. Puede suponerse que un carro auto-motor recorrerá al año 100 mil kilómetros término medio. Un automóvil rara vez alcanza 20 mil kilómetros.

(2) La necesidad del ajuste de la velocidad del carro a la del motor se hace más evidente comparando lo que en la subida de una gradiente, con la locomotora a vapor y con un carro auto-motor con transmisión de engranajes. La locomotora pasará de la horizontal a la gradiente y subirá esta, sin que el maquinista cambie la admisión, a una velocidad en que la caldera es capaz de suministrar vapor a los cilindros. La capacidad de la caldera es, pues, determinante. La subida puede aún continuarse ajustando la admisión.

En el carro auto-motor, si la gradiente es muy suave el motor podrá soportar la sobrecarga; pero corrientemente, el operador necesitará, primero, acelerar el motor, y después se verá forzado a disminuir la velocidad del carro cambiando la razón de engranajes de la transmisión, para evitar que el motor se pare.



### 1) *Transmisión mecánica*

Es el sistema usado corrientemente en los automóviles y camiones. El motor se conecta directamente a las ruedas a la velocidad máxima del carro, y por medio de engranajes de distinta razón de dientes a velocidades inferiores.

En los automóviles hay generalmente tres velocidades. En los carros auto-motores cinco.

Los cambios de engranajes o velocidades se efectúan después de haber desconectado el motor de la transmisión por medio de un embrague (clutch). Existe además una unión flexible (universal joint) entre el motor y el eje motriz del carro para permitir movimientos causados por las irregularidades del camino.

La transmisión mecánica es la más eficiente y de menor peso por H. P. usada hasta la fecha; es también la de menor costo inicial.

Su construcción no presenta dificultades en el caso de carros con un eje motriz; pero no ha sido posible adaptarla con éxito al tipo de carros pesados objeto, de este estudio.

El Chicago Great Western tiene varios carros auto-motores con transmisión mecánica: el carro Mc Keen de este ferrocarril pesa 35 toneladas y lleva un motor de gasolina de 200 H. P.; el carro Sykes, construido en Julio de 1923 tiene un motor de 225 H. P. Pero durante el año 1925 esta Compañía ha comprado carros con transmisión eléctrica y aún ha cambiado por este sistema la transmisión de los antiguos carros Mc.Keen. La Compañía J. G. Brill de Philadelphia, construye varios carros con transmisión mecánica; pero emplea el sistema eléctrico en los carros de mayor tamaño. La transmisión mecánica también se usa en locomotoras de gasolina para servicio de patio; la fábrica Baldwin construye varios tamaños de estas máquinas.

Las nuevas locomotoras con motor Diesel tienen transmisión eléctrica.

La operación de carros con transmisión mecánica se hace difícil con el tamaño del motor y mayor peso de las piezas de la transmisión y del vehículo. Algunos fabricantes han introducido mecanismos auxiliares de aire comprimido para efectuar el cambio de engranajes; pero esto complica la transmisión, aumenta los gastos de conservación y reparación y disminuye las ventajas de costo sobre los otros sistemas.

La fábrica Mack Co, fabricantes de camiones automóviles, ensaya actualmente un carro con varias plan tas motrices de gasolina, independientes en cada truck

o bogue, usando transmisión mecánica y auxiliares electro-neumáticos para hacer los cambios y efectuar el control.

Más adelante se dan algunos detalles de estos carros, que con los Oneida y Edwards, son los únicos de gran peso equipados con transmisión mecánica. (1)

### 2) *Transmisión hidráulica.*

Este sistema se ha usado en los carros del New York, New Haven & Hartford R. R. C°. Ha tenido mayor aplicación en Europa que en Estados Unidos. El sistema Lentz es el más conocido.

En los carros del New York, N. H. & H. el motor de gasolina de 150 H. P. mueve una bomba de aceite de capacidad variable la cual envía el aceite por cañerías a dos motores de 50 H. P. colocados en cada «truck» y conectados por engranaje a los ejes motrices.

En este sistema de transmisión el ajuste de la velocidad del carro a la potencia del motor se efectúa automáticamente por medio de un mecanismo de control con un servo-motor que actúa sobre la bomba de aceite. Puede operarse el vehículo desde cualquier plataforma y tan fácilmente como un carro eléctrico.

La eficiencia media de la transmisión hidráulica es de 80 %. Es más liviana que la transmisión eléctrica.

### 3) *Transmisión Eléctrica.*

El motor de combustión interna está acoplado permanentemente a un generador eléctrico, el cual suministra corriente a uno o varios motores que hacen girar la ruedas del carro por medio de engranajes.

Los fabricantes americanos han usado en los carros construídos con esta transmisión los tipos «standard» de dinamos, motores y control en servicio en equipo de transporte eléctrico. El generador es de corriente continua de doble inductor, con polos conmutadores. Los motores son del tipo serie usado en ferrocarril y carros eléctricos.

---

(1) La transmisión mecánica se usa en locomotoras de gasolina para servicio de patio o de talleres. La Milwaukee Locomotive Manufacturing C°. fabrica una serie de locomotoras de este tipo de 4, ½ 6, 7, 8, 10, 12, 15, 18, 20 toneladas. Estas locomotoras tienen los engranajes de los cambios conectados permanentemente y las variaciones de velocidad (4 velocidades adelante y marcha atrás) se hacen por medio de embragues (jaw Clutches). Se elimina en esta forma la posibilidad de quebrar los dientes de los engranajes al hacer los cambios.

La potencia de un motor *serie* varía en razón inversa de la velocidad y por esta razón se obtiene un ajuste automático de la velocidad del carro a las condiciones del trazado. El control es muy sencillo en los carros auto-motores con dos motores. En las locomotoras o en carros con mayor número de motores, se arregla para efectuar combinaciones entre ellos, en la misma forma que en las locomotoras eléctricas. Se han usado también motores serie con el enrollado del campo inductor dividido lo cual permite usar un campo fuerte a la partida y un campo débil a la velocidad de marcha.

Este sistema de transmisión permite el diseño de carros de cualquier tamaño, con cualquier número de ejes motrices y hace posible, con una planta motriz, la transmisión de potencia a varios carros. El control puede hacerse desde las dos plataformas o pueden operar varios carros automotores acoplados con un sólo control. La aceleración es suave y el motor de combustión interna trabaja a la velocidad más conveniente, independiente de la velocidad de viaje.

Las desventajas son; la eficiencia de sólo 70 %, el peso que es como 30 % superior al de la transmisión mecánica y el costo más elevado.

#### 4) *Resumen sobre las transmisiones.*

La experiencia con el equipo Americano de carros auto-motores y locomotoras con motor de petróleo demuestra que los sistemas de transmisión pueden clasificarse según diversas características principales en la forma siguiente:

1.—*Seguridad de funcionamiento.*—Comparable para todas, dependiente de la organización de la inspección.

2.—*Duración.*—La eléctrica tiene ventajas si se supone la vida de este equipo, 15 años, la transmisión eléctrica, según la experiencia en compañías de Carros eléctricos no necesitará reemplazo. La transmisión mecánica tendrá que cambiarse cada 200 o 300 mil kilómetros. (1)

3.—*Reparación.*—La transmisión eléctrica requiere para su reparación personal especial, pero la experiencia de la compañía de Buses de la 5 th Avenue de New York indica menores gastos de reparación en los buses con transmisión eléctrica. Existen pocas estadísticas de ferrocarriles en esta materia.

---

(1) El New York New Haven & Hartford RR Co., por ejemplo, tiene el servicio locomotoras y carros eléctricos que han trabajado durante 17 años sin cambio en el equipo eléctrico original. Una locomotora a vapor con un recorrido equivalente habría tenido que retirarse del servicio,

4.—*Eficiencia.*—Mayor en el sistema de engranajes. Pero la transmisión eléctrica, tiene la ventaja de mantener la misma eficiencia durante la vida del equipo, mientras que los engranajes al gastarse disminuyen en rendimiento mecánico.

5.—*Facilidad de manejo.*—Los sistemas eléctricos e hidráulicos son los más fáciles de manejar, siendo casi automáticos. Por esta razón y la facilidad de acelerar, las grandes compañías de autobuses, como la Yellow Coach de la 5ta. Avenida de New York, La Philadelphia Rural Transit Co., Capitol Distrit Transportation Co. de Albany y la Northern Ohio Traction and Light Co. han reemplazado en sus vehículos la transmisión mecánica por la eléctrica.

6.—*Trabajo del motor de petróleo.*—Con la transmisión mecánica el operador del carro tiene que cuidar de no acelerar el motor por períodos muy largos, lo cual aumentaría los gastos de reparaciones. El sistema eléctrico y el hidráulico permiten hacer trabajar el motor de petróleo a la velocidad más conveniente.

7.—*Peso.*—La transmisión eléctrica hace que el equipo sea 30 % más pesado que cuando se usa el sistema mecánico o hidráulico. Parte del aumento de peso se debe a la maquinaria eléctrica y parte al mayor tamaño del motor de petróleo para compensar por la pérdida en la transmisión el mayor peso arrastrado, y asegurar una reserva de potencia suficiente para mantener un itinerario determinado.

8.—*Costo.*—El mayor costo corresponde al carro con transmisión eléctrica. Las compañías que como la Mack Co., están experimentando con las plantas independientes de pequeña potencia y transmisión mecánica colocadas en varios «trucks» pueden llegar a producir carros con operación múltiple a menor costo que los que usan motores eléctricos.

Más adelante se dan algunos costos de carros y partes.

### III—*Algunos carros auto-motores construidos durante 1925 para los Ferrocarriles de los Estados Unidos.*

Los Ferrocarriles Americanos han operado numerosos carros auto-motores de varios tamaños. Algunos han estado en servicio más de 15 años; pero fué después de la Guerra cuando se empezó a construir este equipo de una capacidad comparable al usado en el transporte de pasajeros. Los primeros tipos de carros auto-motores necesitaron numerosas modificaciones y su operación ha dado una experiencia que ha permitido llegar al carro actualmente en servicio.

