

A black and white photograph of a steam locomotive on a railway track. The locomotive is dark-colored with a large smokestack emitting a plume of white steam. It has a prominent headlight and the number '258' is visible on its front. The train is on a set of tracks that recede into the distance. In the background, there are some buildings and trees. The overall scene is somewhat faded, giving it a historical feel.

# *Manual de Vapor*

## *Capítulo V: Tipos Diversos De Locomotoras*

José Gabriel Naranjo



## CAPÍTULO V

### TIPOS DIVERSOS DE LOCOMOTORAS

**160. Valoración de los diferentes tipos** – Para apreciar de una manera general los diferentes tipos de locomotoras que han existido, será bueno recordar las principales cualidades que se buscaron en estas máquinas.

De la caldera depende la cantidad de vapor que puede ser producida, y por consiguiente, la potencia que podrá desarrollar la locomotora, provista de un mecanismo apropiado. En la caldera, es, desde luego, el aparato de combustión el que hay que proporcionar bien para obtener una cantidad de calor suficiente: con las disposiciones usuales de hogares, este aparato es especialmente caracterizado por la superficie de la parrilla. Las secciones de paso del aire y de los gases calientes, y la disposición del escape, tienen también una gran importancia.

Una vez producido el calor, hay que emplearlo en la producción de vapor, es decir, en vaporizar el agua, lo que exige una superficie de calefacción necesaria y suficiente. Hemos visto en el capítulo II que una superficie de caldeo igual a 75 veces la superficie de parrilla, era en general suficiente, pero los límites estrechos de peso y de dimensiones impuestos a las locomotoras impiden frecuentemente llegar a esta proporción.

Los cilindros se calculan en relación con el diámetro de las ruedas motrices, para que el esfuerzo motor pueda alcanzar un valor determinado: la caldera debe alimentarlos fácilmente; vale más para la caldera que los cilindros sean algo pequeños que muy grandes; saldremos mejor librados en el primer caso que en el segundo, sobre todo con las presiones elevadas del vapor: cuando los cilindros tienen dimensiones exageradas, la presión en la caldera se mantiene dificultosamente, y aumenta el consumo de combustible.

El peso empleado para la adherencia es más o menos grande, según el esfuerzo motor que pueda desarrollar el mecanismo; con los grandes esfuerzos, dados por ruedas pequeñas, la adherencia es a veces total: se utiliza del mismo modo el peso de las provisiones en las máquinas-ténder.

La buena marcha de la locomotora, la facilidad de circulación en las curvas y sobre vías mediocres, la poca importancia de los movimientos parásitos, tales como la lanzadera y el vaivén, son cualidades de otro orden, que adquieren una importancia extrema para las locomotoras destinadas a marcha rápida: estas son las cualidades que regulan la seguridad y que exigen, para ser desarrolladas tanto como sea posible, la mayor habilidad en los constructores de locomotoras. Muchas máquinas, sobre todo en los modelos más antiguos, pecan en este aspecto: se hace imperativa una especial atención a no traspasar los límites de velocidad establecidos.

Una vez determinadas las condiciones capitales de producción y empleo del vapor, y de la estabilidad, el constructor de la locomotora debe hacerla simple, robusta y cómoda. No deberá perder jamás de vista las condiciones de servicio pedidas a ese género de máquinas. Proporcionando las diferentes partes que la componen, y evitando toda complicación, sacrificando todo órgano que no sea indispensable, reduciendo las posibilidades de averías, se facilita el mantenimiento, la conservación y la conducción de la locomotora. Conviene que la inspección, el engrase y la limpieza sean fáciles; todos los órganos de maniobra conviene que estén hábilmente agrupados, a fin de que el personal los tenga siempre al alcance de la mano; un buen abrigo para el personal, desde donde pueda observar la vía sin que nada le estorbe, es un complemento de una buena locomotora. Los tubos, expuestos a heladas, no deben multiplicarse inútilmente; un poco de cuidado en su estudio permite mantenerlos reducidos al mínimo indispensable.

Sobre las locomotoras así construidas, el personal trabaja con desahogo, el servicio es fácil, las averías raras, y finalmente se presentan elegantes en su simplicidad de formas, como corresponde a una obra maestra de la mecánica.

## Tipos Diversos de Locomotoras

Más, si no se han de perder de vista todas estas cualidades cuando se comparan locomotoras, y sobre todo cuando se construyen nuevas, también se debe sacar todo el partido posible de aquellas de que podemos disponer y no desdeñar demasiado los viejos ingenios, que han dado tantos servicios, cuando contemplamos otras más bellas, potentes y cómodas.

Para este estudio, dividiremos las locomotoras según su número de ejes acoplados. Digamos que la velocidad del motor de vapor de una locomotora, perfectamente equilibrada, no pasa de 350 r.p.m. En base a esto, la velocidad máxima de una locomotora depende, aparte de su potencia, casi exclusivamente del diámetro de sus ruedas motrices. Por otra parte, el esfuerzo de tracción, depende del peso que soporta cada uno de los ejes, y, en relación inversa, del diámetro de sus ruedas motrices. Asimismo, para poder llegar a altas velocidades, es necesario que tengan ejes portantes de guía, tal como un bissel, o mejor aún, un bogie. De aquí que las locomotoras para servicio de viajeros tengan pocos ejes motrices, ruedas de gran diámetro, y ejes delanteros de guía, las destinadas a servicio de mercancías mayor número de ejes y ruedas de menor diámetro, e igualmente ejes delanteros de guía, y finalmente, para el servicio de maniobras, sin exigencias de velocidad, es común que sean todos los ejes motrices y sus ruedas de pequeño diámetro.

**161. Locomotoras de ejes independientes** – Ya casi no se emplean las locomotoras de un solo eje motor sin acoplamiento, llamadas de ejes independientes. En Francia, sobre los ferrocarriles Nord, East y P.L.M., las locomotoras Crampton (fig. 666) prestaron un buen servicio durante bastante tiempo, hasta que resultaron insuficientes. La posición del eje motor, con ruedas de gran diámetro, detrás del hogar, permitía colocar la caldera muy baja, disposición a la que posteriormente no se le dio importancia.

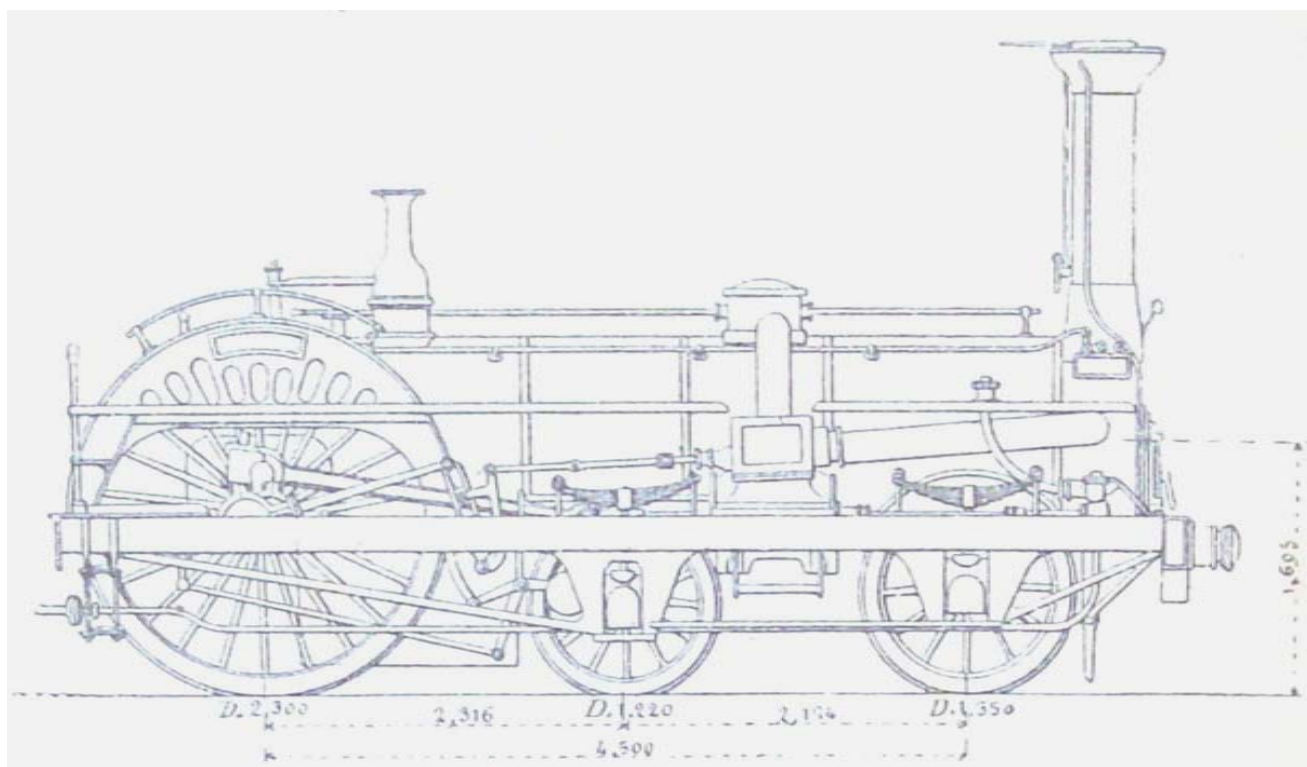


Fig. 666 – Locomotora Crampton del Est, s/ M.Demoulin

Quedaron en servicio más tiempo, en la red del Ouest, algunas pequeñas locomotoras tipo Buddicom, con su eje central motor. El servicio muy prolongado de ciertas series hace honor a quienes las estudiaron y las construyeron.

También en Inglaterra se utilizaron locomotoras de ejes independientes, que se construyeron durante más tiempo que en el resto de los países.



