

Manual de Vapor

Parte I

Introducción

Historia

Generalidades

José Gabriel Naranjo

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. Introducción - Hace ya un tiempo, y habiendo escuchado algunos comentarios y visto algunos post en los que la falta de conocimientos sobre la época del vapor era notoria, se me ocurrió compilar una especie de tratado sobre locomotoras a vapor, desde sus orígenes hasta su desaparición, volcando en ese trabajo las anécdotas que he vivido o que he escuchado de boca de viejos maquinistas, junto con alguna terminología (argot), propia mi país y de esa época, que, sin este trabajo, correría el riesgo de desaparecer junto con mi desaparición.

Días pasados tuve el gusto de exponer, ante un grupo de foristas de argts, foro dedicado a la simulación de rutas y modelos típicos de Argentina, lo que serán las dos primeras partes de ese trabajo, titulados “Historia” y “Generalidades”. Si bien no pensaba publicarlos hasta no haber avanzado bastante más, ante su interés me he decidido a hacerlo.

En primer lugar, me parece adecuado agradecer a quienes contribuyeron a fomentar mi vocación ferroviaria, casi todos ya fallecidos:

✓ A mi padre, que en mi niñez me llevaba a la estación Devoto a ver pasar trenes, y que a mis cuatro años, me regaló mi primer tren eléctrico.

✓ Al doctor José Antonio Almada, médico de mi familia, en villa Lugano, y también médico del ferrocarril Belgrano, quién en 1958 me hizo conocer los talleres La Plata del Provincial, todavía funcionando a pleno, y luego hizo los contactos para que pudiera ingresar, como oyente, en la Escuela de Maquinistas de La Fraternidad, en Tapiales.

✓ Al Sr. Fettugatto, delegado de La Fraternidad de la seccional Tapiales, por haber permitido mi asistencia a la Escuela de Maquinistas, y haberme autorizado a comprar los libros correspondientes.

✓ A los señores Yuscafré y Vilchez, que fueron mis instructores en la parte vapor de la Escuela de Maquinistas.

✓ Al Ingeniero Antonio J. Quintero, profesor de máquinas de transporte y agrícolas en mi sexto año de la escuela industrial, ya jubilado como Jefe de Mecánica de los Ferrocarriles del Estado, luego Ferrocarril General Belgrano, por quién visité la administración de dicho ferrocarril, hoy tribunales de Retiro, y su excelente biblioteca, que quién sabe dónde habrá ido a parar.

✓ A mi compañero de la escuela industrial Luis Lifourrena, quién me regaló algunos manuales que habían pertenecido a su padre, maquinista del Ferrocarril San Martín en Justo Daract.

✓ A mis compañeros de trabajo Guangirolí, que me diera antiguos libros de locomotoras, pertenecientes a un tío abuelo maquinista, y Héctor Di Monte, que me regalara todo el material Märklin que poseo.

✓ A los maquinistas Enrique Camacho y Rubén Olivera, junto con sus foguistas Turrado y Barrera, con quienes viajé innumerables veces en las locomotoras del mixto a Rosario, desde Tapiales hasta Catán o hasta Pergamino, y que fueran fuente de anécdotas y conocimientos.

✓ Al Sr. Alfredo Pérez, padre de un íntimo amigo, jubilado como Inspector Nacional, con quién mantuve muchas conversaciones, algunas de ellas grabadas en casetes, que algún día desgrabaré para publicar.

Bibliografía - La bibliografía debería figurar al final del manual, pero como estoy publicando sólo los primeros capítulos, y para este trabajo he tomado referencia de variada bibliografía, me parece interesante publicarla aquí, y, una vez completado el resto de los capítulos, colocarla en el lugar que le corresponde.