Se ha limitado la información que aparece en la página anterior a los tipos más modernos de carros auto-motores. (1).

A—*Carros con motor de gasolina.*

1) J. G. Brill Co. Philadelphia. Pa.

El negocio principal de esta compañía ha sido la fabricación de carros eléctricos. En 1926 se ha unido con la American Car & Foundry Co, uno de los fabricantes más grandes de carros de ferrocarril. La compañía Brill construye varios carros con transmisión mecánica y algunos con transmisión eléctrica (carro gas-eléctrico). Modelo 55.— 38 asientos y compartimentos para equipaje, peso vacío 13 152 kg ( 29 000 lbs.) Motor de 4 cilindros, válvula en la cabeza. La potencia del motor es:

|                |            |
|----------------|------------|
| a 800 R. P. M. | 41,8 H. P. |
| 1 000          | 51,3       |
| 1 200          | 59,1       |
| 1 400          | 65,8       |
| 1 500          | 68         |

Velocidad continua aceptable del motor—1 500 R. P. M. Máxima 1 800 R. P. M.

Transmisión—3 velocidades en la primaria y 2 en la auxiliar.

Control.—Como los automóviles. (Se incluye catálogo).

Modelo 65—Para ser operado con acoplado.

38 asientos y compartimento de equipaje. El acoplado tiene 36 asientos. Peso vacío 14 000 kg. (31 000 lbs.) Motor de 6 cilindros, válvulas en la cabeza. (cilindros de 4 11|16" X 6") 150 H. P.

Transmisión—5 velocidades.

Control—Como los automóviles. (Se incluye catálogo).

Modelo 75— 50 asientos y compartimentos de equipaje. Peso vacío 29 000 kg. Motor de 6 cilindros (6" X 7") válvulas en la cabeza. 250 H. P.

Transmisión—5 velocidades. Puede correr a 93 km. por hora en horizontal.

Control—Como los automóviles.

(1) La edición de 1926 del «Car Builders Cyclopedia» da una estadística de carros auto-motores en Estados Unidos la cual no refleja la situación actual. Durante 1924 y 1925 ha predominado el carro gas-eléctrico usándose la transmisión mecánica en carros de peso ligero.———

*Carros Gas-Eléctricos.*—La compañía Brill asociada con la Westinghouse Electric Mfg. Co de Pittsburgh, Pa. ha construído varios carros con transmisión eléctrica. El carro de 250 H. P. construído a fines de 1925, es el de mayor capacidad.

50 asientos y compartimentos de equipaje. Peso vacío 41 toneladas. Motor de gasolina de 6 cilindros (7.14" X 8") con válvulas dobles. 250 H. P. a 1 100 R. P. M. Doble ignición.

Generador Westinghouse de 160 K. W. (Tipo 176). Voltage medio 600 volts 2 motores Westinghouse (tipo 557-A-8) de 140 H. P. montados en el «truck» de adelante.

Los «trucks» han sido diseñados de acuerdo con las recomendaciones de la American Railway Association.

La partida del motor de gasolina se hace por medio de los motores eléctricos de 32 volts, movidos por la corriente de una batería de 16 unidades, la cual sirve además para la luz y para la excitación inicial del generador.

Este carro puede arrastrar acoplados de 75 toneladas en horizontal a 48 Km. por hora.

#### 2) *New York, New Haven & Hartford R. R. Co.*

Este ferrocarril conecta la ciudad de New York con Boston, Worcester, Springfield y prácticamente con todas las ciudades importantes del sur de New England. La longitud total de las líneas propias y de las en arriendo en operación es 3 200 km.

El N. Y. N. H. & H. ha tenido que resistir la competencia de numerosas compañías de autobuses. Por esta razón hay en operación 25 carros de gran capacidad con motores de gasolina. El modelo más interesante es el con *transmisión hidráulica*, cuya descripción sumaria es:

60 asientos. Peso cargado 29 000 kgs. Peso vacío 24 000 kgs.

Motor de 150 H. P. a 1 200 R. P. M. El carro ha sido diseñado para hacer funcionar el motor a una velocidad de 950 R. P. M.

*Transmisión.*— Sistema Waterbury tamaño N° 50. El motor de gasolina mueve una bomba de aceite de émbolo por medio de engranajes (razón 53|23). El aceite a presión actúa sobre los motores rotativos colocados en cada «truck». 60 % del peso que corresponde a cada «truck» descansa sobre el eje de las ruedas motrices. La velocidad máxima de los motores de aceite es 515. R. P. M. y por medio de engranajes se obtiene en las ruedas 450 R. P. M. lo que corresponde a 64 kilómetros por hora para el carro.



La especificación comprende además un Compresor Westinghouse F-1-B, un Generador Diehl para la luz y partida e ignición, descansos S. K. F. en todos los ejes.

Este carro fué construído en 1924. La eficiencia de la transmisión ha resultado muy baja, 69 % (En 1909, Mr. C. M. Manly hizo ensayos de una transmisión hidráulica obteniendo un eficiencia de 80 %).

### 3) *Ghicago, Burlington & Quincy R. R. Co.*—

Conecta Chicago a St. Paul, Chicago a St. Louis, St. Louis a Kansas City, a Denver y a Cheyenne, Las líneas en operación tienen 14 880 km. de largo.

Hay en este ferrocarril 10 carros auto-motores construídos por la Edwards-Railway Motor Car Co. de Sanford, North Carolina. (Se operan además otros tipos de carros auto-motores. No ha sido posible obtener las características de todo el equipo).

El carro Edwards tiene las siguientes características:

41 pasajeros. Peso 18 000 kg.

2 motores Buda de 4 cilindros (5" X 6.1|2") de 60 H. P. a 1 200 R. P. M. colocados uno en cada truck. ( Se consigue de este modo mayor espacio en el carro).

Transmisión.—Separada para cada motor, sin sincronizar. En la práctica no se ha notado pérdida apreciable por esta razón. Control mecánico y separado para cada motor.

Cada carro lleva una planta Kohler automática para luz a 110 volts. D. C. de 2 500 volts movida por un motor de gasolina de 3 H. P. (1) Los motores colocados independientemente en los "trucks" permiten mover el carro cuando uno de los motores está descompuesto. El reemplazo de uno de los trucks demora 45 minutos.

### 4) *Electro-Motive Co. Cleveland. Ohio.*

Esta compañía especializa en la fabricación de carros gas-eléctricos. (con transmisión eléctrica) ha construído los carros de mayor capacidad en operación en los Estados Unidos. Durante 1925 ha entregado al servicio el siguiente equipo:

(1) Se incluye catálogo.—

|   | N.º<br>de carros | Peso    | H. P. |
|---|------------------|---------|-------|
| Boston & Maine . . . . .                  | 3                | 36 ton. | 175   |
| Chicago & Northwestern . . . . .          | 1                | 34,5    | 185   |
| Cincinnati Northern . . . . .             | 1                | 38      | 200   |
| Chicago & Alton . . . . .                 | 3                | 32,6    | 185   |
| Grand Trunk Western . . . . .             | 1                | 34,5    | 200   |
| Great Northern . . . . .                  | 5                | 32      | 175   |
| Lehigh Valley . . . . .                   | 5                | 33      | 200   |
| Minn., St. Paul & S. Ste. Marie . . . . . | 1                | 36,2    | 175   |
| Missouri-Kansas-Texas . . . . .           | 1                | 32      | 175   |
| Northern Pacific . . . . .                | 3                | 36      | 175   |
| St. Louis-San Francisco . . . . .         | 2                | 32,6    | 175   |
| Seaboard Air Line . . . . .               | 2                | 50      | 400   |
| Wabash . . . . .                          | 2                | 32      | 105   |

El carro para el Seaboard Air Line ha sido el de mayor capacidad. Una de estas unidades se entregó a fines de 1925, la otra está en construcción. Las características generales son: 32 asientos y división para 10 toneladas de equipaje. Peso total 50 toneladas. Largo 21,15 metros.

2 motores Winton de 6 cilindros 200 H. P. a 1 100 R. P. M.

Transmisión eléctrica compuesta de 2 Generadores de la General Electric de 700 volts. D. C. y 4 motores que transmiten el movimiento a las ruedas del carro por medio de engranajes. Hay dos motores colocados en cada "truck".

Control arreglado independientemente para cada grupo de motores. Hay tres sistemas para partir el motor de gasolina: motor eléctrico, arranque de aire comprimido y a mano.

Este carro auto-motor puede arrastrar dos acoplados de 55 toneladas a 68 kilómetros por hora en horizontal.

En el N.º 4, vol 80, de 1926 del Railway Age se da una descripción de este carro, y de los esfuerzos de tracción que pueden obtenerse a diferentes velocidades.

5) *Mack International Truck Corporation.* (International Motor Co).

Según se indicó anteriormente, esta compañía ha estado experimentando durante algún tiempo con un carro de 33 toneladas accionado por motores de gasolina colocados independientemente en los "trucks". El carro ha estado en trabajo en el Chicago, Rock Island & Pacific.

El cuerpo del carro fué construido por la Pullman Car & Mfg. Corp., tiene 16,20 metros de largo. 46 asientos y división para 5,5 toneladas de equipaje.

Hay dos "trucks" de 4 ruedas cada uno y 2 motores colocados uno en cada "truck". Los motores dan 65 H. P. a 1 000 R. P. M. y 82 H. P. a 1 400 R. P. M.

La transmisión tiene 4 velocidades adelante y 4 atrás. El control de los motores y el de los cambios de velocidad se hace por medio del sistema electro-neumático desde cualquiera plataforma y es completamente automático y con enclavamiento eléctrico para evitar equivocaciones en los movimientos.

El Sr. Edwin M. Post Jr. a cargo del Departamento de Carros para Ferrocarril de la International Motor Co. nos ha manifestado que el carro auto-motor necesitará aún otro año de experimentación para poder ser ofrecido en el mercado.

#### B— Carros con motor del ciclo Diesel.

##### 1) Carros del Canadian National.

El Canadian National ha construido a fines de 1925, en la Maestranza de Montreal, el primer carro articulado con motor del ciclo Diesel. Hay en construcción 7 carros sencillos y dos articulados del mismo tipo.