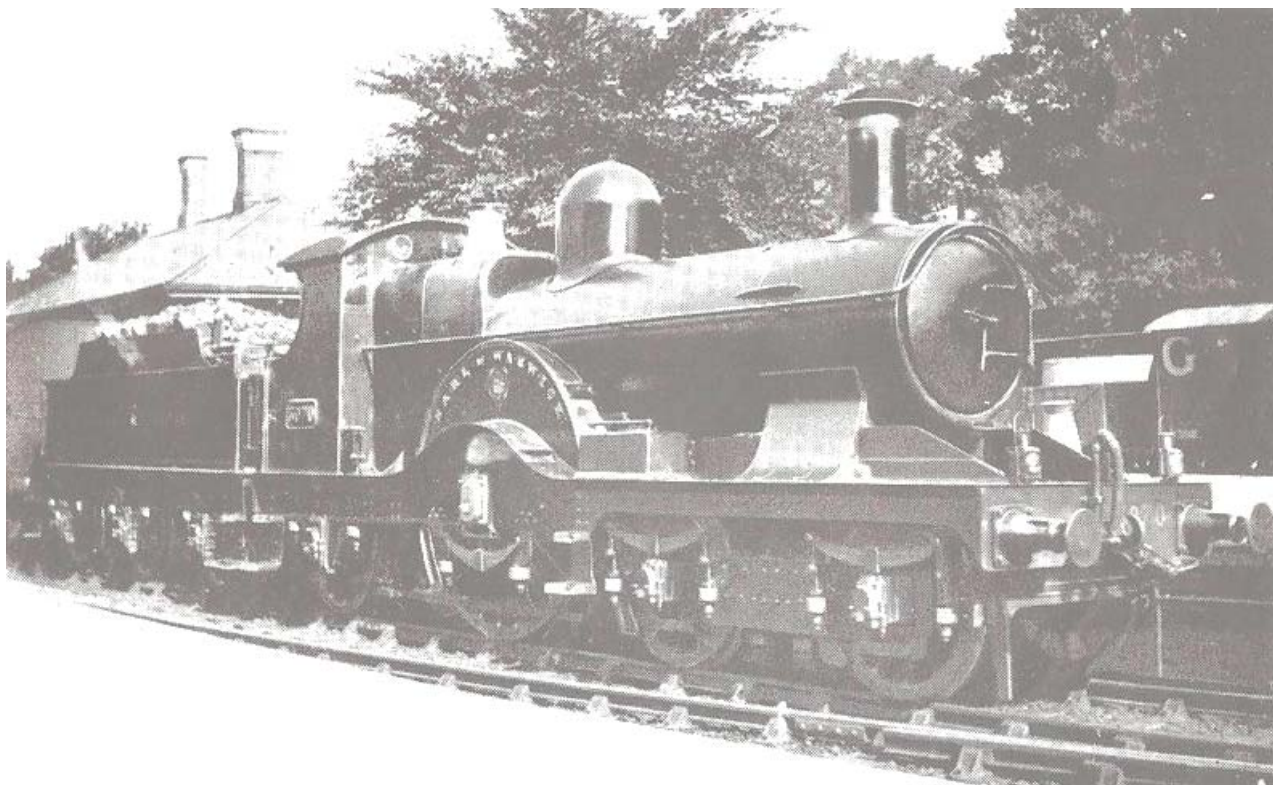


Fig. 667 – Locomotora de ejes independientes, construida por el Great Western Railway en 1894. Diámetro de ruedas motoras: 2,340 m; Cilindros de 483 mm con carrera de 610 mm.



Fig. 668 – Locomotora Stirling de ejes independientes, año 1870 (Fuente Todotrenes)

Pero a pesar de las altas cargas de 18 y 20 toneladas sobre el eje motor, la adherencia suele ser insuficiente, sobre todo con los grandes cilindros y las altas presiones hoy día necesarios. Además, es casi siempre perjudicial poseer locomotoras cuyo servicio está restringido a ciertos trenes rápidos de raras paradas.

**162. Locomotoras de dos ejes acoplados** – El acoplamiento de dos ejes es muy frecuente en locomotoras destinadas al servicio de viajeros.



Fig. 669 – Locomotora 0-4-0 Gwen, fabricada por Hunslet (Leeds) en 1920, trocha de 18" (457 mm). Preservada en Northbridge, California

Si bien muchas locomotoras primitivas tenían rodado 0-4-0, su utilización ha quedado relegada a pequeñas máquinas de maniobras y/o usos industriales

El diámetro de las cuatro ruedas acopladas se halla comprendido entre 1,70 y 2,10 m. Excepcionalmente desciende por debajo de 1,50 m, porque con ruedas pequeñas la adherencia de sólo dos ejes no es ya suficiente para el esfuerzo de tracción. Durante mucho tiempo las ruedas grandes impusieron un límite demasiado bajo al diámetro de la caldera, que debía ubicarse dentro de las mismas, pero posteriormente se fue elevando el eje de la misma sin que se produjeran inconvenientes, llegando en las postrimerías del vapor a alturas cercanas a los 3 metros.

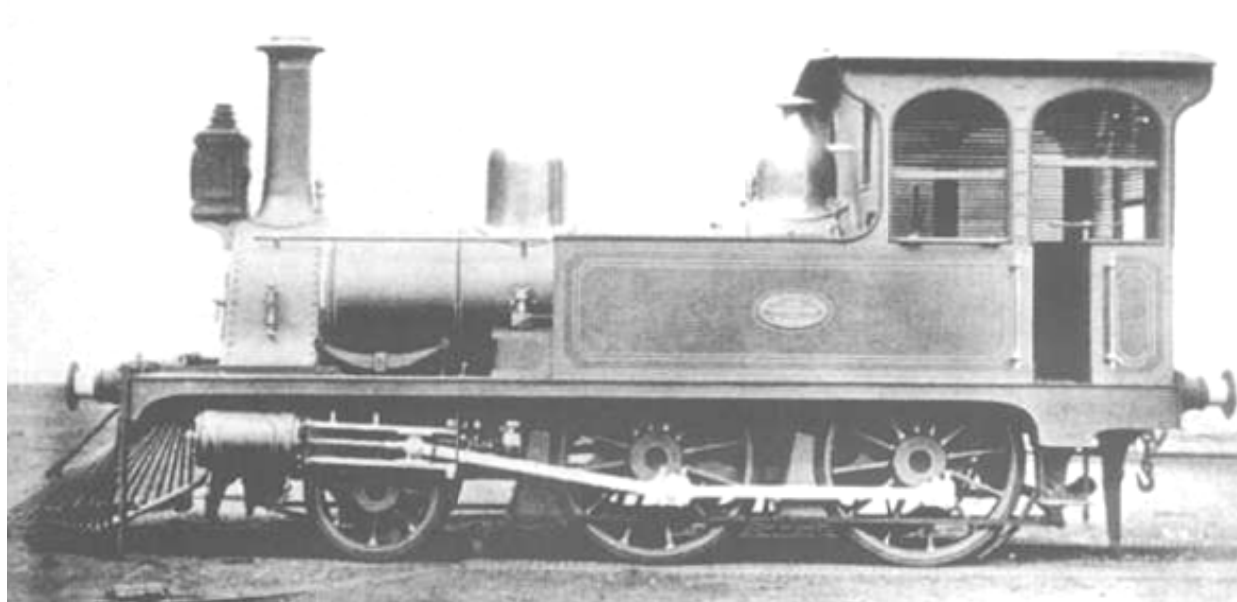


Fig. 670 – Locomotora 2-4-0T, construida en el año 1871 por Yorkshire Engine Co. para el Buenos Ayres Southern Railway. El hogar está ubicado entre los ejes acoplados.



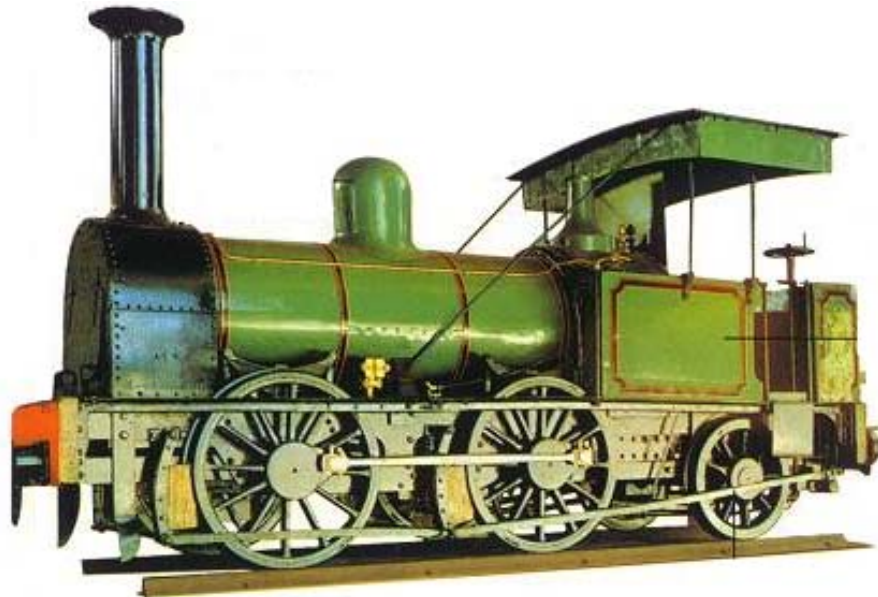


Fig. 671 – Locomotora 0-4-2T de los ferrocarriles sudafricanos (Fuente Todotrenes). Hogar entre el segundo eje acoplado y el eje portante.

Con el fin de mejorar las condiciones de marcha, se les agregó un eje portante, ya sea delante (fig. 670) o detrás (fig. 671), o un bogie, ya sea delante (fig. 673 y 674) o detrás (fig. 672).



Fig. 672 – Locomotora 0-4-4T del London & South Western Railway, construidas por [Nine Elms Locomotive Works](#) entre 1897 y 1911. Hogar detrás de los ejes acoplados.

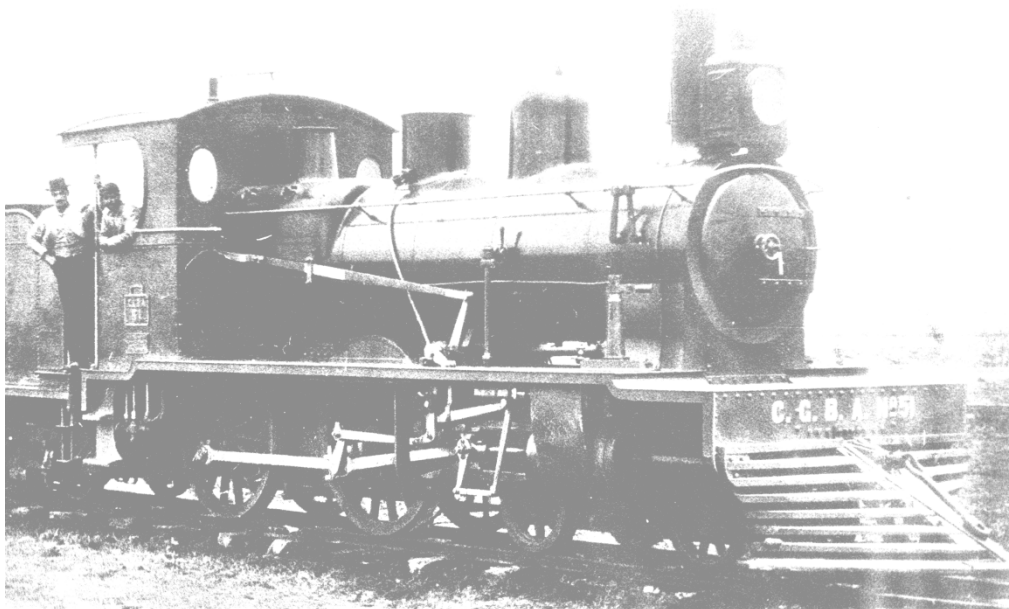


Fig. 673 – Locomotora 4-4-0 serie 50 de la Compañía General. Fabricada por Sächsische Maschinenfabrik Rich Hartmann en Chemnitz, Alemania, en 1907. Hogar ubicado entre los ejes acoplados.