Introducción

Libros

Título	Año de edición	Editorial	Autor
British Steam on the Pampas	1977	Mechanical Engeneering Publications Limited	Purdom, Douglas S.
Dampf-locomotiven	1978	Falken-Verlag	Jopp, Werner
Distribución de Vapor de las Locomotoras	1952	La Fraternidad	Mettifogo, Juan Bautista
El Maquinista Ferroviario	1930	La Fraternidad	Pipino, José
Equipo de Freno para Locomotoras E.T. N° 6	1923	Westinghouse Air Brake Co.	
Frenos de las Locomotoras	1952	La Fraternidad	Mettifogo, Juan Bautista
La Locomotora	1954	Gustavo Gili	Lamalle, U. y Legein, F.
La Máquina Locomotora	1905	Penella y Bosch	Sauvage, Edouard
La Machine Locomotive	1947	Librairie Polytechnique Ch. Béranger (Internet)	Sauvage, Edouard et Chapelon, André
Locomotoras Compound y de Vapor Recalentado	1900?	P.Orrier	Wehrle y Vidal, Manuel, y Cerro y Acuña, Bartolomé
Manual del Ingeniero	1950	Gustavo Gili	Academia Hütte
Manual Práctico de Preguntas y Respuestas	1943	La Fraternidad	Núñez, Simón
Narrow Gauge Railways	1955	The Reprint Promotional Company Limited	Household, Humphrey
Nuestra Trochita	1977	Autor	Siri, Jorge Supremo
Steam Ramble N° 1 South & West	1976	Ian Allan Ltd.	Pope, Mike
Steam Ramble N° 1 North & West	1976	Ian Allan Ltd.	Pope, Mike

Revistas

Trains Magazine	1969/ 2009	Kalmbach Publishing Co.	Varios
Model Engineer Magazine	1980/ 1983	Model & Allied Publications	Varios
Modeltec	1984/ 1998	Autor	Varios

Portada – Locomotora 8268, ex C.G.B.A. 268, cargando agua en la estación Sargento Cabral. Última locomotora ex Compañía General en servicio, último viaje del tren mixto a Rosario, el día 18 de diciembre de 1976.

HISTORIA

2. Antecedentes del uso de carriles - Vehículos sobre carriles - El traslado de vehículos sobre carriles no es una invención reciente, es incluso muy anterior a la utilización de ingenios mecánicos en el transporte.

Antiguas civilizaciones, como la griega, la egipcia y la romana, ya contaban con una especie de sistema de carriles, tallando surcos en la piedra de algunos de sus caminos, sirviendo de guía a los carros que por ellas transitaban, utilizando tracción humana o animal.

En Europa, durante la edad media, comenzaron a utilizarse rieles de madera, para apoyar el tiro muscular en lugares de poca adherencia. Usado sobre todo en las minas, este método fue muy empleado desde fines del siglo XV. Un siglo después, los rieles de madera comienzan a ser substituidos por otros de hierro en ángulo, para mantener las ruedas dentro de ellos.

En varios tratados del siglo XVI hay ilustraciones representando "aquellos ferrocarriles" y raíles de madera. El más conocido es quizá *De Re Metallica*, de Georgius Agrícola (Georg Bauer) (24/3/1494 Glauchau – 21/11/1555 Chemnitz), publicado en 1556. El dibujo de una de estas vías, en una mina de Alsacia, se encuentra también en la *Cosmographica Universalis* (1550) de Sebastián Münster (20/1/1488 Nieder-Ingelheim en Reim – 26/5/1552 Basel). Es probable que antes de dichas fechas, tales vías se usaran en las minas de Europa del Este y del Tirol.

En el año 1730, en el tramway de Prior Park, en Inglaterra, aparece un invento que podría compararse con la historia del *Huevo de Colón* (más de uno dirá que era lógico), al dotar a las ruedas de las vagonetas con una pestaña, y así eliminar los ángulos de los rieles. Con esto se consigue el mismo efecto de seguridad, utilizado hoy en día, y con un importante ahorro de material en la fabricación de los rieles.