Los cuerpos de los carros fueron fabricados por la fábrica Ottawa Car Mfg. Co. y son completamente de acero. El largo total del carro articulado es 30,6 metros y se compone de dos cuerpos que descansan en tres "trucks" de 4 ruedas. La parte de adelante tiene 15,37 metros y la otra 15,23 metros. 94 toneladas.

El motor fué construido en Inglaterra por la fábrica William Beardmore & Co. Ltd, London. Es del tipo de inyección sólida. Hay dos tamaños de motores: uno para el carro articulado y otro para el carro sencillo. El motor del carro articulado tiene 8 cilindros (8.1/4" x 12"). 340 H. P. al freno a 650 R. P. M.

El motor del carro sencillo tiene 4 cilindros. (8.1/4" x 12"). 185 H. P. al freno 700 R. P. M.

El peso de los motores es:

|           |       |      |
|-----------|-------|------|
| 185 H. P. | 1 046 | kgs. |
| 340       | 2 471 |      |

(Alrededor de 6,8 kg. por H. P. al freno.)

El equipo eléctrico del carro articulado fué suministrado por la Westinghouse Electric & Mfg. Co. y consiste de 1 Generador de 200 kw 600 Volts. D. C. El Generador es de enrollado diferencial compound y el shunt field (campo en derivación) está excitado por una batería de 300 volts.

Los motores son del tipo 548-C-8 de 600 volts. Están colocados 2 en paralelo permanentemente y colocados de a pares en los "trucks" de adelante y de atrás.

El sistema de control es electro-neumático H. L. "standard".

La partida del motor de petróleo se hace usando el generador como motor con la corriente de una batería de 300 volts. Esta batería tiene 150 unidades y sirve para el control (30 volts) la excitación del campo del generador (300 volts), los compresores (2) de aire (300 volts) y la luz (30 volts). La batería permite en caso de falla del motor de petróleo mover el carro a medio voltage.

2) *Mc. Intosh & Seymour Corp.*

Esta compañía ha fabricado exclusivamente motores del ciclo Diesel para servicio marino e industrial. La fábrica se instaló en Auburn en 1886. Actualmente tienen en construcción un carro con un motor de 200 H. P. para el Lehigh Valley RR. Ha ensayado una locomotora de patio de 300 H. P. que se describe más adelante y tiene en construcción una locomotora de 800 H. P. para servicio depasajeros ordenada por el New York Central.

Mc. Intosh & Seymour construye este equipo asociada con J. G. Brill Co., quien hace los cuerpos de los carros y los trucks y con la General Electric para el equipo eléctrico.

C— *Resultados en la operación de carros auto-motores en los Ferrocarriles Americanos.*—

Los Ferrocarriles Americanos han utilizado diversos tipos de carros auto-motores durante varios años; pero la experiencia con los carros pesados, comparable con el equipo «standard» de pasajeros es reciente. Los fabricantes y las compañías ferroviarias continúan aún estudiando mejoras y cambios en las especificaciones de acuerdo con los resultados de la operación.

Con el objeto de presentar la situación actual del desarrollo del carro auto-motor en los Estados Unidos se ha ordenado la información recogida en tres partes:

- 1) Especificaciones.
- 2) Costes.
- 3) Datos económicos de la operación.

1) *Especificaciones.*—Originalmente el carro auto-motor fué una adaptación del automóvil a los rieles y por esta razón los primeros tipos de 4 ruedas tienen tanta semejanza con los autobuses en sus partes mecánicas, carrocería y sistema de suspensión.

Al hacerse necesario aumentar la capacidad y peso se presentaron problemas, mecánicos y de operación que obligaron a diseños especiales. Los carros modernos descansan sobre trucks de 4 ruedas construídos según la práctica ferroviaria, Generalmente los descansos son de bolas o de rodillos (S. K. F. o Kyatt). La base de rodadura o sea la distancia entre los trucks se hace lo más larga posible para obtener transporte más suave.

Estos carros, se usan generalmente en servicios locales y por razón de economía se ha tratado de diseñar los cuerpos en forma de obtener la mayor capacidad con el menor peso. Pero se ha dado especial importancia a la solidez y duración, siendo casi todo este equipo de acero ( es general el uso de planchas de acero con 1,4 % de cobre para los exteriores).

El peso por pasajero de los carros con los trucks y frenos, pero sin los motores ni equipo eléctrico, es de más o menos 453 kg. para carros de 50 asientos. (1)

Algunos de los últimos coches de acero para pasajeros construídos en los EE. UU. tienen las características siguientes:

| FERROCARRIL              | Largo mtrs. | Asientos | Peso Kg. | Peso por asiento | Peso por metro |
|--------------------------|-------------|----------|----------|------------------|----------------|
| Baltimore & Ohio ...     | 20          | 71       | 45 000   | 630              | 2 250          |
| Boston & Albany.....     | 23          | 100      | 50 000   | 500              | 2 160          |
| Delaware, L. & W. ....   | 22,5        | 80       | 60 000   | 750              | 2 660          |
| Erie .....               | 23,3        | 84       | 70 000   | 832              | 3 000          |
| Florida East Coast ..... | 21          | 76       | 71 000   | 932              | 3 370          |
| Long Island .....        | 19          | 76       | 38 000   | 500              | 2 000          |
| New York Central.....    | 21          | 84       | 65 000   | 775              | 3 100          |
| Pennsylvania .....       | 21          | 88       | 60 000   | 680              | 2 860          |

Algunos carros eléctricos para servicio inter-urbano pesan, sin equipo eléctrico:

|                                |    |    |        |     |       |
|--------------------------------|----|----|--------|-----|-------|
| Chicago, North Shore .....     | 14 | 52 | 15 000 | 288 | 1 070 |
| Laurel Line .....              | 18 | 72 | 34 000 | 472 | 1 890 |
| Indianapolis & Cincinnati..... | 18 | 54 | 30 000 | 554 | 1 670 |

Como ejemplo de especificación de un carro de 18 metros de largo puede tomarse el de 180 H. P. construído por Brill para New York New Haven & Hartford R. R. Co.

- Marco.— De acero, largueros de ángulos de 4" X 4" X 3/8. Los travesaños son ángulos remachados a los largueros de 4" X 4" X 3/8.
- Estructura.— Toda de acero. Los postes de las esquinas son de T de 2" X 2" X 1/4. Los postes de los costados son de 2" X 2" X 1/4" ángulos. Los costados cubiertos con planchas de acero de 3/32".
- Piso.— Doble, con cada capa de madera de 5/8". (Pino)
- Techo.— De madera cubierto con tela de buque. Madera de 7/16". Tela N.º. 8. El techo será reforzado con barras de acero transversales.
- Interior.— El cielo y costados de «agasota» imitando caoba, las ventanas tienen marco y obra de madera de caoba.
- Particiones.— Las divisiones entre el compartimento del motor y el de equipaje son de acero.
- Accesorios.— El carro tiene todos los accesorios corrientes en equipo de pasajeros: lavatorio, depósito para agua y hielo, excusado, etc."

Actualmente la transmisión eléctrica presenta ventajas en carros de gran capacidad. De 103 carros construidos en los Estados Unidos en 1925, con más de 30 toneladas de peso, 81 tienen transmisión eléctrica (carros gas-eléctricos).

La transmisión mecánica de más potencia fué la de los carros Brill de 190 H. P., de la Edwards Co. de 200 H. P. y de la Railway Motor Corp. de 200 H. P.

La compañía Railway Motors Corp. entregó al Chicago & Northwestern 2 carros de 40 toneladas actuados por dos motores de gasolina de 100 H. P. por transmisión mecánica. Este ha sido el equipo más pesado que se construyó con transmisión mecánica. El carro auto-motor de mayor potencia fué el de 400 H. P. para el Seaboard Air Line que se describió anteriormente.

*Planta Motriz.*—Debido a la falta de elasticidad de los motores de combustión interna en soportar sobrecargas se hace necesario usar motores de una potencia normal suficiente para mover el carro en subidas continuas a las velocidades especificadas por el ferrocarril. Es decir, la tendencia es mantener la velocidad del motor cerca de la normal en cualquiera condición que se presente en el viaje del carro. Esto ocasiona un mayor gasto de combustible; pero reduce los gastos de conservación del motor.

La potencia de los motores se da al freno en H. P. o se indica por una cantidad (rating) resultado de la aplicación de la fórmula de la Society of Automobile Engineers. (S. A. E. ) o de la fórmula de la National Automobile Chamber of Commerce.

Estas dos fórmulas, que son prácticamente iguales, se deducen del cálculo de los H. P. indicados o sea de los caballos teóricos producidos en el cilindro.

$$I \text{ H. P.} = \frac{P \cdot A \cdot L \cdot N}{33\,000} \quad (\text{Para cada cilindro})$$

P - Presión media en el ciclo en lbs. por pulgada cuadrada.

A - Area del pistón en pulgadas cuadradas.

L - Largo de la carrera en pies.

N - Ciclos por minuto.

Los H. P. en el volante se obtendrán multiplicando por la eficiencia mecánica.

Ef.

$$H. P. = I. H. P. \times Ef.$$

La S. A. E. ha tomado los siguientes valores arbitrarios en la fórmula:

$$P = 90 \text{ libras.}$$

$$L \cdot N = 1000 \text{ pies por min. (velocidad del pistón)}$$

$$Ef = 75 \%$$

Se ha obtenido así la fórmula de la S. A. E.

$$\text{Para el motor completo H. P.} = \frac{D^2 \times N.^{\circ} \text{ de cilindros}}{2,489}$$

Según esta fórmula el auto Buick de 6 cilindros (31|8" × 4 1|2") tiene un «rate» de 23,44 H. P.

Un Cadillac de 8 cilindros (31|8" × 5 1|8") tiene 31,25 H. P.

La fórmula de la S. A. E. da valores que no tienen casi relación con los H. P. que se obtienen efectivamente en la práctica. Su valor es más bien comercial para uniformar la clasificación de los motores de acuerdo con las dimensiones que influyen más directamente en la potencia al freno.