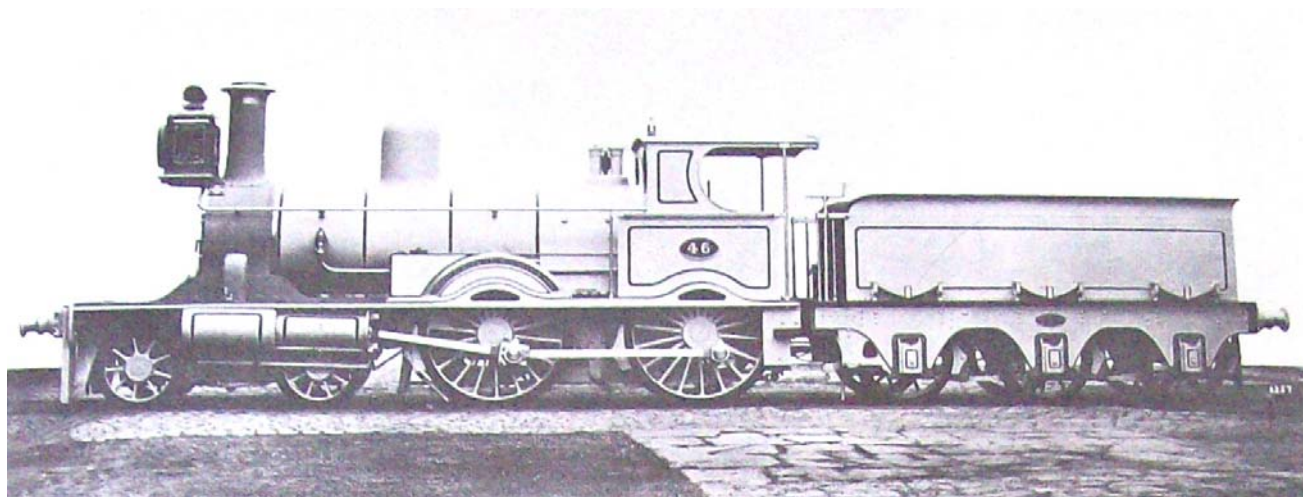


Fig. 674 – Locomotora 4-4-0 clase 6 del Buenos Ayres Southern Railway, construida por Beyer Peacock en 1883. Hogar ubicado entre los ejes acoplados.

Con el desarrollo de hogares más grandes, especialmente en América, éstos se colocaron detrás de los ejes acoplados, y para soportar su peso se colocó un bissel debajo, dando origen al tipo Atlantic (fig. 375).

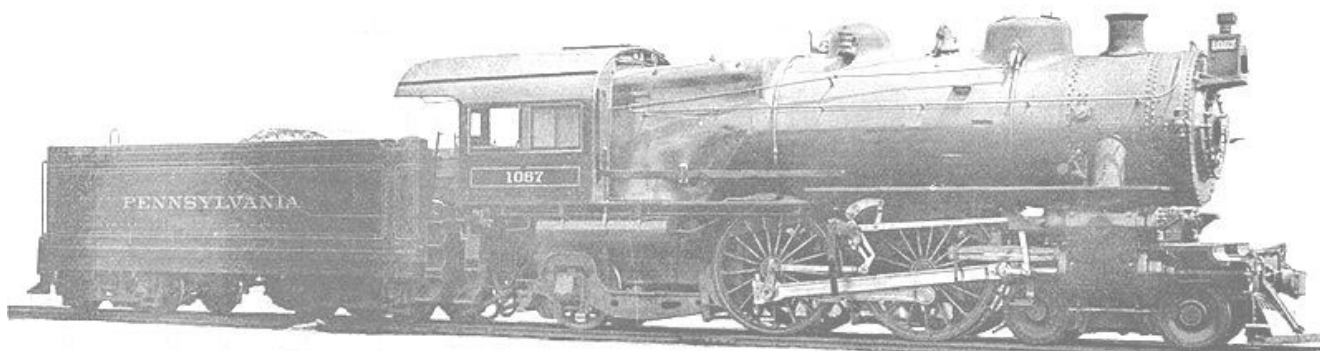


Fig. 675 – Locomotora Atlantic 4-4-2 del Pennsylvania R.R., construida en sus propios talleres de Altoona en la década de 1910.

Las hubo de simple expansión y compound, de dos, tres y cuatro cilindros, interiores o exteriores.



**163. Locomotoras de tres ejes acoplados** – El acoplamiento de tres ejes ha sido empleado frecuentemente: se han construido muchas locomotoras sin otros ejes portantes, con cilindros exteriores o interiores, colocados delante de los ejes, o inclinados y colocados sobre el primer eje. El hogar puede ser colocado en voladizo, detrás del último eje, o entre los ejes segundo y tercero, montaje común en Inglaterra.

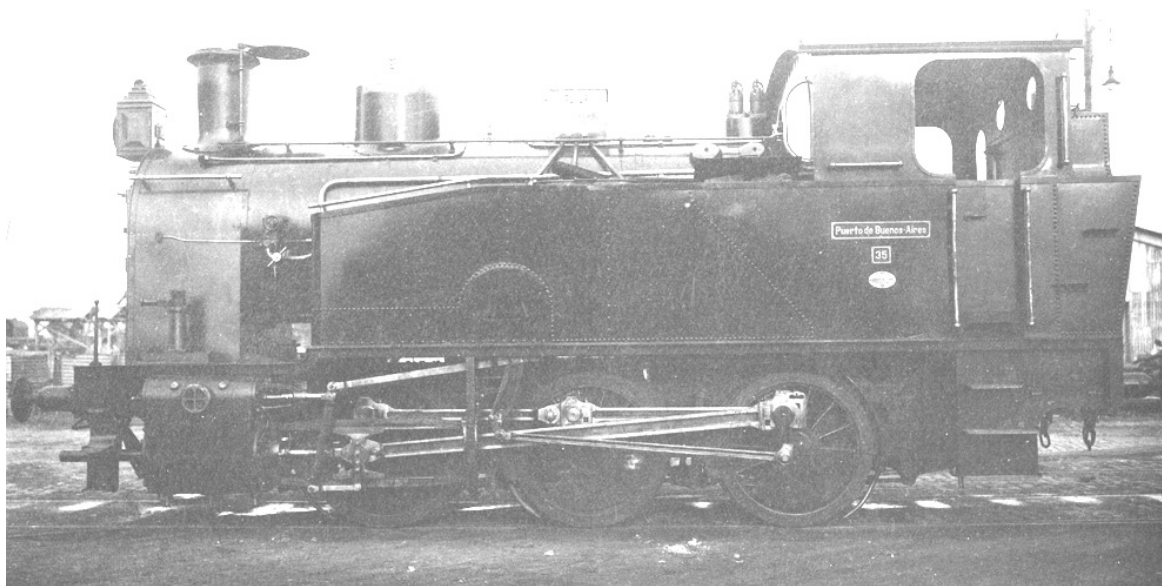


Fig. 676 – Locomotora 0-6-0 de la Administración del Puerto de Buenos Aires, fabricada en 1925 por Aktiengesellschaft für Lokomotivbau Hohenzollern de Alemania. Hogar ubicado entre los ejes acoplados.

Cuando la máquina es muy pesada para poder ser soportada por tres ejes sin que la adherencia total sea indispensable, se agrega un eje portante, algunas veces atrás (locomotora clase SS5 del F.C.C.A., fig. 677), pero de preferencia adelante (fig. 678), o delante y detrás (fig. 679), ó mejor todavía un bogie (fig. 680 y 681), para hacer la máquina de tres ejes acoplados más estable, y para evitar que ella fatigue las vías en las grandes velocidades.

Este tipo de locomotora (fig. 680 y 681), empleado desde hace mucho tiempo en América se extendió mucho en Europa. Conviene igualmente a la tracción de los trenes de mercancías y de viajeros. Aumentando el diámetro de las ruedas motoras, se las hace propias para las grandes velocidades, y se tienen de este modo máquinas que remolcan los más pesados expresos.



Fig. 677 – Locomotora 0-6-2T del Ferrocarril Central Argentino, clase SS5, construida por North British en 1928. Hogar entre los ejes acoplados.





Fig. 678 – Locomotora 2-6-0 de los ferrocarriles suizos (SBB), fabricada en 1904 por SLM.



Fig. 679 – Locomotora 2-6-2 clase C10 del Ferrocarril Provincial de Santa Fe, preservada en Arroyito. Foto de R.Respini.





Fig. 680. – Locomotora prusiana P8 rodado 4-6-0, fabricada entre 1906 y 1928 (totalizando más de 3.800 unidades)

La locomotora prusiana clase P8 (clase DRG 38.10-40 de los Ferrocarriles Alemanes), fueron construidas entre 1906 y 1928 por Berliner Maschinenbau Schwartzkopff y Linke-Hofmann en Breslau. Fueron equipadas originalmente con recalentadores, y prestaron servicio hasta 1968. Su peso varió, de acuerdo con la serie, entre 69 y 76 toneladas, con un peso adherente entre 50 y 60 toneladas. Su velocidad máxima era de 110 km/h.



Fig. 681 – Locomotora 4-6-2 del Ferrocarril Central de Buenos Aires, construida por Maffei en 1911. (Foto Claudio Espinosa.)

Los constructores americanos han agregado algunas veces un eje portante trasero a la locomotora de tres ejes acoplados y bogie delantero, por analogía con el tipo Atlantic (fig. 681). También han construido el tipo *Prairie* (fig. 679), que lleva dos ejes portantes, situados en los extremos del grupo de tres ejes acoplados; esta disposición hace más fácil la instalación del hogar, aunque delante el bogie es preferible al simple eje portante.