El uso de vías férreas, como lo conocemos hoy, se produjo también en Inglaterra, en 1789, cerca de Loughborough. Estos rieles tenían una superficie plana superior, donde apoyaban las ruedas, una base plana y ancha que se clavaba a unos travesaños de madera, los durmientes, proporcionando estabilidad a la vía y una distribución equilibrada del peso. Este sistema, instalado por el ingeniero William Jessop, fue adoptado muy pronto por los demás usuarios del transporte sobre carriles.

Como vemos, antes que el primer ferrocarril a vapor funcionara, ya existían avances previos muy importantes.

3. Los precursores y sus máquinas de vapor – William Jessop (23 de enero de 1745 – 18 de noviembre de 1814) - Fue un notable ingeniero civil inglés, particularmente afamado por su trabajo en canales, puertos y ferrocarriles tempranos en la segunda mitad del siglo XVIII y comienzos del XIX.

Nació en Devonport, Devon, hijo de Josias Jessop, capataz en los muelles de la marina, y responsable de la reparación y mantenimiento del faro de Rudyard's Tower, construido en madera en Eddystone Rock, donde trabajó durante 20 años, hasta 1755, cuando el faro se incendió. John Smeaton, un conocido ingeniero civil, planificó la edificación de un nuevo faro, de piedra, y designó a Josias responsable para dirigir su construcción.

Ambos hombres se convirtieron en íntimos amigos, y cuando Josias falleció, en 1761, dos años antes de finalizar la construcción del faro, William Jessop fue tomado bajo la protección de Smeaton, quién había sido designado su tutor, trabajando en la construcción de varios canales en Yorkshire. Jessop trabajó como asistente de Smeaton durante varios años, antes de comenzar a trabajar por cuenta propia como ingeniero.

Butterley Company - En 1790 Jessop fundó, junto con sus socios Benjamín Outram, Francis Beresford y John Wright, la empresa Butterley Iron Works, en Derbyshire, para la manufactura (entre otras cosas), de rieles de fundición de hierro, un diseño que Jessop había utilizado exitosamente en un sistema ferroviario de vagonetas de carbón tiradas por caballos, entre Nanpantan y Loughborough, Leicestershire, en 1789. Outram era el encargado de la producción de piezas y equipos de hierro para los proyectos de ingeniería de Jessop.

Historia

Surrey Iron Railway - En 1799 se presentaron propuestas separadas para unir Londres con Portsmouth, mediante un canal y mediante un ferrocarril con coches tirados por caballos, sobre la misma ruta. El primer tramo propuesto debía unir Wandsworth y Croydon, y Jessop fue consultado acerca de su opinión. Él declaró que el ferrocarril era la mejor propuesta, ya que un canal hubiera requerido demasiada agua, y hubiera reducido peligrosamente el abastecimiento en el río Wandle. Se convino en construir el ferrocarril, junto con un muelle en Wandsworth, y Jessop fue designado Ingeniero Jefe del proyecto en 1801. En 1802 fueron completados la línea y el muelle. Hay dudas sobre la trocha de esta línea, que algunos estiman en 1270 mm y otros en 1428 mm.

En 1803 fue autorizada la siguiente etapa, una línea desde Croydon, vía Merstham, hasta Godstone, en Surrey. Jessop fue nuevamente designado Ingeniero Jefe, con su hijo Josias como asistente. La línea llegó hasta Merstham, pero no fue nunca continuada hasta Godstone. La distancia total de este ferrocarril fue de 29 kilómetros. Este ferrocarril fue desactivado con el advenimiento de la locomotora a vapor.



Fig. 1 - Eolípila

Antecedentes del motor de vapor - La Eolípila -

Una **eolípila** es una máquina constituida por una cámara de aire (generalmente una esfera o un cilindro), con tubos curvos por donde es expulsado el vapor. La fuerza resultante por esta expulsión hace que el mecanismo comience a girar, según el principio de acción y reacción. Normalmente, el agua es calentada en otra cámara, y unida a la anterior mediante tubos por donde pasa el vapor, aunque también puede ser calentada en la misma cámara desde donde se expulsa el vapor.