En el caso de auto-motores de ferrocarril es necesario conocer los H. P. que el fabricante garantiza al freno a cierto número de revoluciones. Por ejemplo, los motores Sterling de gasolina se construyen de tres tamaños que pueden usarse en carros:

| Nombre dado por el fabricante | Cilindros (6)                                     | H.P.       | R.P.M.       | Peso kg. | Precio Dollars |
|-------------------------------|---|------------|--------------|----------|----------------|
| Seagull.....                  | 4 11 $\frac{1}{2}$ " $\times$ 6"                  | 125<br>150 | 1500<br>1800 | 770      | 3 400.00       |
| Coast Guard .....             | 6 11 $\frac{1}{4}$ " $\times$ 7 3 $\frac{1}{4}$ " | 225<br>275 | 1200<br>1500 | 1586     | 5 625.00       |
| Viking .....                  | 7 1 $\frac{1}{2}$ " $\times$ 8 1 2"               | 350        | 1200         | 1814     | 10 000.00      |

La tendencia de los fabricantes es evitar las velocidades altas. En motores de gasolina de 250 H. P. no se pasa de 1100 R. P. M. Debe notarse que a esta velocidad la potencia dada por fabricante para los motores de la tabla no se podrá alcanzar.

En los motores Diesel el constructor garantiza un consumo de petróleo por H. P. al freno. Por ejemplo, en el motor Diesel de 300 H. P. (al freno) de Mc. Intosh & Seymour Co. para una locomotora de patio se garantiza que el consumo de petróleo de 10 000 calorías no excederá de 217 gramos por H. P. al freno por hora. Se admite una variación de 5 %.

Se garantiza también que la velocidad normal de 550 R. P. M. no variará en más de 10 % de trabajo sin carga a plena carga.

Al considerar el trabajo de los motores Diesel se puede considerar que el consumo de petróleo varía proporcionalmente con la carga cuando se hace variar esta de 50 % a 100 % (1)

La potencia del motor de petróleo o gasolina se fija después de haber determinado las resistencias al rodado, la eficiencia de la transmisión y el consumo de los mecanismos auxiliares.

*Carros gas-eléctricos.*— En los carros con transmisión eléctrica el procedimiento que se sigue para determinar el tamaño y potencia total de los motores eléctricos,

(1) El motor de inyección sólida de la Ingersoll-Rand Co. de 300 H.P. tiene los siguientes consumos de petróleo:

|                |       |     |     |    |    |    |    |    |               |
|----------------|-------|-----|-----|----|----|----|----|----|---------------|
| Cargas %       | 100   | 90  | 80  | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20            |
| Kg de petróleo | 0 181 | 176 | 185 | 19 | 21 | 23 | 27 | 39 | por H.P hora. |



del generador y finalmente del motor de combustión interna es el mismo que se emplea en el estudio del equipo de carros eléctricos, interurbanos y trenes de carros motores con control múltiple.

Los datos que se resumen han sido suministrados por la Westinghouse Electric & Mfg. Co.

Los motores eléctricos son del tipo «standard» de ferrocarril con enrollados en serie y con polos conmutadores.

Se acompaña el catálogo del motor N° 557 de la Westinghouse que ha sido usado en el carro Brill de 250 H. P. Para un voltaje dado la velocidad y el torque de un motor *serie* varían con los amperes suministrados. Es posible aún obtener mayor número de velocidades eficientes con un control del campo de inducción (field control), como se ha hecho en las locomotoras eléctricas chilenas. En este caso al partir, la corriente pasa por todos los enrollados del campo inductor produciendo un troque máximo. Cuando se desea se corta parte del enrollado inductor y se obtienen velocidades de marcha más elevadas.

Los motores eléctricos transmiten el esfuerzo a las ruedas por medio de engranajes helicoidales: un piñón en el motor y una rueda de engranaje en el eje del carro. La relación de estos engranajes debe fijarse de acuerdo con la velocidad que se desea obtener en un perfil de línea determinado. En el catálogo se indican, en el gráfico las características del motor 557 de 600 volts para una razón de engranajes de 16:61 y en un carro cuyas ruedas tienen 33" de diámetro.

El gráfico 5 da los esfuerzos de tracción, los kilómetros por hora y amperes de este motor usando otras relaciones entre los engranajes.

La Westinghouse fabrica una serie de motores para carros de ferrocarril de distintos tamaños y cada uno tiene curvas especiales: (1)

---

(1) Además fabrica una serie de motores de mayor potencia para locomotoras eléctricas. Los motores de las locomotoras eléctricas del Chicago Milwaukee & St. Paul tienen una potencia indicada de 567 H.P. en trabajo continuo con ventilación forzada. Por una hora la potencia puede llegar a 700 H.P.

*Motores Westinghouse para ferrocarril.—600 volts. Corriente continua. «Standard»  
para trocha de 4'81|2"*

| N.º | H. P. | Peso en lbs. | Peso en Kg. (1) |
|-----|-------|--------------|-----------------|
| 508 | 25    | 870          | 395             |
| 510 | 35    | 1285         | 584             |
| 514 | 40    | 1500         | 680             |
| 535 | 60    | 2135         | 968             |
| 532 | 50    | 2015         | 910             |
| 306 | 65    | 2350         | 1062            |
| 548 | 100   | 2775         | 1250            |
| 333 | 125   | 3430         | 1558            |
| 557 | 140   | 3630         | 1650            |
| 567 | 170   | 4480         | 2040            |
| 577 | 190   | 5200         | 2355            |

La Westinghouse Electric & Mfg. Co. construye además una serie de motores para ferrocarril de trocha de 1 metro. (Se incluye catálogo).

La potencia de estos motores se indica de acuerdo con las reglas del «American Institute of Electrical Engineers». Se dan los H. P. por hora y en trabajo continuo. También se indican los H. P. con ventilación natural del motor o con ventilación forzada. En todos estos casos los H. P. producidos por el motor están limitados por cierta temperatura máxima de la máquina, según los números 5202 y 5203 de los «Standards» de la A. I. E. E. ''.

La selección del equipo eléctrico se hace tomando en consideración:

- 1 — Perfil y plano de la línea.
- 2 — Trocha.
- 3 — Pesos de los carros motores sin equipo eléctrico y sin carga.
- 4 — Peso de los acoplados, sin carga.
- 5 — Peso de la carga y duración de esta.
- 6 — N.º. de carros motores en el tren y N.º. de acoplados.
- 7 — Diámetro de las ruedas motrices.
- 8 — Peso sobre las ruedas.

(1) Pesos de los motores completos, sin engranajes, ni cubierta de estos. Los engranajes pesan de 70 a 150 Kg.

- 9— Dimensiones, espacio disponible.  
 10— Itinerarios, velocidades, aceleración.  
 11— Generador, control y auxiliares.

1 — Permite conocer la resistencia al rodado, la cual está compuesta de las resistencias del carro al arrastre (viento, fricción etc.), de la resistencia debida a los gradientes y de la producida por las curvas. El valor de estos factores se determina empíricamente.

La Westinghouse usa, para la resistencia del tren, la fórmula de Blood aplicada al caso de carros motores separados, de trenes compuestos en totalidad de carros motores y de trenes compuestos de carros motores y de acoplados.

*Motores Westinghouse «Standard» para trocha de 1 metro.*  
 (600 volts)

| N.º         | H.P. | Peso sin engranaje |       | Peso con engranaje |       |
|-------------|------|--------------------|-------|--------------------|-------|
|             |      | Lbs.               | Kg.   | Lbs                | Kg.   |
| 508-A.....  | 25   | 870                | 395   | 1 035              | 470   |
| 510-J.....  | 35   | 1 285              | 584   | 1 475              | 670   |
| 526-J6..... | 50   | 1 840              | 836   | 2 180              | 991   |
| 544-J.....  | 50   | 2 250              | 1 022 | 2 575              | 1 170 |
| 546-J.....  | 60   | 2 250              | 1 022 | 2 575              | 1 170 |
| 546-J6..... | 60   | 2 250              | 1 022 | 2 575              | 1 170 |
| 556-J6..... | 80   | 2 760              | 1 251 | 3 100              | 1 405 |
| 586-J5..... | 130  | 3 945              | 1 793 | 4 350              | 1 922 |

$$R = A + B. M. + \left( C. + \frac{D}{T} \right) M^{1.8}$$

R — Resistencia en lbs. por ton. ( 2000 lbs. )

M — Velocidad del carro en millas por hora.

T — Peso del carro, equipado y cargado.

A — Coeficiente de rozamiento.

B — Coeficiente de rodado.

C — Coeficiente de resistencia lateral.

D — Coeficiente de resistencia del frente y de atrás.

El valor de los coeficientes se supone varia en línea recta entre pesos para el carro de 10 toneladas a 60 toneladas.

| Coefficiente | 10 ton.      | 60 ton.      |
|--------------|--------------|--------------|
| A .....      | 7,5 .....    | 4,5 .....    |
| B .....      | 0,15 .....   | 0,12 .....   |
| C .....      | 0,0016 ..... | 0,0014 ..... |
| D .....      | 0,25 .....   | 0,35 .....   |

D

Al aplicar la fórmula a carros acoplados se elimina el término  $\frac{D}{T}$  que corresponde a la resistencia del viento al frente y atrás. La fórmula es entonces:

$$R = A + B. M. + C^{1,8}$$

1 libra = 0,4536 kg.

2000 lbs = 1 ton. Americana.

1 milla = 1,6094 km.

1 ton .A. = 0,906 T. m.

La resistencia debida a las gradientes se toma como de 20 lbs. por 2000 lbs. (ton).

La resistencia de las curvas se toma como de 0,8 lbs. por 2000 lbs (ton.) por cada grado de curvatura. 1 grado de curvatura es una curva de 5730 pies de radio (1719 metros). 2 grados de curvatura indican una curva con la mitad de ese radio (859,5 metros y sucesivamente. ( 1 pie = 0,3048 metros).