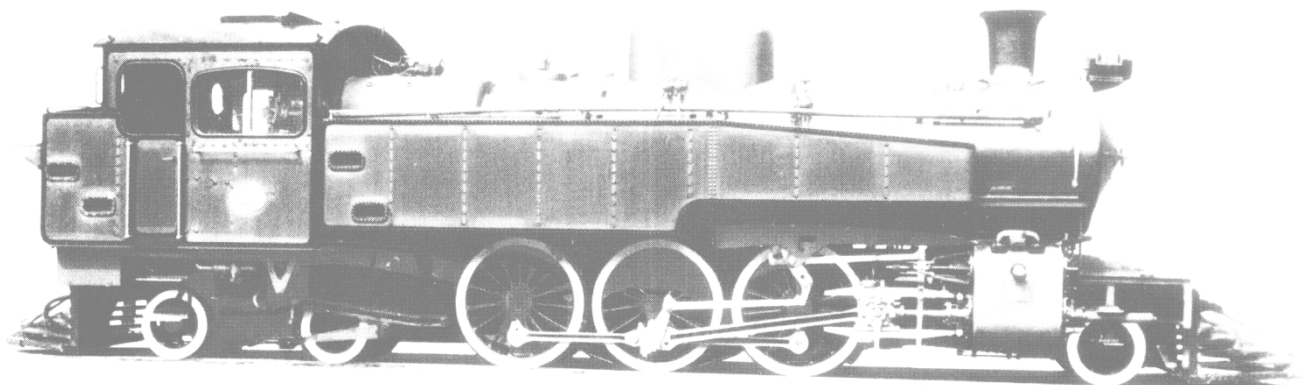


Fig. 682 – Locomotora 2-6-4T del Ferrocarril Provincial de Buenos Aires, construida por Henschel en 1929

En la figura 682 se muestra una locomotora con bissel delantero y bogie trasero, y en la figura 683 una locomotora con bogies delantero y trasero.

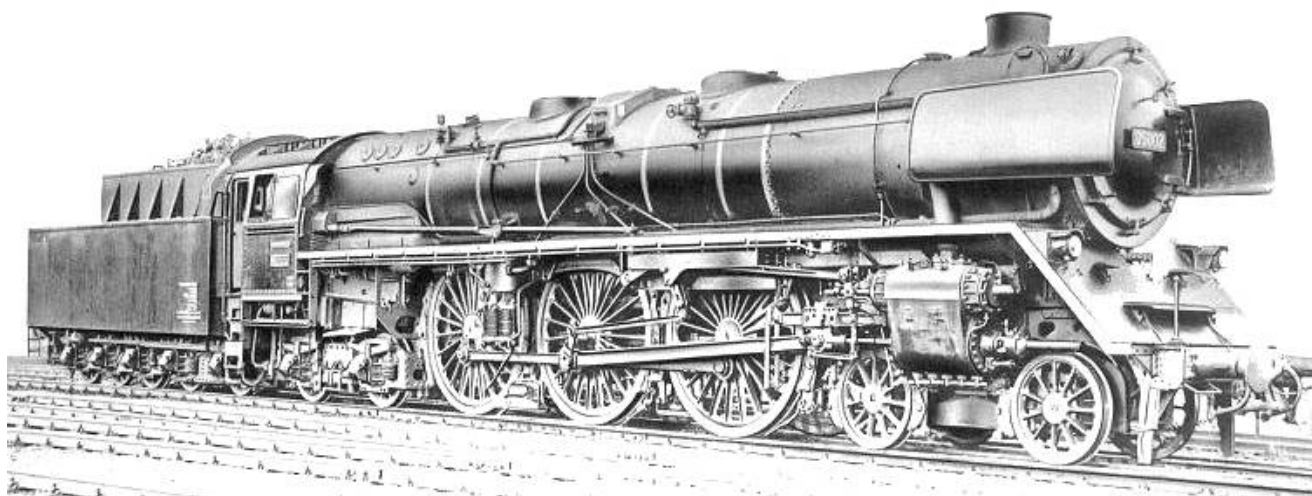


Fig. 683 – Locomotora 4-6-4 serie 05 de los Ferrocarriles Alemanes. Construida por Borsig en 1936 como aerodinámica. Luego de la guerra se les retiró el carenado.

**164. Locomotoras cuatro ejes acoplados** — Para el servicio de las fuertes rampas, ó para el remolque de los grandes trenes de mercancías en llano, las máquinas deben ejercer un esfuerzo de tracción considerable, que exige una fuerte adherencia: estamos entonces obligados a hacerlas soportar sobre cuatro ejes con ruedas generalmente de pequeño diámetro (1,200 m. a 1,400 m), todas acopladas.

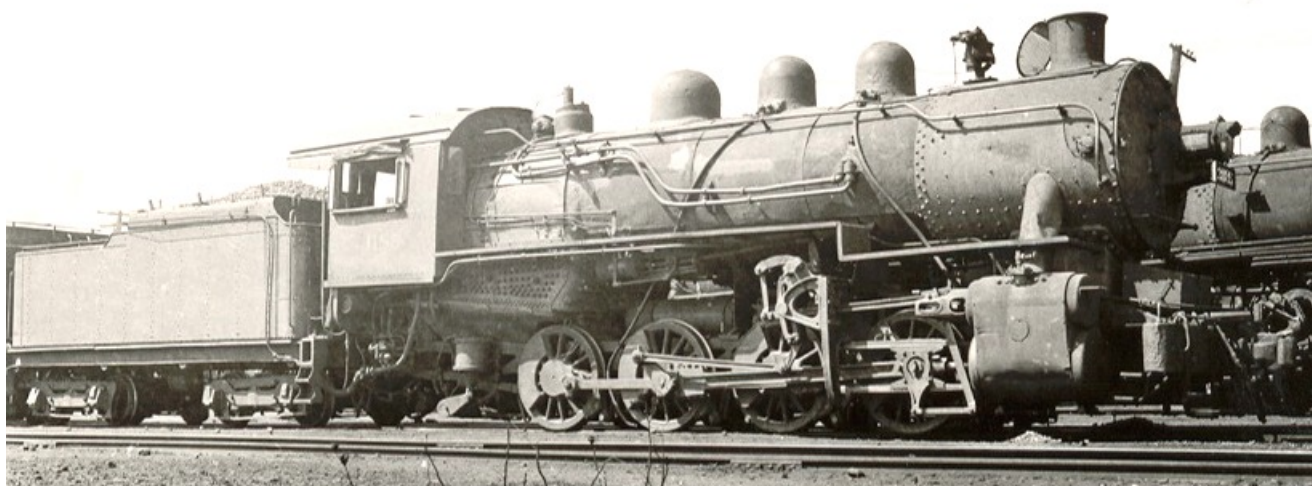


Fig. 684 – Locomotora 0-8-0 del Louisville & Nashville R.R., diseñada s/ USRA y construida por Alco en 1922. Hogar sobre el cuarto eje.

Estas máquinas de adherencia total se han construido en gran número y se utilizaron hasta las postrimerías de la tracción a vapor. Los cilindros son casi siempre exteriores. El hogar va en voladizo detrás del cuarto eje, ó mejor, situado encima de este eje (fig. 684).

Se busca emplear para la adherencia, en estas máquinas, donde suele ser con frecuencia insuficiente, el peso del ténder que estamos obligados a remolcar; notablemente, en la máquina primitiva de Engerth, se conectaban los ejes del ténder a los de la locomotora por medio de engranajes, pero la complicación que entraña la realización de esta idea lógica, las dificultades y los gastos de entretenimiento han hecho renunciar a estas disposiciones.

Ante todo hace falta que la locomotora funcione bien, a todo cuanto sea causa de averías y retrasos, sin ser indispensable, acaba por relegarse y desaparecer.

Otro tanto puede decirse de las locomotoras con ténder motor, algunas veces ensayadas; el ténder llevaba dos cilindros con mecanismo completo, cilindros alimentados por la caldera de la locomotora que corría riesgo de ser insuficiente.

En Inglaterra, donde durante largo tiempo, se habían restringido a las locomotoras de tres ejes acoplados, construyeron posteriormente un número importante de máquinas más potentes de cuatro o más ejes acoplados.

Para mejorar la condiciones de marcha, se puede colocar un bissel delantero (fig. 685), o bisseles delantero y trasero (fig. 686). También se puede colocar un bogie delantero (fig. 687), que puede estar complementado por un bissel trasero (fig. 688) o bogie trasero (fig. 689)

Las ventajas del bissel o del bogie delantero, hacen renunciar actualmente al beneficio de la adherencia total. La locomotora de dos cilindros, representada (fig. 685), tiene un eje directriz. La figura 687 da una idea de una muy potente locomotora de cuatro ejes acoplados y con bogie delantero. Ambos pueden estar complementados por un bissel (fig. 686 y 688) o bogie (fig. 689), debajo del hogar.

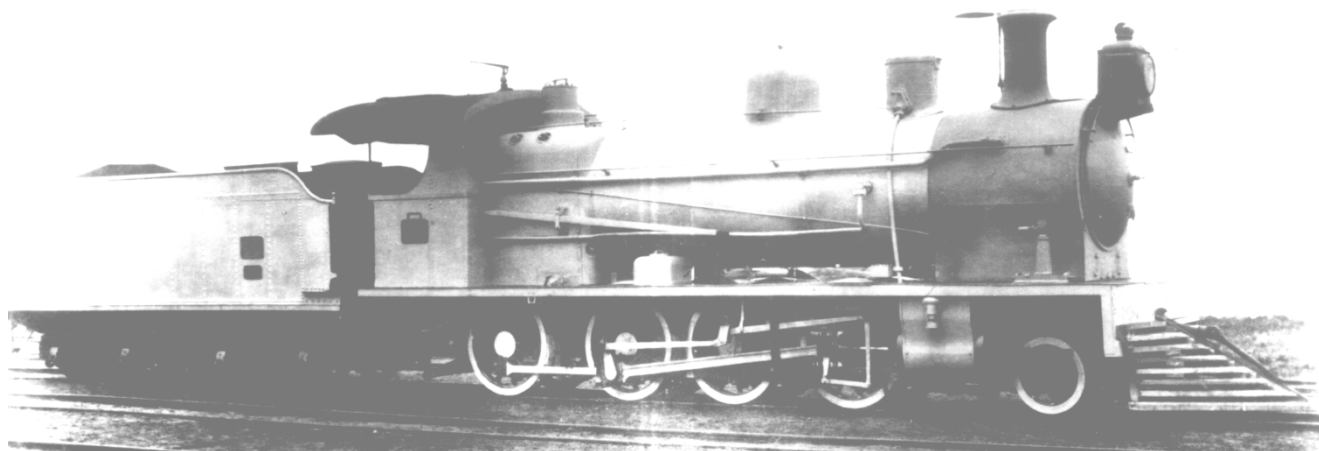


Fig. 685 – Locomotora serie 500, 2-8-0 de la Compañía General, construida por Borsig de Alemania, en 1909. Hogar sobre el cuarto eje.