La **eolípila** fue inventada en el siglo I A.C. por el matemático y mecánico Herón el Viejo, llamado de Alejandría. Está considerada como la primera máquina térmica de la historia. Lamentablemente, durante mucho tiempo no fue científicamente estudiada, sirviendo sólo de juguete o entretenimiento.

Su nombre proviene del latín "aeoli" y "pila", traducido como *balón de Eolo*, en honor del dios griego del viento.

Christiaan Huygens. – (La Haya, 14 de abril de 1629 - † íd., 8 de julio de 1695) fue un **astrónomo**, **físico** y **matemático neerlandés**, nacido en La Haya. Huygens nació en el seno de una importante familia holandesa. Su padre, el diplomático **Constantijn Huygens**, le proporcionó una excelente educación y le introdujo en los círculos intelectuales de la época.

Estudió **mecánica** y **geometría** con preceptores privados. En esta primera etapa, Huygens estuvo muy influido por el matemático francés **René Descartes**, visitante habitual de la casa de Constantijn durante su estancia en Holanda. Su formación universitaria transcurrió entre 1645 y 1647 en Leiden, y entre 1647 y 1649 en el Colegio de Orange de Breda. En ambos centros estudió Derecho y Matemáticas, destacándose en la segunda.



Fig. 2 – Dionisio Papin

Denis Papin - Biografía - Denis (Dionisio) Papin nació en el seno de una familia protestante. Se sabe muy poco de su infancia y juventud pero como la educación en Blois estaba a cargo de los jesuitas se supone que fue allí donde recibió las primeras lecciones de Matemáticas. En 1660 ó 1661 comenzó estudios de Medicina en Angers —según algunos en París— y ya doctor se trasladó a París para ejercer la Medicina ocupando sus ratos libres en estudios de Física.

Huygens se trasladó en 1670 a la corte de Luis XIV para presidir la Academia de las Ciencias francesa llamado por Colbert quien años antes, en 1666, la había fundado. Huygens tomó a su cargo dos ayudantes, Leibniz y Papin, éste último al que pudo conocer en la universidad de Angers o, con más probabilidad, fue presentado a Huygens por la esposa de Colbert, natural de Blois y conocida por hacer uso de su influencia para ayudar a sus paisanos. Los dos ayudantes trabaron en aquél tiempo una amistad que se prolongaría el resto de sus vidas.

En 1674 Huygens dio a la imprenta de París *Les nouvelles expériences sur le vide, avec la description des machines qui servent à les faire* (Las nuevas experiencias con el vacío con la descripción de máquinas que sirven para lograrlo) trabajo que se publicó el año siguiente firmado por Huygens y Papin en las *Transacciones Filosóficas* en Londres. En dicho trabajo se modificaba la bomba de aire de Otto von Guericke transformándola en un rudimentario “motor de explosión”.

En la primavera de 1675 Papin abandonó Francia y se dirigió a Londres con una carta de recomendación de Huygens para Boyle. La política religiosa de Luis XIV —iniciada con la invasión de Holanda en 1672— que culminó con la revocación del Edicto de Nantes, promulgado en 1598 por Enrique IV y que garantizaba la protección de los protestantes franceses, impidió que Papin volviera a pisar suelo francés. Según Boyle, Papin se dirigió a Inglaterra para dedicarse a sus estudios favoritos sin embargo lo más probable es que se viera impelido al exilio aun antes de la revocación del Edicto por la creciente persecución religiosa que sufrían los protestantes.