2.— La trocha hace variar los coeficientes de resistencia y determina el tamaño de los motores que pueden usarse.

La velocidad máxima aceptable, por la fuerza centrífuga, para la periferia de las armaduras de los motores eléctricos es 2000 metros por minuto y por esta razón el diámetro máximo de las armaduras está limitado. Pero la forma de obtener mayor potencia en un motor serie es aumentando su velocidad, lo cual se consigue más facilmente alargando la armadura. Sin embargo como la trocha americana tiene 4' 8 1/2" (1,435 metros) y en este espacio hay que colocar los engranajes, descansos, colector y armadura, rara vez se puede pasar de 40 cm. de largo en esa última. Se ve la dificultad de construir motores para ferrocarril de potencia mayor que los actuales para montaje directo en los ejes motrices.

La adaptación del equipo de motores eléctricos «standard» Americano a la trocha ancha chilena no ofrece dificultad alguna; pero en el caso de la trocha de un metro es posible que haya que usar mayor número de motores de pequeño tamaño, diseñar motores especiales o colocar los motores sobre el piso del vehículo (una solución usada en locomotoras eléctricas).

10 .— Un tamaño determinado de motor sirve para que carros que deben operar en condiciones muy diferentes si se usa el engranaje que corresponde a cada caso, en la transmisión del eje del motor al eje del carro.

La reducción máxima de velocidad que puede obtenerse con un motor está limitada por el tamaño de las ruedas del engranaje: el pinón mas pequeño debe tener una resistencia suficiente para la potencia del motor: la rueda dentada en el eje motriz no puede ser de mas diámetro que el permitido por el diámetro de la rueda del carro. Hay que tomar una pulgada de espesor para la cubierta de los engranajes.

Los engranajes de los carros gas-eléctricos y de las locomotoras con motor de explosión para servicio de patio son sólidos; pero en locomotoras de línea habrá que usar engranajes flexibles, con resortes, entre el motor y el eje motriz (Locomotora Diesel de Baldwin).

11 .— Generador, control y auxiliares. El control de los carros gas-eléctricos se hace con material «standard» para carros eléctricos. La especificación de control desde una o ambas plataformas, de control múltiple para varios carros motores, etc. no origina problemas especiales complicados. La Westinghouse puede instalar un número cualquiera de interruptores eléctricos, actuados por válvulas electro-neumáticas. El sistema de enclavamiento eléctrico o mecánico (interlocking) para asegurar la ejecución de varias operaciones sucesivas puede variarse en cualquiera forma.

Conocida la potencia necesaria para los motores se elige el generador o los generadores (como en el carro del Seaboard Air Line, con dos generadores y dos motores de gasolina.) La corriente para los motores auxiliares para la compresora de aire, la corriente para la luz o para cargar baterías puede tomarse del dinamo o puede ser generada separadamente por una planta automática de gasolina, como la Koeler.

Todo el equipo auxiliar, frenos, etc. es «standard» en uso en equipo ferroviario.

*Pesos y espacio necesario para la planta motriz de un carro gas-eléctrico de 250 H. P.*

|  | Pesos kg. |
|--|-----------|
| Motor de gasolina de 250 H. P. Sterling .....                      | 1.600     |
| Generador de Corriente Continua 150 K. W.....                      | 2.020     |
| Control.....   | 700       |
| 2 motores de 140 H. P. Tipo 557 A-8 Westinghouse.....              | 3.680     |
| Sistema de refrigeración:  |           |
| 2 radiadores con agua 300  |           |
| 2 ventiladores de 3 H. P. 500                                      | 800       |
| Depósitos de gasolina (llenos).....                                | 100       |
| Batería Exide 16 celdas M V E -13-2 (32 volts y 215 amperes-hora.. | 295       |
| Varios: lubricación, engranajes, etc.....                          | 80        |
|  | 9.275     |

La planta motriz de este carro: motor de gasolina con dinamo, ventiladores, caja con interruptores, asiento para maquinista y control, necesita un compartimento de 3,60 metros de largo por el ancho del carro.

*Pesos y dimensiones de los motores Diesel y de Inyección Sólida para equipo ferroviario.*

1.— Motor Diesel de 300 H. P. al freno, *Mc. Intosh & Seymour Corp.* usado en la locomotora construida por esta firma.

12 cilindros en V de 8" de diámetro. Carrera del pistón 9 1/2".

Volante.

Regulador de velocidad.

Bomba de agua para la refrigeración.

Bomba para la lubricación forzada.

Compresor de aire a 100 lbs. para el freno.

Válvula de seguridad y regulador de presión de ese compresor.

Manómetro para el aceite de la lubricación.

Compresor de aire a alta presión para inyección de petróleo.

Separador de aceite y agua para el aire de inyección.

Manómetro para el aire de inyección.

Sistema completo de cañerías.

*Peso total* 8 800 kgs.

*Peso por H. P.* 29,3 kg.

2.— Motor Diesel Western. Tipo Marino. (1)

| H. P.    | Cilindros | R. P. M  | Largo<br>m | Ancho<br>m | Alto<br>m | Peso<br>kg | Peso<br>por H. P. |
|----------|-----------|----------|------------|------------|-----------|------------|-------------------|
| 75.....  | 3.....    | 325      | 3.60       | 1.20       | 1,9       | 10 000     | 133               |
| 100..... | 4.....    | 325..... | 4.2        | 1,20       | 1,9       | 11 800     | 118               |
| 150..... | 6.....    | 325      | 5.1        | 1,20       | 1,9       | 15 900     | 112               |

3.— Motor Diesel de 1000 H. P. de la locomotora del Prof. Lomonosof, construida en Dusseldorf para los ferrocarriles de Rusia.

*Peso total* 77 000 kgs.

*Peso por H. P.* 77 kgs.

4.— Motor de Inyección Sólida construido por la Baldwin Locomotive Co., según la patente Knudsen (Knudsen Motor Corp. New York.)

Motor de 2 tiempos, 12 cilindros y 2 ejes. 1 000 H. P.

*Peso total* 77 000 kgs.

*Peso por H. P.* 77 kgs.

5.— Motor de Inyección Sólida "Union" Diesel Engine".

| H. P.    | Cilindros | R. P. M. | Volumen<br>m3. | Peso total<br>Kg. | Peso por<br>H. P. Kg. |
|----------|-----------|----------|----------------|-------------------|-----------------------|
| 60.....  | 3.....    | 350..... | 8,32           | 5 800             | 96,6                  |
| 80.. ... | 4.....    | 350..... | 9,20           | 7 100             | 88,5                  |
| 120..... | 6.....    | 350..... | 11.60          | 10 300            | 86,0                  |

6.— Motores de Inyección Sólida de los carros del Canadian National.

| H.P      | Cilindros | R. P. M  | Peso total<br>Kg. | Peso por<br>H. P. Kg. |
|----------|-----------|----------|-------------------|-----------------------|
| 185..... | 4.....    | 700..... | 1 240...          | 6,7                   |
| 340..... | 8.....    | 650..... | 2 460...          | 7.25                  |

(1) El motor Western inyecta el petróleo por medio de una explosión preliminar en la válvula de admisión. Puede trabajar con petróleos de gran densidad.

2) *Costo del equipo auto motor.*

Ha sido posible conseguir el costo aproximado de algunos carros auto-motores actualmente en operación y además el costo separado de las partes mecánicas y ferros de los carros.

Carro *Brill-Modelo 75*. Completo 26 000 dollars.

Carro del *New York, New Haven & Hartford R R Co.* Transmisión hidráulica completo 35 000 dollars.

Carro *Electro-Motive Co.* Gas-eléctrico, con motor de 200 H. P. y dos motores eléctricos. Cuerpo de 17 metros de largo. 59 asientos. Peso 32 toneladas. Costo total 34 000 dollars.

Carro *Electro-Motive*. Gas-eléctrico, de 400 H. P. con dos motores de gasolina y 4 motores eléctricos. Costo total 40 000 dollars.

El costo puede repartirse aproximadamente en la siguiente forma:

*Motores de gasolina* completos con accesorios, pero sin la transmisión:

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| 125 H. P. | 1500 a 3400 dollars. |
| 225 H. P. | 4000 a 5625 id.      |
| 350 H. P. | 6000 a 11000 id.     |

|  |                          |
|--|--------------------------|
| <i>Motor eléctrico</i> de 140 H. P. ....                                       | 2500 dollars.            |
| <i>Generador D. C.</i> de 200 K. W. ....                                       | 2000 id                  |
| <i>Control electro-neumático</i> .....   | 500                      |
| <i>Auxiliares; compresores, luz, freno</i> .....                               | 3000                     |
| <i>Carro y partes mecánicas</i> de los «trucks»<br>40 tons. 20 metros de largo | 16 000 a 26 000 dollars. |

Según Mr. E. Wanamaker, ingeniero del Chicago, Rock Island & Pacific, el costo del equipo eléctrico completo e instalación en 3 carros de 40 toneladas, efectuado en la Maestranza del Ferrocarril en Horton, Kan. fué 70 000 dollars.

El contrato de este equipo se hizo con la *Electro Motive Co.*, de Cleveland y comprendía:

- Para cada carro. Motor de gasolina Winton de 175 H. P.
- 1 Generador D. C. General Elect.
- 2 motores eléctricos de 105 H. P.
- Control y auxiliares.
- Costo por carro 23 333 dollars.



### 3) *Datos económicos de la Operación.*

Los carros auto-motores de gran capacidad han servido en los Estados Unidos para reemplazar trenes a vapor en ramales o líneas con una densidad de tráfico baja.

El automovil y últimamente los autobuses han competido con ciertas compañías ferroviarias en tal forma que si estas no estuvieran obligadas a mantener ciertos servicios, ya habrían suprimido numerosos trenes que dejan pérdida.