Fig. 686 – Locomotora 2-8-2, clase C10 del Ferrocarril Central Norte, construida por North British en 1911. Hogar detrás del cuarto eje.

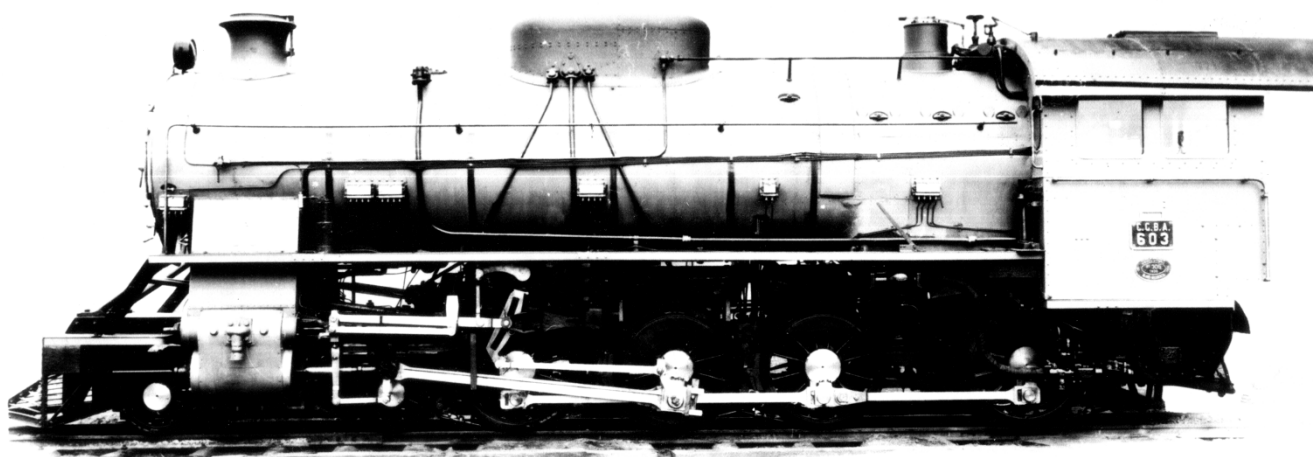


Fig. 687 – Locomotora serie 600, 4-8-0 de la Compañía General, construida por Ateliers de construction du Nord de la France (ANF) en 1931. Foto de fábrica. Hogar entre el tercer y cuarto ejes.





Fig. 688 – Locomotora serie 11, 4-8-2, del Caminho de Ferro de Benguela (CFB), en Angola. Construida por North British en 1951.



Fig. 689 – Locomotora 4-8-4, clase QR-1, de Ferrocarriles Nacionales de México, construida por Baldwin Locomotive Works (BLW), en 1946.

**165. Locomotoras de cinco ejes acoplados** – Con el aumento de las cargas, y la necesidad de un mayor esfuerzo de tracción, se construyeron locomotoras con cinco ejes acoplados.



Fig. 690 – Locomotora 0-10-0, clase Er, de los Ferrocarriles de Rusia.

## Tipos Diversos de Locomotoras

Del mismo modo que en el caso de cuatro ejes acoplados, se desarrollaron locomotoras de adherencia total (fig. 690), que luego se fueron complementando con bissel delantero (fig. 691), bisseles delantero y trasero (fig. 692), bogie delantero (fig. 693), bogie delantero y bissel trasero (fig. 694), bissel delantero y bogie debajo del hogar (fig. 695) y bogies delantero y posterior (fig. 696).

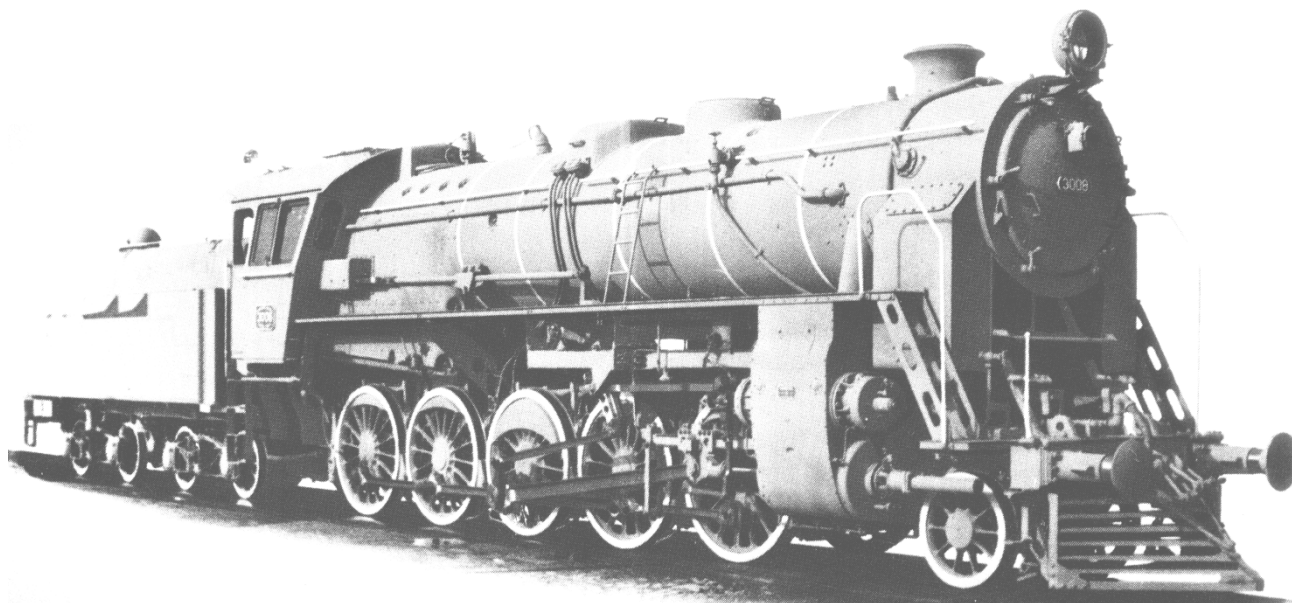


Fig. 691 – Locomotora 2-10-0 del Ferrocarril General Urquiza, construida por Henschel en 1952. Foto de fábrica.

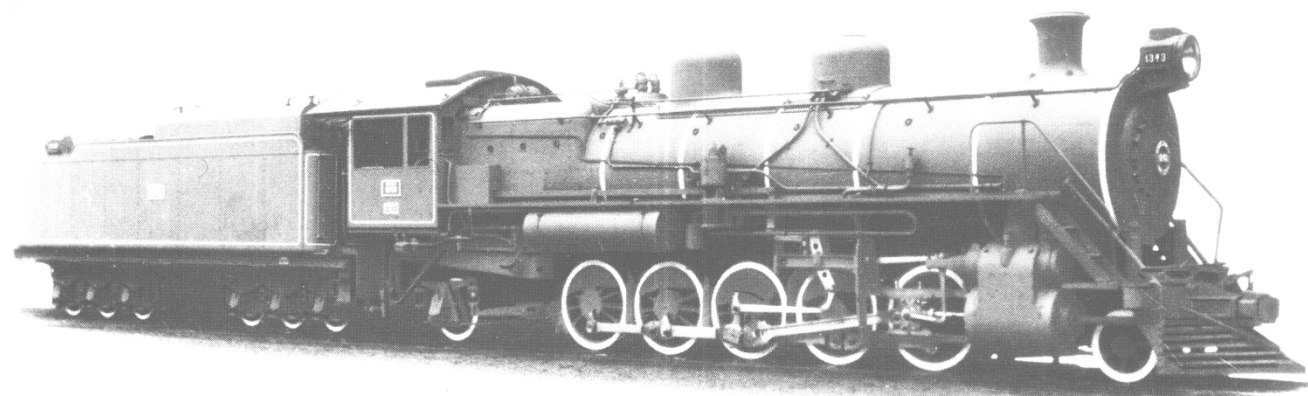


Fig. 692 – Locomotora 2-10-2 del Ferrocarril Central Norte. Construida por Henschel en 1937

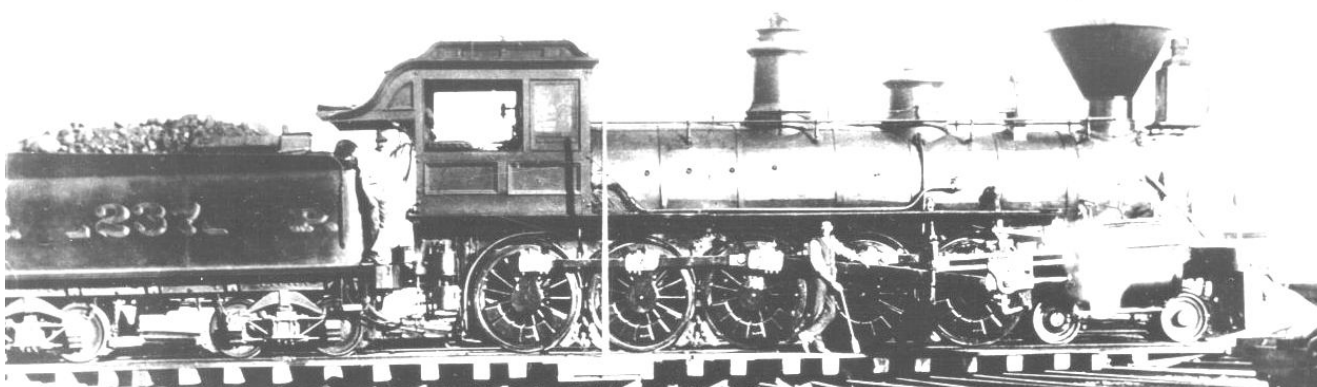


Fig. 693 – Locomotora 4-10-0 del Central Pacific R.R., llamada “El Gobernador” construida hacia 1883. Fue la única locomotora de este rodado construida en Estados Unidos.