A través de Boyle entró a trabajar como tutor en casa de un amigo de Oldenbourg, primer Secretario de la *Royal Society*. Los años siguientes trabajó primero en el laboratorio de Boyle en el desarrollo de un arma de aire comprimido y en el perfeccionamiento de la bomba de vacío y posteriormente a las órdenes de Hooke que había sucedido a Oldenbourg. El 16 de diciembre de 1680 fue elegido miembro de la *Royal Society* a instancia de Boyle y el año siguiente presentó ante dicha institución su marmita, la primera olla a presión, que incorporaba una válvula de seguridad, que si bien es probable que se utilizara con anterioridad con algún otro propósito fue Papin quien primero la empleó para controlar la presión del vapor.

En 1682 marchó a Italia para trabajar como Director de Experimentos en la Academia que, a semejanza de la *Royal Society*, había fundado Ambrose Sarotti en Veneciam, pero tras el fracaso de la aventura por problemas financieros, retornó a Londres en 1684, de nuevo a la *Royal Society*.

Historia

En 1687 presentó una de sus invenciones consistente en la transmisión neumática de la energía a grandes distancias; sin embargo no quedó satisfecho con el resultado de sus experimentos y ese mismo año aceptó el cargo de profesor de Matemáticas en Marburg (Alemania) que le ofreció Carlos Augusto, Gran Conde (*Landgraf*, lat. *Comes Magnus* o *Comes Principalis*) de Hesse-Kassel, para el que trabajaría en Kassel unos años, tras abandonar la enseñanza en 1695. Ese año publicó una recopilación de sus inventos *De novis quibusdam machinis* dedicando capítulos separados de la obra a distintos nobles alemanes con la perspectiva de conseguir fondos, sin demasiado éxito.

Sus invenciones más importantes, además de la marmita, llegarían en la época que transcurrió en Alemania. Allí desarrolló para el Conde un submarino, una catapulta, una máquina para elevar el agua, y otras invenciones; sin embargo, Carlos Augusto, envuelto en guerras, no andaba sobrado de fondos, y no podía proporcionar a Papin el dinero necesario para sus gastos, y tras cada demostración de un invento perdía el interés y volvía a sus asuntos.

En 1690 presentó su primera máquina de émbolo, en la que sustituyó el explosivo utilizado por Huygens por vapor de agua para lograr mediante su condensación el “perfecto vacío” y en 1707 presentó su “Nueva manera de elevar el agua por la fuerza del fuego” en alusión al trabajo de Thomas Savery publicado en 1705 y que pretendía perfeccionar.

Permaneció en Alemania hasta 1707, cuando, en contra de la opinión de Leibniz, retornó a Inglaterra. Sin embargo la situación que se encontró allí era muy distinta de la de dos décadas antes. Boyle había fallecido y la presidencia de la *Royal Society* estaba ocupada por Isaac Newton ante el cual su amistad con Leibniz no era la mejor carta de presentación.

La última noticia que se tiene de Papin es una carta escrita a Hans Sloane fechada el 23 de enero de 1712. Según algunas fuentes Papin pudo trasladarse con posterioridad a Alemania y fallecer allí entre 1714 y 1716 pero es dudoso que pudiera hacerse con el dinero necesario para costear el viaje de vuelta.

Componentes de la máquina:

- A - Retorta (generador de vapor)
- C - Alimentación de la retorta
- F, I - Pistón
- D - Émbolo
- G - Alimentación de la bomba
- N - Depósito
- E, n - Grifos de admisión y escape
- S, T - Válvulas de retención