Los autobuses compiten generalmente con tarifas por milla más bajas, pero en muchos casos iguales a las del ferrocarril. La ventaja mayor que ofrecen y por la cual el público los prefiere es la frecuencia del servicio (a intervalos de 1/2 hora, 1 hora, etc.). No están bajo el control del Gobierno como los Ferrocarriles y en su mayoría son empresas pequeñas, siendo a menudo, el conductor, dueño del vehículo. Esto hace la competencia para los ferrocarriles mas dura, pues existen rivalidades entre compañías de autobuses y hay permanentemente un número de individuos, que son atraídos por el nuevo negocio y reemplazan a los muchos que fracasan financieramente.

Durante 1925, el número de autobuses en servicio entre ciudades, aumentó en 30 % ,llegando a principios de 1926 a ser 69 425.

Los nuevos carros auto-motores han hecho disminuir la pérdida que dejaban los trenes de vapor con carros casi vacíos. En muchos casos han dejado utilidad. Este equipo permite dar al público un servicio más frecuente, manteniendo velocidades de viaje elevadas. Se les ha usado para pasajeros y carga «express» o de alta velocidad. Los carros gas-eléctricos son operados con acoplados y algunas compañías como por ejemplo el Great Northern hace recorridos diarios con cada carro de 320 millas (512 kilómetros). En el Great Western, este equipo ha dado más de 100 mil millas al año durante cerca de 2 años (160 mil kilómetros).

Las velocidades de marcha posibles con el carro del Seaboard Air Line descrito en pag. anterior dan una idea del trabajo que puede hacer este equipo.

|                          | Peso total | Velocidad en horizontal | Velocidad en gradiente compensada de 0.5 % | Velocidad en gradiente de 2 % |
|--------------------------|------------|-------------------------|--|-------------------------------|
| Carro solo.....          | 50 ton.    | 75 km. p. h             | 74 km. p. h                                | 41 km. p. h                   |
| Carro y 1 acoplado.....  | 100 »      | 74                      | 60   | 32                            |
| Carro y 2 acoplados..... | 150 »      | 67                      | 50   | 24                            |

Algunas de las Empresas que han operado carros auto-motores han publicado costos de la operación por carro-milla; pero estas cifras no tienen valor comparativo sin conocer las condiciones de transporte y los factores que forman este costo:

- Salarios.
- Combustible y lubricantes.
- Reparaciones ligeras.
- Reparaciones clasificadas.
- Varios.

De todos estos componentes se ha tomado solamente el consumo de combustibles y lubricantes de la experiencia de algunos compañías. El costo de las reparaciones de los diversos tipos de carros auto-motores depende de la clase de servicio y de la organización del sistema de inspección y reparación.

No existe tampoco experiencia suficiente para fijar bases de depreciación de este equipo. (1).

El Chicago & Alton (1 680 km. de líneas) ha reemplazado en dos ramales el servicio a vapor por tres carros gas-eléctricos con un acoplado cada uno. La comparación del costo de operación por tren milla del tren a vapor y de los carros, sin tomar en consideración inversiones en equipo y amortización ha sido:

*Servicio entre Peorria ILL y Springfield.* Comparación durante cinco meses. El tren a vapor dejaba una pérdida de 0,28 dollars por tren -milla. Los carros auto-motores (gas-eléctricos) han operado con una ganancia de 0,46 dollars por tren-milla.

*Servicio entre Mexico, Mo. y Cedar City.* Comparación durante el año 1925. Los trenes de pasajeros perdían 0,40 dollars por tren-milla. Los carros auto-motores dejan una utilidad de 0,33 dollars. (2)

*Consumo de combustible.*— Los consumos de combustible que se anotan pue-

(1) En los carros con transmisión mecánica se supone que cada 200 000 millas habrá que efectuar una reparación completa de la transmisión con reemplazos de engranajes. La transmisión eléctrica no necesita reemplazo durante la vida del carro (se puede estimar 15 años).

(2) Debe notarse que el equipo de pasajeros en los Estados Unidos tiene una utilización muy eficiente: El promedio de asientos por carro de 1.ª clase es 54. (Existe solamente una clase). El número de pasajeros-kilómetro por carro de pasajeros-kilómetro ha sido:

|                            |      |       |
|----------------------------|------|-------|
| Ferrocarriles de 1.ª clase | 1920 | 19 76 |
|                            | 1921 | 16 41 |
|                            | 1922 | 15 92 |
|                            | 1923 | 16 28 |
|                            | 1924 | 15 31 |

den considerarse como cifras medias para diversos tipos de carros. No ha sido posible obtener las características de las líneas, ni los itinerarios; pero los motores de combustión interna trabajan en este equipo a velocidad casi constante. Esto último se verifica especialmente en los carros gas-eléctricos.

*Northern Pacific R R Co.*— Tren compuesto de un carro gas-eléctrico de 40 toneladas y 175 H. P. con acoplado de 42 toneladas. En el ensayo de este carro a fines de 1925, en viaje de la fábrica al Ferrocarril se recorrieron *1,44 kilómetros por litro de gasolina.*

*Great Western R R Co.*—(Según Mr. E. J. Breman, Jefe de Tracción).

1.—Tren compuesto de un carro motor Russel Co. de 14 toneladas y acoplado de 8,5 toneladas. Motor de 6 cilindros de 105 H. P. Estadística reunida entre Octubre 1922 y Diciembre 1923 en un recorrido total de 58 700 kilómetros a una velocidad media de viaje de 46 kilómetros por hora.

2,03 kilómetros por litro de gasolina.  
53,2 id. por litro de aceite lubricante.

2.—Tren compuesto de un carro motor Sykes Co. transmisión mecánica de 25 toneladas y acoplado de 18 toneladas. Motor Sterling de 225 H. P. Estadística reunida entre Agosto 1923 y Enero 1924 en 49 100 kilómetros de recorrido total. Este tren hace un viaje diario de 428 kilómetros a 36 kilómetros por hora (velocidad media).

1,03 kilómetros por litro de gasolina  
57,5 id. por litro de aceite.

3.—Carro construido por Service Motor Co., Ind. de 15 toneladas. Transmisión mecánica. Motor de 65 H. P. Estadística reunida entre Noviembre 1922 y Enero 1924 en un recorrido total de 87 000 kilómetros. Este carro hace un viaje diario de 296 kilómetros a una velocidad media de 46 kilómetros por hora.

2,32 kilómetros por litro de gasolina.  
57,7 id. por litros de aceite.

4.—Carro Gas-Eléctrico de la Electro-Motive Co. de 40 toneladas. Motor de 175 H. P. Estadística reunida entre Agosto 1924 y Enero 1925 en 30 300 kilómetros de recorrido total.

0,915 kilómetros por litro de gasolina.  
38,5 id por litro de aceite.

*Canadian National.*— Carros Gas-Eléctricos con motores de inyección sólida. Petróleo crudo de 0,86 densidad.

1.—Carro articulado de 94 toneladas. Motor de 340 H. P. Consumo de petróleo en carrera continua en horizontal a 95 kilómetros por hora;

1,48 kilómetros por litro de petróleo

2. Carro de 50 toneladas. Motor de 185 H. P.

Consumo de petróleo en horizontal a 95 kilómetros por hora:

2,96 kilómetros por litro del petróleo.

*Carro Gas-Eléctrico con motor Diesel Mc. Intosh & Seymour.*—

Este carro con motor de 200 H. P. no ha sido aún ensayado; pero la fábrica ha garantizado un consumo de petróleo de 10 000 calorías inferior a 217 gramos por H. P. al freno, por hora.

#### IV.— *Locomotoras con motor de combustión interna.*—

Durante el año 1925 se han ensayado en los Ferrocarriles Americanos varias locomotoras con motores de combustión interna para servicio de patio y para arrastre de trenes de carga. Los siguientes fabricantes están interesados en la construcción de estas máquinas:

*J. G. Brill Co.* de Philadelphia, Pa. Esta fábrica es una subsidiaria de la American Car & Foundry y es el constructor más importante en los Estados Unidos de carros eléctricos. Brill fabrica solamente cuerpos de carros y trucks. El equipo eléctrico es suministrado por la Westinghouse Electric Mfg. Co. y los motores de gasolina por otros fabricantes.

La fábrica Brill construye una línea de carros auto-motores con transmisión mecánica y otros con transmisión eléctrica. Actualmente ha entregado al Long Island R R Co. una locomotora con motor de gasolina, cuyo catálogo se incluye.

*Ingersoll-Rand Co.*—Fabricantes de herramientas de aire comprimido y de motores de inyección sólida para industrias y servicio marino.

Ha construido dos tipos de locomotoras de petróleo crudo en asociación con la General Electric Co., fabricante de equipo eléctrico y con la American Locomotive Co. fabricantes de locomotoras a vapor y partes mecánicas para locomotoras eléctricas.

Hay varias locomotoras de 60 toneladas y una de 100 toneladas en experimentación.

*Baldwin Locomotive Co.* Fabricante de locomotoras a vapor y parte mecánicas para locomotoras eléctricas.

Baldwin ha construido una locomotora con motor de petróleo crudo de 1 000 H. P. con equipo eléctrico de la Westinghouse. El motor de petróleo fué fabricado en la fábrica Baldwin según las patentes de la Knudsen Motor Corp. de New York.

La fábrica Baldwin en Eddystone, Pa. es la planta más grande de Estados Unidos dedicada a la construcción de locomotoras a vapor. La construcción de motores Diesel ha sido un ensayo cuyo resultado aún no se conoce.

*Mc Intosh & Seymour.*— Fabricantes de motores del ciclo Diesel desde 1913. Esta compañía ha entrado en la fabricación de carros auto-motores con motor Diesel y locomotoras con motor Diesel. Hay una locomotora de 300 H. P. recién en ensayo, y un carro de 200 H. P. en construcción. Tiene además una orden por una locomotora de 800 H. P.

Mc Intosh & Seymour usa las patentes y diseños de la Atlas Diesel y de la Allmanna Svenska Elektriska Aktieoblaget de Stockholm, Suecia. El equipo eléctrico es General Electric y la carrocería y trucks de Brill o American Locomotive.