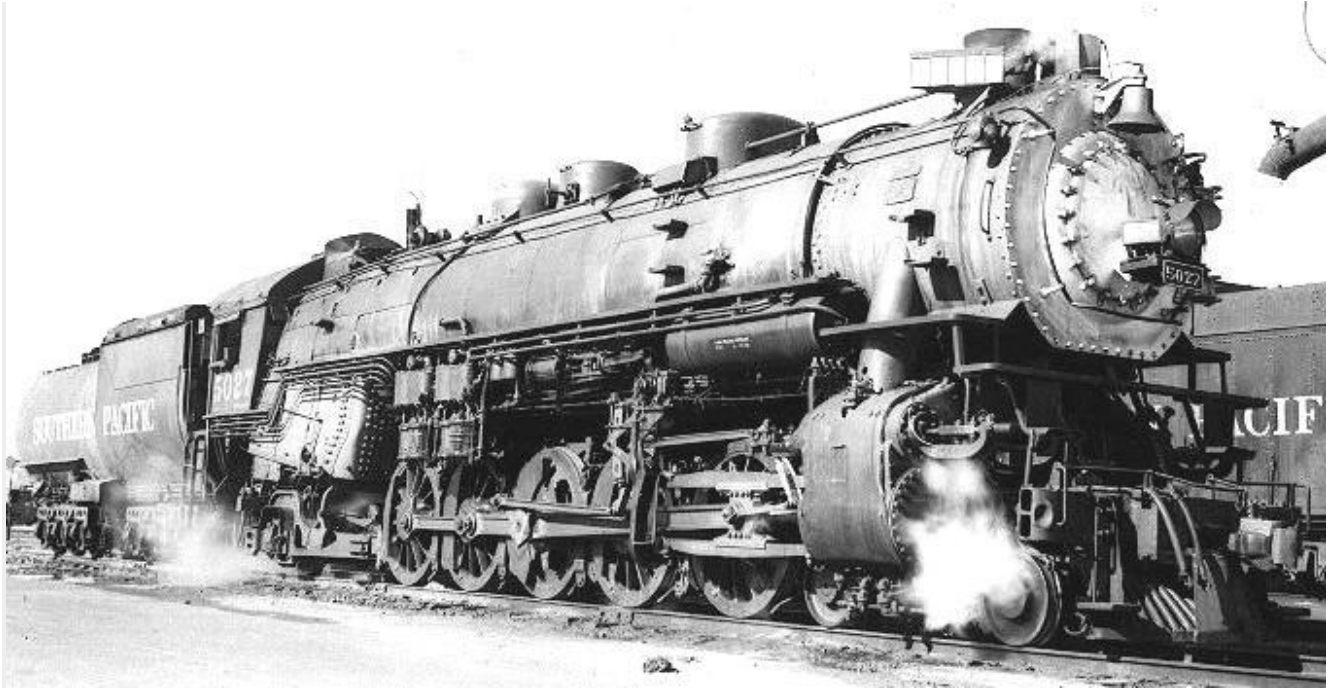


Fig. 694 – Locomotora 4-10-2, construida por American Locomotive Co. en 1925 para el Southern R.R., que las denominó “Southern”.

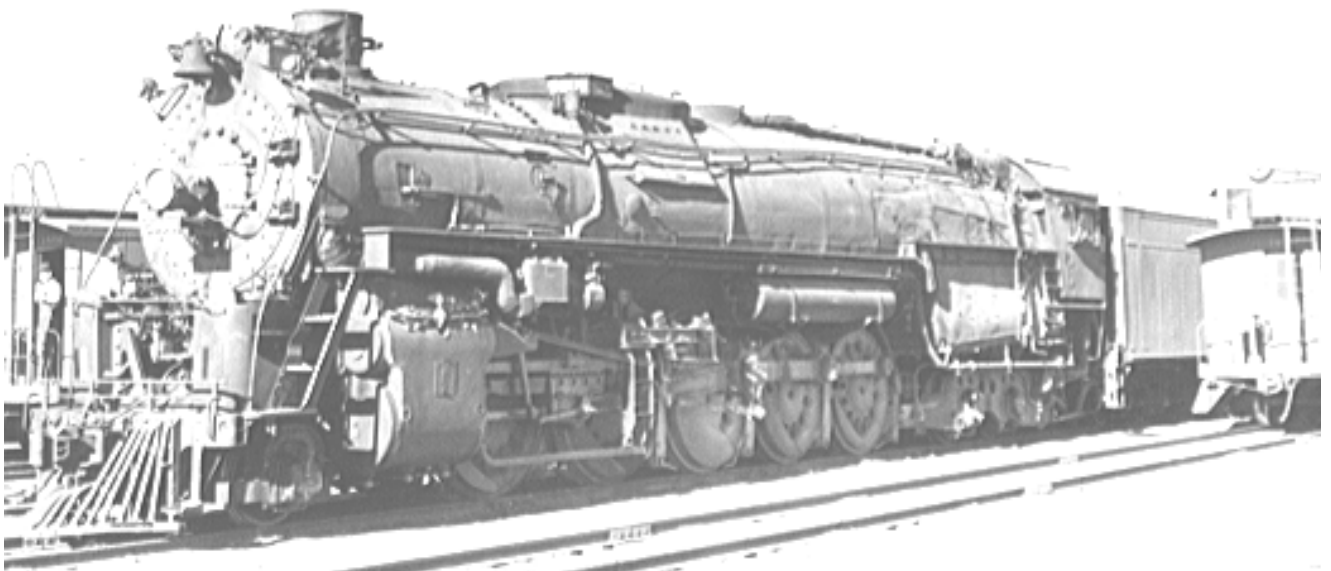


Fig. 695 – Locomotora 2-10-4 del Texas & Pacific R.R., construida por Lima Locomotive Works en 1925, que las denominó “Texas”.

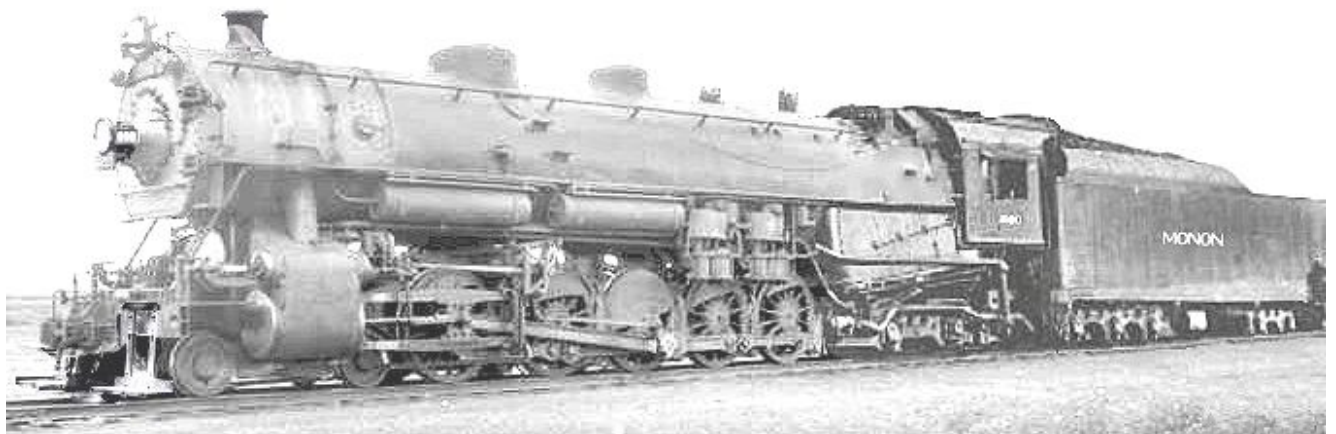


Fig. 696 – Prototipo de locomotora 4-10-4, Chicago Indianapolis and Louisville Railway



## Tipos Diversos de Locomotoras

**166. Locomotoras de más de cinco ejes acoplados** – Excepcionalmente se han construido locomotoras de más de cinco ejes acoplados, en gran parte por su dificultad de negociar las curvas. Como en los casos anteriores, las locomotoras de seis ejes acoplados de adherencia total fueron luego adaptadas con bisseles o bogies (fig. 697 a 700)

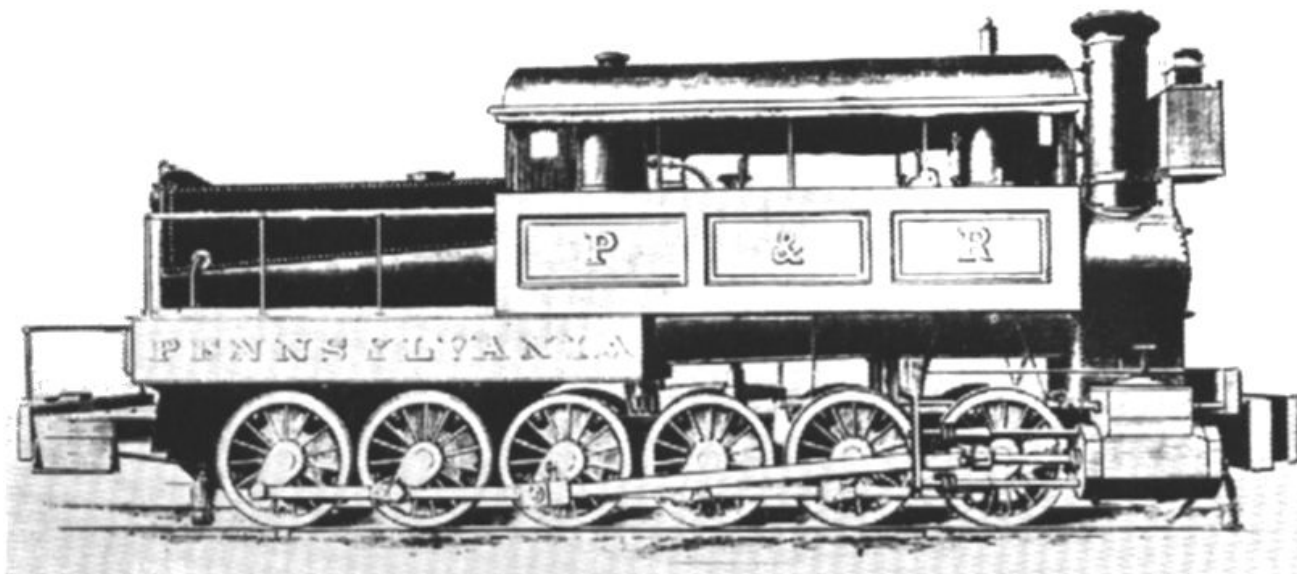


Fig. 697 – Locomotora 0-12-0, Pennsylvania, diseñada y construida por James Milholland para el [Philadelphia and Reading Railroad](#) en 1863.