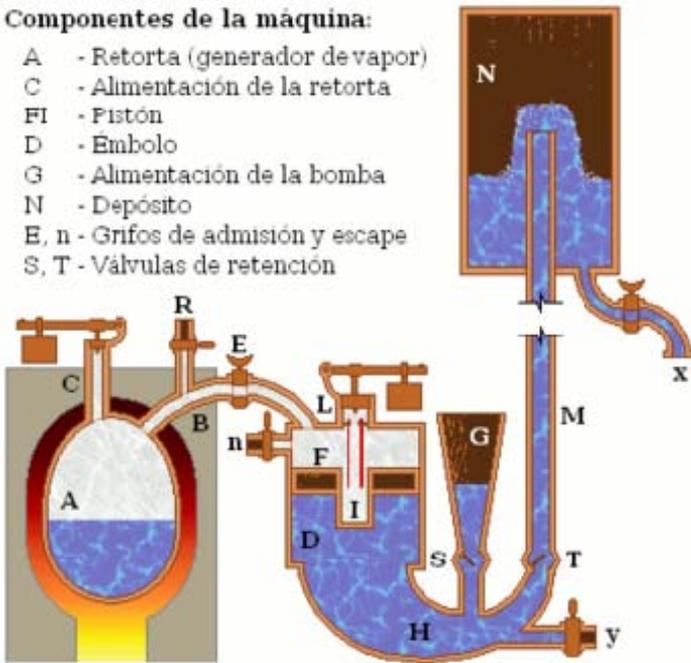


Fig. 3 – Marmita de Papin

Máquina de vapor de Papin - Dimensiones generales de la máquina-

El generador de vapor (A) o «retorta» — como lo llama Papin por su parecido con el instrumento químico de ese nombre— tiene un diámetro máximo de 20 ó 21" (508 ó 533,4 mm) y una altura de 26" (660 mm) con un volumen total en torno a 150 litros. La retorta tiene un tubo (C) en la parte superior por el que se suministra el agua y que está, durante la operación de la máquina, cerrado por la válvula que permite, desplazando el peso, regular la presión del vapor en el interior de la retorta. Un segundo tubo comunica la retorta a través del grifo E con el cilindro. El conjunto está encerrado en una obra de ladrillo que disminuye las pérdidas de calor. El aire caliente de la combustión se evacua por la parte superior del horno manteniendo caliente la retorta y el tubo (B) de alimentación de la bomba.

La bomba tiene un diámetro de 20" (508 mm) y una carrera de 16" (406 mm) con lo que en cada embolada se desplazan 200 libras de agua (unos 90 litros). A través de G se introduce el agua de alimentación. El pistón (F) es hueco para que flote en el agua y en su centro tiene un hueco cilíndrico (I) cuyo propósito es habilitar el espacio necesario para poder introducir unas barras de acero al rojo que mantengan el vapor caliente.

Desde un punto de vista mecánico el pistón no es tal si no un mero separador de agua y vapor cuyo propósito es evitar la condensación del vapor de modo que el funcionamiento de la bomba no es esencialmente distinto de aquél descrito por Herón de Alejandría en el que el aire caliente presionaba la superficie libre del agua.

Funcionamiento - El ciclo de la máquina de dos etapas se controla mediante los grifos E y n y las válvulas automáticas S y T.

- Con los grifos cerrados y el pistón en el punto muerto superior se abre el grifo E (que hace las veces de válvula de admisión) impulsando el pistón en su carrera descendente y elevando el agua a través del tubo M (con la válvula T abierta) hasta el depósito elevado N.

- Alcanzado el punto muerto inferior se cierra el grifo E y se abre el grifo n para evacuar el vapor del cilindro. La válvula T se cierra por el peso de la columna de agua impidiendo el retorno de la misma y se abre la válvula S llenando la bomba de agua a través del conducto G.

El agua del depósito elevado puede utilizarse para mover una rueda (como en cualquier molino hidráulico) o bien para alimentar las fuentes del palacio. De esta manera era una forma sana de producir energía.

Thomas Savery (1650-1715) - Fue un mecánico inglés que desarrolló una máquina de vapor que en su época constituyó un gran avance en la industria minera.

En aquella época, el agua subterránea suponía un grave problema para la minería, y las bombas alternativas no eran capaces de desarrollar una potencia capaz de extraer agua desde esa profundidad.