En el gráfico se han anotado los esfuerzos de tracción de las locomotoras con motor de combustión interna ensayadas en los Estados Unidos. La referencia a las curvas es como sigue:

A.—*Ingersoll-Rand Co-General Electric-American Locomotive.*—

(Descrita en catálogo)

56 toneladas

Motor de inyección sólida de 300 H. P.

Razón de engranajes 82|14.

Diámetro de las ruedas 36".

Peso por H. P. 186 kg.

B.—*Ingersoll-Rand Co-General Electric-American Locomotive.*—

(Descrita en catálogos)

90 toneladas

2 motores de inyección sólida de 300 H. P.

Razón de engranajes 70|16

Diámetro de las ruedas 36".

Peso por H. P. 150 kg.

C.— *Brill—Westinghouse*.—(Descrita en catálogo).

68 toneladas

2 motores de gasolina de 250 H. P. a 1 100 R. P. M.

Razón de engranajes 16|61.

Diámetro de las ruedas 33".

Peso por H. P. 136 kg.

D.— *Baldwin—Westinghouse*.—(Descripción en el *Railway Age* de Octubre 10, 1925.)

124 toneladas de peso total.

82 toneladas en las ruedas motrices.

Motor de inyección sólida de 1 000 H. P.

Peso por H. P. 124 kg.

Se acompaña además una curva de los esfuerzos de tracción que posiblemente se obtendrán con la locomotora *McIntosh Seymour* con motor Diesel de 300 H. P.

Peso por H. P. 186 kg.

Las locomotoras con motor de combustión interna no han alcanzado aún, en los Estados Unidos a potencias que permita compararlas con las locomotoras a vapor, las cuales pueden desarrollar 3 000 a 4 000 H. P. La transmisión eléctrica de todas estas máquinas absorbe 30 % de la potencia, es decir, en la locomotora *Baldwin* se pierden por esta razón 300 H. P.

Hay actualmente 6 locomotoras en los Ferrocarriles Americanos; pero no ha sido posible conseguir datos de la operación de los Jefes de Tracción de esas Compañías. En todos los casos han manifestado no tener aún base experimental suficiente para dar una opinión y como los ensayos se han efectuado de acuerdo con los Fabricantes, el Ferrocarril no se considera autorizado para dar ningún dato sin autorización de estos.

La *Ingersoll-Rand Co.* ha publicado los resultados de 4 estudios hechos con la locomotora de 300 H. P.

A—En servicio de patio desde Enero 9, 1924 a Agosto 23 inclusive.

B—Servicio de patio durante dos semanas; 24 horas al día.

C—Arrastre local de carga en la línea principal.

D—Servicio ligero de patio, desde Septiembre 5 a Septiembre 9 inclusive.

|  | «A»    | «B»    | «C»    | «D»   |
|--|--------|--------|--------|-------|
| Total de horas en ensayo.....                    | 833    | 280    | 10     | 35    |
| Total de horas de trabajo del motor.....         | 579,33 | 164    | 9,24   | 28,66 |
| Total de consumo de petróleo, litros.....        | 9 100  | 2 550  | 206    | 305   |
| Total de consumo de aceite litros.....           | 940    | 303    | 15,1   | 45,5  |
| Kilómetros de recorrido.....                     | 2 470  | 752    | 75 8   | 67,8  |
| Toneladas-kilómetro de movilización.....         | 645000 | 182000 | 26 800 | ....  |
| Litros de petróleo por ton-kilómetro.....        | 0,0141 | 0,014  | 0,097  | ....  |
| Litros de petróleo por kilómetro.....            | 3,68   | 3,39   | 2,72   | 4,5   |
| Kilómetros por litro de petróleo.....            | 0,271  | 0,295  | 0,367  | 0,222 |
| Litros de petróleo por hora (trabajo del motor.) | 15,7   | 15,5   | 22,2   | 10,63 |

*Ensayo de la locomotora Ingersoll-Rand de 600 H. P.*

Trabajo en la línea principal arrastrando 5 carros cajones, 1 coche de pasajeros y 1 carro de conductor.

Ensayo efectuado desde las 7.15 A M de Diciembre 15 hasta las 11.38 PM. de Diciembre 16.

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Peso total del tren con la locomotora.....      | 377 ton.                |
| Kilómetros recorridos.....                      | 862                     |
| Duración total del ensayo.....                  | 40.h. 23 m. 45 segundos |
| Tiempo en viaje.....                            | 28 44 45                |
| Tiempo en detenciones.....                      | 11 39                   |
| Velocidad media.....                            | 28,40 Km. por H.        |
| Velocidad máxima.....                           | 45,6 Km. por H.         |
| K. W. hora generador.....                       | 3 810                   |
| Factor medio de carga en el motor.....          | 23,6 %                  |
| Factor de carga máximo.....                     | 74,1                    |
| Litros de petróleo consumidos.....              | 1 780                   |
| Litros de aceite lubricante consumidos.....     | 18,9                    |
| Toneladas - Kilómetros totales.....             | 3 26.000                |
| Litros de petróleo por K. W. hora generado..... | 0,465                   |
| Litros de petróleo por Km. recorrido.....       | 2,06                    |
| Litros de petróleo por ton-kilómetros.....      | 0,005 46                |

### V.—*Conclusión*

La intensidad de tráfico de pasajeros de los Ferrocarriles Americanos ha disminuído apreciablemente después de 1920. El automóvil y los autobuses han competido con ciertas líneas debido a la mayor frecuencia de los servicios que ofrece y a menudo, a una menor tarifa. La competencia se hace también en la carga ligera y de alta velocidad. (Express).

El control del Gobierno sobre los Ferrocarriles los obliga a mantener trenes que dejan pérdidas usando la tracción a vapor. Se ha hecho así necesario estudiar la forma de obtener resultados más favorables en la explotación de esas líneas.

El carro auto-motor con motor de combustión interna ha sido desarrollado con este objeto y es el resultado de varios años de experimentación. Este equipo ha evolucionado, desde los primeros modelos que eran adaptaciones del automóvil a los rieles hasta los tipos modernos que tienen dimensiones y capacidad suficiente para reemplazar los trenes a vapor de varios carros.

La experiencia con estos carros ha indicado que el problema mecánico más difícil, es el sistema de transmisión de la potencia del motor de combustión interna a las ruedas motrices del carro. La mayor parte de los carros construídos últimamente tienen transmisión eléctrica, a pesar de que la eficiencia de esta es de más o menos 70%. Hay varios fabricantes en Estados Unidos experimentando con carros con transmisión mecánica y es posible que se llegue a construir carros de este tipo más eficientes que los actuales.

El carro auto-motor de mayor potencia en servicio tiene 400 H. P. Ha sido posible correr un tren de 165 toneladas con uno de estos carros a 16 kilómetros por hora en una pendiente de 2 %.

Los Ferrocarriles han podido, con estos carros, dar un servicio, más frecuente y mantener itinerarios con velocidades medias superiores a las de los autobuses. Existe también la posibilidad de dar al público en tarifas más bajas parte de la economía obtenida en la operación.

Se han ensayado en varias compañías 6 locomotoras con motor de petróleo y transmisión eléctrica. La potencia de este equipo es aun muy inferior a la de locomotora a vapor de igual peso. El precio es el doble de la locomotora a vapor, pero se supone que podrá trabajar casi continuamente, con gran ventaja sobre la última (La locomotora a vapor tiene en los Estados Unidos una utilización media



muy baja, cerca de 8 horas diarias de trabajo útil contra 16 horas en reparaciones, casa de máquinas, levantando presión; etc.)

La adaptación de los carros gas-eléctricos y locomotoras con motor de petróleo a la trocha ancha chilena no presenta dificultad; pero la trocha de 1 metro obligará talvez a usar motores de menor tamaño o a cambios importantes de diseño.

(Fdo.) RAUL SIMON.

(Fdo.) JOAQUIN MARCO

New York, 5 de Marzo de 1926.

---

#### ANEXO

Sr. Rodolfo Jaramillo, Sub-Director General. Ferrocarriles del Estado.

Santiago, Chile.

Señor Sub-Director:

En su carta N°. 573 de Abril 9 de 1926 encargaba a esta oficina el envío de informes mas completos sobre los carros auto-motores gas-eléctricos. El Sr. Raúl Simón, cuyo regreso a Chile se verificó algunos días después de recibida su carta, me encargó reuniera y enviara a Ud. datos de la operación de este equipo en los ferrocarriles Americanos y me informara de los fabricantes sobre la posibilidad de adaptar esos carros a nuestras líneas.

Con el objeto de conocer directamente la experiencia de las Empresas ferroviarias, el suscrito dirigió a los Jefes de Tracción de algunos ferrocarriles una carta en forma de cuestionario. En ella se pedía la siguiente información:

I—¿Qué tipo de transmisión ha preferido en los últimos carros ordenados por su compañía: mecánica o eléctrica?

II—¿Qué peso y poder tienen los carros auto-motores (o trenes) y a qué velocidad viajan en las mayores gradientes de sus líneas?

III—¿Cuál es recorrido diario que hace este equipo?

IV—¿Cuántas millas considera Ud. podía tomarse como término medio de recorrido, entre reparaciones de la transmisión mecánica, de la transmisión eléctrica?

ca y de los motores? (carros de una capacidad como los Brill Modelo 75, Sykes 225 H. P. Gas-elect. de 250-400 H. P.).

V—¿Tiene Ud. alguna base estadística para suponer la duración de los motores y transmisiones (200-250 H. P.) y en general la depreciación aplicable a este equipo?

VI—¿Ha tenido alguna experiencia con motores Diesel?

Todas las compañías a quienes nos dirigimos han contestado o avisado que están preparando una contestación. Le acompaño las cartas siguientes:

*Lehigh Valley Railroad Co.*—Carta y planos de 10 trenes auto-motores ordenados últimamente.

*Boston & Maine Railroad Co.*—Carta, itinerario, lista de carros en servicio e informe estadístico de la operación de estos carros, Marzo 1926.

*The Chicago, Rock Island & P.*—Carta.

*The New York, New Haven & H.*—Carta.

*The Chicago, Burlington & Quincy.*—Carta.