Fig. 698 – Locomotora 2-12-2T, de adhesion y cremallera, construida en 1941 para el Ferrocarril Austríaco Erzbergbahn

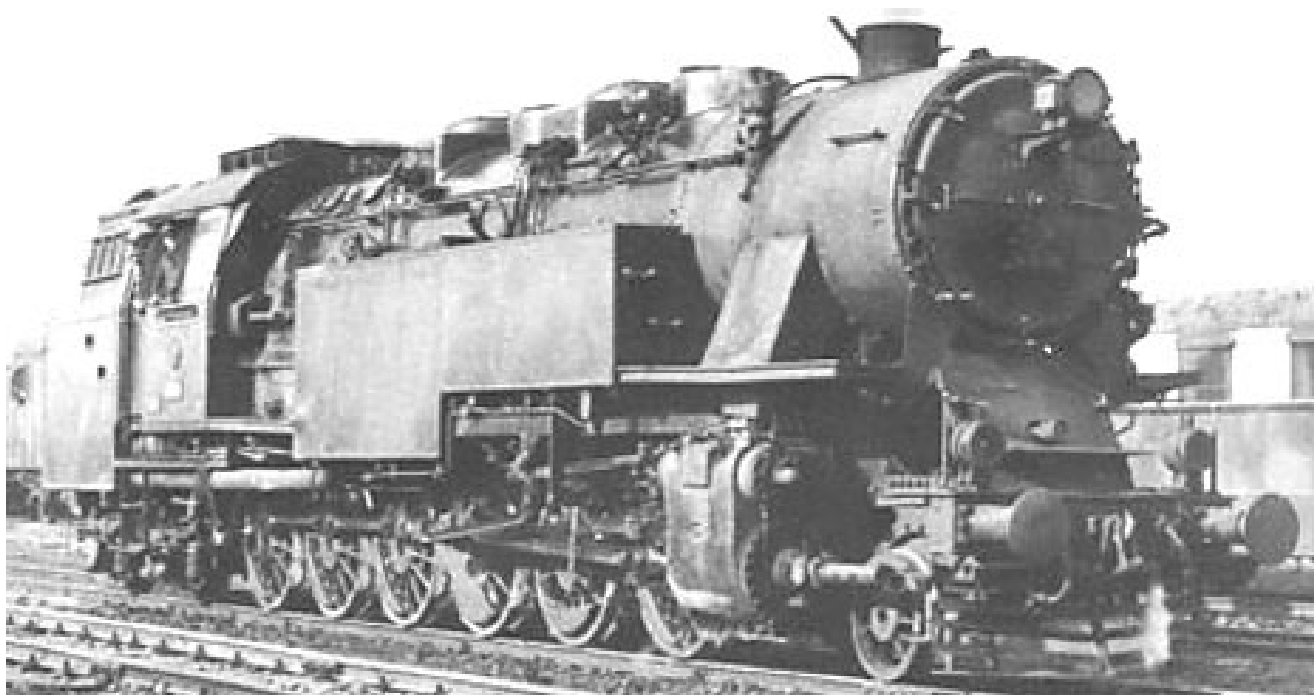


Fig. 699 – Locomotora 2-12-4T, clase 46 de los Ferrocarriles Búlgaros, construidas entre 1931 y 1936 por Cegielski (Polonia), 12 locomotoras, y entre 1938 y 1942 por Schwartzkopff Berlin (Alemania), 8 locomotoras.



Fig. 700 – Locomotora 4-12-2, clase 9000 del Union Pacific R.R., del que toma su denominación, construidas entre 1926 y 1930 por American Locomotive Co.

La única locomotora rígida de rodado 4-14-4, denominada AA20-1, fue construida por la Unión Soviética en 1934, con una carga máxima de 20 toneladas por eje. Tuvo dos records: el mayor número de ejes acoplados en una locomotora y la más larga base rígida en Europa.

La gran cantidad de ejes motrices fue motivada por la necesidad de repartir el peso de la locomotora, reduciendo la carga por eje y la resultante disminución de la fatiga de los rieles. Un grupo de ingenieros soviéticos había visitado los Estados Unidos, y presumiblemente habría tenido ocasión de observar las locomotoras 4-12-2 utilizadas por el Union Pacific. La locomotora 4-14-4 puede ser vista como una extensión de ese tipo. Al contrario de las exitosas locomotoras Union Pacific, la locomotora AA20-1 fue un completo desastre.

Originalmente diseñada como 2-14-4, su construcción comenzó la fábrica Krupp, de Essen, Alemania, según un diseño soviético. La locomotora sin terminar fue trasladada más tarde a Lugansk, en Ucrania, donde se reemplazó el bissel delantero por un bogie. El bogie portante trasero soportaba una enorme caja de fuego. La AA20-1 fue desarrollada para quemar carbón de baja calidad, por lo que era necesaria una parrilla de grandes dimensiones para proveer a la caldera del calor suficiente.

Los siete ejes acoplados significaban una base rígida muy grande, y se debieron tomar recaudos para que pudiera negociar las curvas. Los tres ejes acoplados centrales carecían de pestañas, y el primero y séptimo fueron provistos de juego lateral. Estas medidas no fueron suficientes, sin embargo, para asegurar que funcionara correctamente.

Fue propensa a frecuentes descarrilamientos, y, a pesar de su gran número de ejes, fue demasiado pesada para los rieles. Como resultado de su gran base rígida, la AA20-1 abría los rieles y rompía las agujas de los desvíos. Era demasiado grande para las mesas giratorias, demasiado potente para los enganches utilizados en la época, e incapaz de mantener su plena potencia durante un tiempo prolongado a causa de su insuficiente caldera.

La AA20-1 hizo un publicitado viaje a Moscú en 1935, luego fue puesta en depósito, y finalmente y en secreto, destruida.

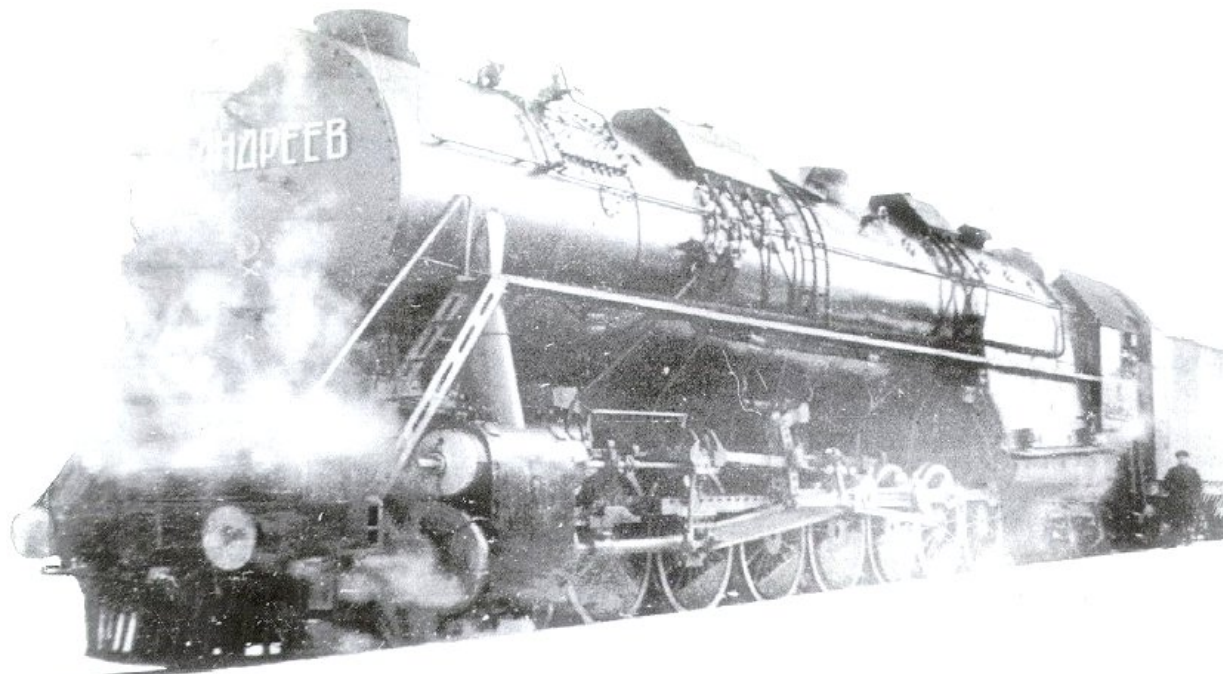


Fig. 701 – Locomotora AA20-1, 4-14-4 de los Ferrocarriles Soviéticos, comenzó su construcción en Krupp, Essen, como 2-14-4, en 1934, y se completó, como 4-14-4 en Lugansk, Ucrania.

**167. Locomotoras ténder** — Haciendo cargar a la locomotora con sus provisiones de agua y combustible, se suprime el ténder; desembarazada de este vehículo suplementario, la máquina es más corta, más compacta, más cómoda para las maniobras en las estaciones; puede estar dispuesta de modo que circule tan bien en un sentido como en el otro, lo cual es precioso para los servicios de empalmes y de contornos, o bien, si no se aprovechan estas facilidades, la máquina, gracias á su poca longitud, encuentra más fácilmente placas donde girarla; el peso total se reduce por causa de la supresión del ténder, reducción importante sobre las fuertes rampas; además, este peso total es utilizable para la adherencia.

Por el contrario, cuando se quiere construir una locomotora muy potente, se alcanzan fácilmente los límites más elevados admisibles para el peso de la máquina sola; no puede ser ya objeto de cuestión el añadirle el peso de las provisiones, que son forzosamente muy pesadas para una gran producción.

Además, igual que con las potencias medias, la dificultad de hacer llevar por las máquinas-ténder cantidades suficientes de agua y de combustible impide con frecuencia su empleo.

Las máquinas de maniobras, que pueden fácilmente renovar sus provisiones, son generalmente sin ténder. Tiene ruedas pequeñas, porque se le pide un gran esfuerzo de tracción sin velocidad. Como maniobran incesantemente el regulador y el cambio de marcha, conviene que sus aparatos sean particularmente fáciles y rápidos de maniobrar. Estas máquinas tienen dos, tres o cuatro ejes acoplados, siendo lo más corriente tres (fig. 676).