La máquina de Savery utilizaba la energía del carbón para desarrollar esa potencia. Su funcionamiento era el siguiente:

Desde una caldera se llenaba de vapor un depósito, saliendo el aire del mismo a través de una válvula antirretorno. Posteriormente se cerraba la válvula que unía la caldera y el depósito. El vapor del depósito se enfriaba haciendo chorrear desde fuera del mismo agua fría, y al enfriarse, el vapor condensaba, haciéndose el vacío en el depósito.

Mediante una tubería con una válvula antirretorno, el depósito estaba conectado al agua del interior de la mina, por lo que al hacerse el vacío, subía el agua llenándolo.

Para vaciar el depósito se volvía a abrir la válvula que lo conectaba con la caldera, y el vapor a presión hacía salir el agua por la misma válvula antirretorno que había salido el aire al principio.

Esta máquina supone la primera utilización industrial del carbón para realizar trabajo mecánico. Sucesivas mejoras de esta máquina dieron lugar al desarrollo de la máquina de James Watt.

Thomas Newcomen (12 de febrero de 1663 - 5 de agosto de 1729) - Fue herrero e inventor, nació en Dartmouth, Devon, Inglaterra. Es frecuentemente citado como el “*padre de la revolución industrial*”, en su carácter de primer innovador y empresario.

En 1712 Newcomen, con su socio Thomas Savery, construyó una máquina de vapor atmosférica para bombear agua fuera de las minas, tanto de carbón como de estaño, de la zona nativa de Newcomen, en el sudoeste de Inglaterra, particularmente en Cornualles.

Más máquinas fueron instaladas por el propio Newcomen en Inglaterra, lo que llevó a la construcción de más de 100 máquinas antes de que la patente expirara en 1733. El diseño fue mejorado más tarde por James Watt.

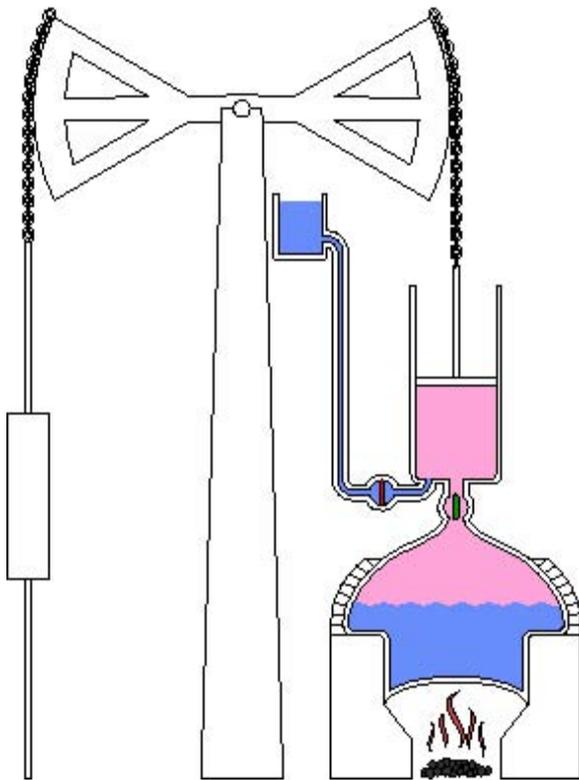


Fig. 4 – Máquina de Newcomen

Máquina de Newcomen - Había inventado una bomba de vapor para el drenaje de las minas; sin embargo, esta bomba planteaba numerosos problemas ya que trabajaba con altas presiones, lo que con cierta frecuencia provocaba serios accidentes. Ante los problemas y dificultades que planteaba este sistema de drenaje, Thomas Newcomen (1663-1729), un herrero de Dartmouth que había trabajado para Savery, se le ocurrió que podía utilizarse la fuerza del vapor para mover a distancia una bomba impelente colocada en el interior del pozo de drenaje de la mina. La máquina de Newcomen consistía en un balancín, uno de cuyos extremos se unía a una barra rígida contrapesada que descendía por el pozo de drenaje hasta la bomba mecánica colocada en su interior. El otro extremo se unía al pistón de un cilindro que se llenaba con el vapor proveniente de la caldera.