El Seaboard Air Line Railway Co (que tiene dos carros gas-eléctricos de 400 H. P. ) contestó que no podía dar ningún informe por haber recibido los carros últimamente.

El Canadian National avisó enviaría algunos datos.

Haciendo un sumario de las cartas para cada una de las preguntas del cuestionario se tiene:

I.—Se prefiere la transmisión eléctrica. El Lehigh Valley acaba de colocar una orden por 10 carros gas-eléctricos y 13 acoplados, todos con planta motriz doble de 500 H. P. Hay en operación en este ferrocarril 5 carros gas-eléctricos actualmente y 2 Brill con transmisión mecánica. El Chicago, Rock Island & Pacific transformó los carros Mc Keen con transmisión mecánica a gas-eléctricos. (Este cambio se hizo en la maestranza del ferrocarril, según se anotó en el informe anterior).

II.—En el Lehigh Valley el peso de los carros motores ordenados es aproximadamente 65 toneladas y el de los acoplados 28 (vacíos).

Los carros se operan en los siguientes trenes: N.º 281 y 284. Auburn División.  
Carro auto-motor con 2 motores Hall-Scott. 500 H. P. total a 1 100 R. P. M.  
2 generadores G. E. Co. 360 kw total.  
4 motores eléctricos G. E. Co. 140 H. P. cada uno.

Tren compuesto de:

|                                   |    |    |    |
|-----------------------------------|----|----|----|
| Auto-motor de 65 toneladas vacío. |    |    |    |
| Acoplado                          | 28 | id | id |
| Acoplado                          | 28 | id | id |
| Ocasionalmen-<br>te, carro de 34  |    |    |    |

El peso del tren vacío variará de 121 a 155 toneladas.

Nº. 1 y 34 N. J. & L. & N Y División.

Carro auto-motor con la planta motriz y motores eléctricos Nº. 281-284

Tren compuesto de:

|                            |    |    |
|----------------------------|----|----|
| Auto-motor de 65 toneladas |    |    |
| Acoplado                   | 28 | id |
| Ocasionalmente             |    |    |
| carro de                   | 73 | id |

El peso del tren vacío variará de 93 a 166 toneladas.

Nº. 131 y 132. Seneca División.

Carro auto-motor con 2 motores Winton. 440 total a 1 000 R. P. M.

2 generadores G. E. Co. 300 kw total.

4 motores eléctricos G. E. Co. 105 H. P. cada uno.

Tren compuesto de:

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| Auto-motor de 65 toneladas vacío. |    |
| Acoplado                          | 28 |
| Ocasionalmen-<br>te, carro de     | 73 |

El peso del tren vacío variará de 93 a 166 toneladas.

Nº. 117 y 122. Seneca División.

Carro auto-motor con la planta motriz y motores eléctricos del Nº. 131 y 132

Tren compuesto de:

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Auto-motor de 65 toneladas |    |
| Acoplado                   | 28 |
| Ocasionalmen-<br>te, carro | 57 |

El peso del tren vacío variará entre 93 y 150 toneladas.

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Auto-motor de            | 28 |
| Ocasionalmente, 2 carros | 53 |
|                          | 60 |

riará de 93 a 206 toneladas.

iburn Division.

con la planta motriz y motores eléct. del N.º 321-326. Tren

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Auto-motor de              | 65 toneladas vacío. |
| Acoplado                   | 28                  |
| Ocasionalmente carro de 73 |                     |

icio variará de 93 a 160 toneladas.

owman's Creek Branch.

con la planta motriz y motores elect. del N.º 321-326.

de:

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| Auto-motor de               | 65 toneladas vacío. |
| Acoplado                    | 28                  |
| Ocasionalmente 3 carros le- |                     |

cheros vacíos 129

ció variará de 93 a 222 toneladas.

owman's Creek Branch.

con la planta motriz y motores eléct. del N.º 321-326.

de:

|                      |              |
|----------------------|--------------|
| Auto-motor de        | 65 toneladas |
| Acoplado de          | 28           |
| Ocasionalmente 4 ca- |              |
| rros lecheros vacíos | 288          |

ció variará entre 93 a 381 toneladas.

El Boston & Maine tiene en servicio el siguiente equipo de carros motores:

|                   | N.º de carros | Fabricante                          | Peso del motor Ton. | Peso del tren vacío (motor y acoplado) |
|-------------------|---------------|-------------------------------------|---------------------|--|
| Transm. mec.      | 1             | Sykes                               | 22,5                | 34,5                                   |
|                   | 6             | Brill-75                            | 29                  | 47                                     |
|                   |               |                                     |                     | 50,5                                   |
|                   |               |                                     |                     | 52 En gradientes del ¼%                |
| 53 En horizontal. |               |                                     |                     |  |
| Gas-electr.       | 3             | Electro-Motive Cº                   | 35                  | 56,5                                   |
|                   | 2             | Brill. 250 HP                       | 42,5                | 62,5 En grad. de ½%                    |
|                   |               |                                     |                     | 76,5 En grad. de ½%                    |
|                   | 1             | Brill 250 HP<br>22 metros de largo. | 50,5                | 74,5 En horizontal.                    |

El Boston & Maine ha enviado también una estadística de costos, de la cual se obtienen los siguientes consumos de gasolina y aceite correspondientes a los 13 automotores en servicio:

|  | GASOLINA         |               | ACEITE           |               |
|--|------------------|---------------|------------------|---------------|
|  | Millas por galón | Km. por litro | Millas por galón | Km. por litro |
| Brill. Mod . 75 . . . . .<br>(Trans, mec.) . . . . . | 1,54             | 0,656         | 19,97            | 8,5           |
|  | 1,96             | 0,835         | 64,38            | 27,5          |
| Electro-Motive.. . . .                               | 1,32             | 0,56          | 40,43            | 17            |
|  | 1,59             | 0,675         | 54               | 23            |
| Brill. Gas-electr. . . . .                           | 1,31             | 0,554         | 89,40            | 38            |
|  | 1,50             | 0,64          | 110,37           | 47            |

Esta Compañía pagó por la gasolina en Marzo 1926, 14.29 c| el galón. (3,9 c| de dólar el litro).

Al pedir la información a los ferrocarriles no hice referencia a costos y consumos

de gasolina por ser estos datos difíciles de comparar o analizar sin conocer la forma en que fueron reunidos. Por otra parte, los consumos de gasolina por H.P. son garantizados por los fabricantes.

El Chicago, Rock Island & Pacific Railway C<sup>o</sup> opera carros gas-eléctricos de 40 toneladas, 200 H.P., con acoplados de 30 y 35 toneladas en líneas con gradientes máximas de 2%, manteniendo velocidades de 24 a 40 Km. por hora.

III.—Todas estas Compañías hacen recorridos diarios con los carros auto motores de 200 a 400 Km.

IV.—No existe aun estadística suficiente para calcular el costo de reparaciones por milla. El Chicago, Rock Island Pacific hace reparaciones completas de los carros cada 320 mil Km. Las válvulas se ajustan cada 80 mil Km.

V.—Se aplican varios porcentajes de depreciación. El Lehigh Valley, 10 años para los motores y 15 a 20 para los carros. El Boston & Maine 8 años para los motores y transmisiones y 20 para los carros. El Chicago, Rock Island & Pacific ha tenido carros gas-eléctricos en servicio 14 años. Toma como base una duración de estos carros de 20 años. El New York, New Haven & Hartford aplicará una depreciación de 10 % a los gas-eléctricos y 20 % a los con transmisión mecánica. El Chicago Burlington & Quincy aplica 10 % al año de depreciación.

VI.—No hay experiencia con motores Diesel en carros. El Lehigh Valley ha ordenado una locomotora con motor Diesel a Mc Intosh & Seymour. Este ferrocarril tiene en operación una de las locomotoras Ingersoll Rand-General Electric-American Locomotive de 300 H. P. en servicio de patio.

En referencia a los fabricantes, se han enviado los datos sobre las líneas que Ud. anotaba en su carta, y además algunos planos que teníamos en la Oficina, a Brill en Philadelphia y a la Electro-Motive en Cleveland. Las dos compañías se han manifestado muy interesadas y presentarán un estudio preliminar. Parece ser que los carros para la trocha ancha no ofrecen ninguna dificultad, pero los del Longitudinal tienen limitaciones de espacio y además existe la gradiente de 6%.

En los últimos meses los ferrocarriles han ordenado como 30 carros gas-eléctricos, en su mayoría de potencia de 400 a 500 H. P. Es decir con planta doble, 2 motores de gasolina de 200 a 250 H. P.

Respecto al precio de la gasolina que Ud. hace notar es tan elevado en Chile,

la Electro-Motive Co. usa un motor Winton que quema un destilado de petróleo, intermedio entre la gasolina y Kerosene ( su precio es actualmente 1/3 del de la gasolina).

Siguiendo sus instrucciones, nos hemos mantenido informados del progreso de los carros y locomotoras Diesel que está construyendo Mc Intosh & Seymour. Esta firma, fabricantes de motores Diesel, es la única en los Estados Unidos que ha proyectado usar estos motores en carros. A fines de Julio ensayarán un carro Diesel-Eléctrico para el New York Central, de 200 H. P. Tienen también en construcción 2 locomotoras: una de 300 H. P. y otra de 800 H. P. Esta última es para servicio de pasajeros en el New York Central.

Mc Intosh & Seymour tiene un arreglo con la Allmanna Svenska Eletriska Aktieoblaget de Suecia, para usar sus diseños. Ud. ha visto esos carros en Europa los cambios efectuados aquí han sido en relación con el tamaño, trucks y con la idea de hacerlos más fácil de operar y conservar.

En los carros gas-eléctricos se puede suponer que no se construirán plantas mayores de 250 H. P. y que el equipo eléctrico, que ha cambiado poco en los últimos años, está casi standard.

Hemos pedido a las compañías que nos envíen dibujos, fotografías y especificaciones de los carros que consideran podrán hacer el servicio en Chile. En esta forma Ud. podría sugerir los cambios que estimara conveniente.

Saluda atentamente a Ud.

J. MARCÓ.