Las máquinas ténder, destinadas al remolque de los trenes, tienen el mismo número de ejes acoplados, a los cuales se agregan con frecuencia ejes portadores. Como ejemplo, la figura 702 muestra una locomotora 2-6-2T, destinada tanto a maniobras como a los servicios suburbanos de la Compañía General.



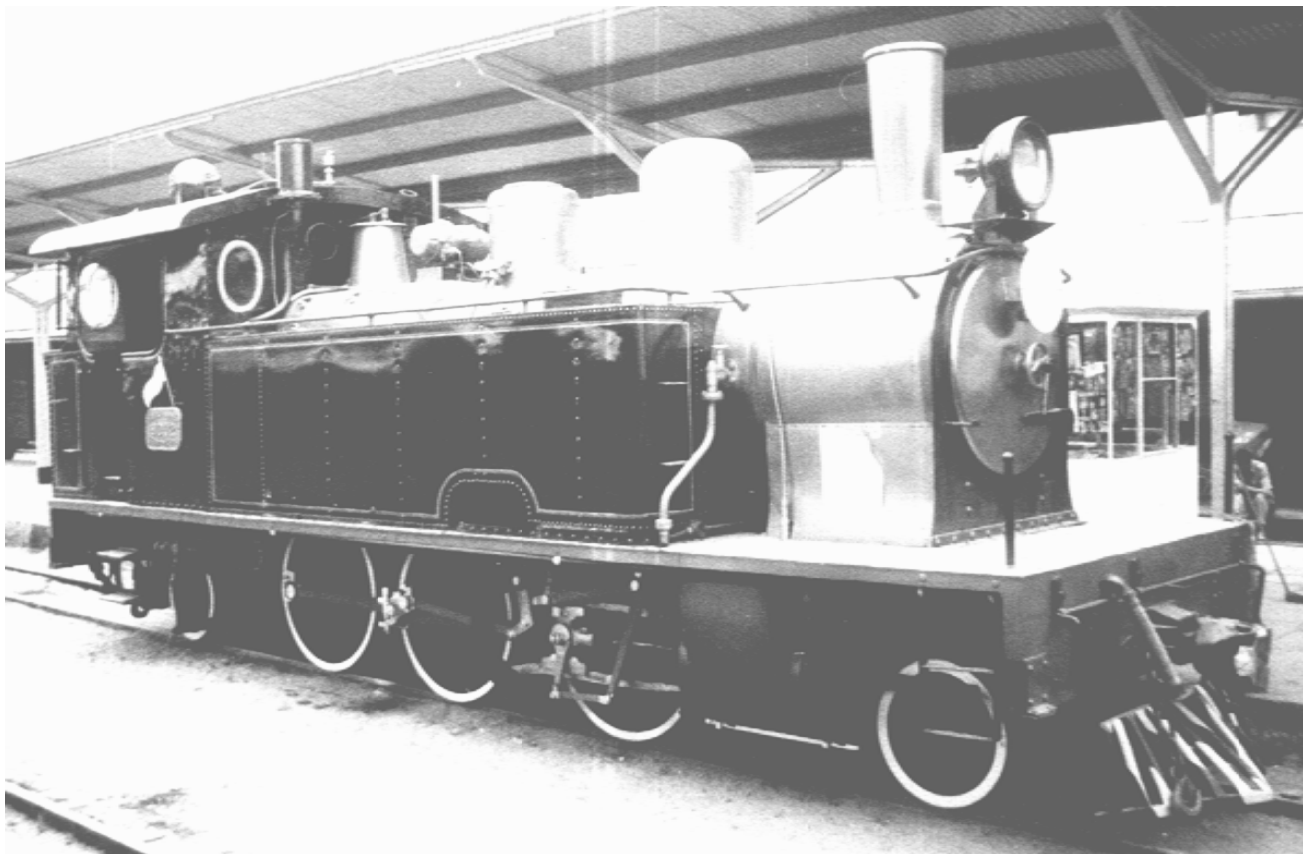


Fig. 702 – Locomotora 2-6-2T de la Compañía General, fabricada por Borsig en 1906.

La figura 682 muestra otro ejemplo, en este caso una locomotora 2-6-4T del Ferrocarril Provincial de Buenos Aires, destinada también a servicios locales.

**168. Locomotoras para vía estrecha** – La vía que llamamos normal tiene una anchura de 1,435 m a 1,450 m (1) contado entre los bordes interiores de los carriles.

Se han construido muchos ferrocarriles de vía más estrecha, a veces el ancho es de 1 m; descendiendo a veces hasta 60 cm, como en los ferrocarriles Decauville. Las locomotoras para líneas de vía estrecha no difieren esencialmente de las que circulan sobre las vías normales; pero casi siempre los cilindros son exteriores a causa del poco ancho disponible entre los bastidores. Son asimismo a propósito las máquinas ténder, que se prestan bien para la explotación de estas líneas, en donde no se recorren grandes distancias sin paradas. El sistema articulado Mallet se ha aplicado con frecuencia para la vía estrecha.

Cuando comparamos la altura del centro de gravedad por encima del carril, a la distancia entre carriles, en las locomotoras de vía estrecha y sobre las locomotoras un poco antiguas de vía normal, hallamos una relación mayor para las primeras; en otros términos, las locomotoras de vía estrecha son relativamente más altas que las otras, sin que resulte ningún inconveniente. Por lo mismo no se teme en la actualidad elevar el centro de gravedad de las locomotoras de vía normal.

Muchos ferrocarriles se han construido con anchos superiores al llamado normal. El más ancho (2,13) m fue establecido por el ingeniero Brunel sobre el *Great Western Railway* en Inglaterra; ha servido durante mucho tiempo, antes de ser definitivamente suprimido el 1° mayo de 1892. Ciertos Estados han adoptado para sus ferrocarriles anchos que exceden un poco el normal; es esto un estorbo para el tráfico internacional, sin constituir una garantía seria contra la invasión en tiempo de guerra, por cuanto no sería difícil llevar estas vías al ancho normal en menos tiempo del que se necesita para restablecer grandes puentes o túneles destruidos. En el capítulo I se ha incorporado un listado de anchos de trochas que se han utilizado en el mundo.

**169. Locomotoras de cremallera** – Las locomotoras ordinarias funcionando por simple adherencia de las ruedas a los carriles, no pueden remontar las rampas muy fuertes. Grandes líneas tienen inclinaciones de 30, 35 y 40 mm por metro; ciertas vías férreas alcanzan igualmente 60,70,80 mm por metro, por ejemplo, la que conduce de Zurich a Uetliberg y es fácil de comprender que una locomotora pueda subir o trepar por estas rampas tan fuertes.

El esfuerzo necesario para elevar sobre una rampa de 60 mm por metro una sola locomotora de adherencia total, se calcula según la regla indicada en el capítulo III, ítem 51; para mover la locomotora hacia arriba, hace falta un esfuerzo de 60 kg/t de peso; las otras resistencias consumen algunos kilogramos más: en total unos 65 kg/t. Si la máquina pesa 40 t, hará falta un esfuerzo de tracción total de  $65 \times 40$  ó 2600 kg: una máquina de este peso, de ruedas pequeñas, puede generalmente producir un esfuerzo bastante más considerable. En cuanto á la adherencia, si el carril está seco, es de un sexto a un séptimo del peso, es decir, de 6600 á 5700 kg; es, pues, largamente suficiente y puede bajarse casi a la 15a del peso sin ocasionar defecto.

Pero la locomotora está destinada a remolcar un tren; habrá que reducir mucho el peso de ese tren, y este es el grave inconveniente de la tracción en fuertes rampas por las locomotoras ordinarias.

En el ejemplo escogido, si el tren pesa igualmente 40 toneladas, la resistencia total será doblada y alcanzará aproximadamente 5.200 kg; este será aproximadamente el mayor esfuerzo que podrá producir la maquina, y hará falta una buena adherencia para utilizar este esfuerzo.

La cremallera permite emplear la potencia de una locomotora independiente de la adherencia, al remolcar las cargas sobre las rampas más fuertes, pero con poca velocidad, por cuanto la cremallera no aumenta la potencia de la máquina. Está instalada en el eje de la vía; una rueda dentada montada sobre un árbol gobernado por los pistones de la locomotora (fig. 698), engrana sobre esta cremallera.

El diámetro de esta rueda dentada es generalmente más pequeño que el de las ruedas que llevan la locomotora; se puede así accionarla por intermedio de un sistema de engranajes que aumentan la fuerza reduciendo la velocidad. Se acoplan a veces dos ruedas dentadas.

Se pueden trepar así inclinaciones de 200, 300, 400 mm por metro. A veces la línea entera es de cremallera<sup>(1)</sup>; otras veces tiene partes poco inclinadas con vía ordinaria sola. En este caso, las locomotoras están dispuestas para funcionar a voluntad por adherencia ó por cremallera; un mecanismo ordinario hace girar las ruedas para la marcha por adherencia; un segundo mecanismo gobierna las ruedas dentadas para la marcha sobre la cremallera. Tal es la locomotora representada por la figura 698. Cuando se inicia un tramo de cremallera, es esencial que ambos mecanismos funcionen a la misma velocidad, para evitar golpes y roturas de los elementos de la cremallera. Ésta tiene un primer tramo cuyo paso entre dientes es ligeramente superior al de la rueda dentada, y que está apoyado sobre resortes, que le permiten ceder si no hay coincidencia entre los dientes de engranaje y cremallera, hasta que se logre el engrane. Para igualar las velocidades, las locomotoras Kitson-Meyer del Ferrocarril Trasandino tenían un pequeño dispositivo giratorio, llamado “bailarín” por el personal de locomotoras, que debía girar a la misma velocidad de las ruedas, para que el ingreso fuera sin golpes. Esta igualación de velocidades se hacía “a ojo”.

También se han construido locomotoras donde un solo mecanismo de dos cilindros, hace girar a la vez la rueda dentada y las ruedas ordinarias; esta disposición tiene un defecto: el diámetro de las ruedas ordinarias disminuye por desgaste, mientras que el de la rueda dentada se conserva invariable; esta disminución del diámetro produce forzosamente resbalamiento sobre los carriles.

A la bajada, dos sistemas de frenos moderan la velocidad, desde luego la compresión del aire en los cilindros que gobiernan la rueda dentada, y además, zapatas, obrando sobre los árboles de las ruedas dentadas, por fricción, qué son los que engranan en la cremallera.

1) Tal ocurre con la de Monistrol a Monserrat (Cataluña), del sistema Abt.