A medida que el cilindro se iba llenando de vapor el pistón era desplazado hacia arriba y el contrapeso de la barra que accionaba la bomba en el interior de la mina hacía que ésta bajase.

Cuando el pistón llegaba al final de su recorrido, se inyectaba un chorro de agua fría en el interior del cilindro, con lo que condensaba el vapor, produciéndose un vacío parcial que hacía retraerse el pistón hasta la parte inferior, tirando del balancín que transmitía el movimiento hasta la bomba a través de la barra rígida del otro extremo. De esta manera tan simple se conseguía accionar a distancia el brazo de la bomba de achique, sin necesidad de colocar la máquina en el interior de la mina y sin utilizar grandes presiones de vapor con lo que se reducía sensiblemente el riesgo de explosiones. Básicamente la máquina de Newcomen era un motor de combustión externa que convertía calor en energía mecánica, mientras que la de Savery no era más que una bomba de vapor especializada en drenaje de minas. Las ventajas, desde el punto de vista práctico, de esta máquina eran tantas que rápidamente sustituyeron a las máquinas de vapor de Savery y a finales de la década de 1710 prácticamente todas las minas de carbón de Gran Bretaña tenían instalados los sistemas de bombeo de Newcomen, exportándose, en los años siguientes, a las colonias americanas y a otros países.

El trabajo de Newcomen sobre la máquina de vapor fue fundamentalmente empírico, fruto de la habilidad, experiencia y conocimientos adquiridos por este herrero mientras fabricaba componentes para las bombas de Savery. El hecho de que el sistema de bombeo de Newcomen no estuviera basado en una serie de fundamentos teóricos relacionados con la producción y empleo del vapor como fuerza motriz, hizo que las sucesivas máquinas que se construyeron tuvieran eficacias muy dispares, dependiendo de los tamaños relativos de los diferentes componentes que lo conformaban. Era frecuente que bombas que se construían de mayor tamaño con la intención de conseguir mayores caudales de bombeo, resultaba que apenas eran capaces de bombear un caudal ligeramente superior al de otras máquinas de menor tamaño, pero eso sí, generalmente con un mayor consumo de combustible. Se requería por tanto realizar un estudio cuidadoso, siguiendo una metodología científica, a fin de descubrir de qué factores dependía su eficacia.

En otras palabras, se requería realizar un proceso de optimización experimental que condujera a introducir las mejoras necesarias para conseguir el máximo rendimiento de estas máquinas.

Este proceso de optimización fue llevado a cabo por John Smeaton (1724-1792), un ingeniero con formación teórico-científica que en 1769 realizó un catálogo de máquinas de Newcomen instaladas en minas británicas, en el que detallaba el tamaño y el rendimiento de aproximadamente un centenar de estas máquinas. Una vez que dispuso del catálogo y no encontrando la relación existente entre las máquinas y los rendimientos observados, se dedicó a evaluar, por separado, las diferentes partes que conformaban la máquina. Para ello construyó un modelo a escala y con él realizó unos ciento treinta experimentos distintos. En cada uno de estos experimentos Smeaton modificaba uno de los factores que podían afectar al rendimiento de la máquina, mientras mantenía los demás constantes. En unos experimentos estudiaba la longitud del pistón manteniendo su diámetro constante, en otros, partiendo de una longitud de pistón determinada, estudiaba la influencia del diámetro, en otros estudiaba el tamaño de la caldera, la presión que había que mantener en ésta, etc. Así fue como, en tan sólo tres años, entre 1769 y 1772 fue capaz de establecer y predecir cuál sería la eficacia de estas máquinas, obteniendo los valores óptimos para el diámetro del cilindro, la longitud del pistón, el número de pasos por minuto de éste, el tamaño de la caldera, la cantidad de agua introducida, la temperatura del agua inyectada y hasta el consumo más probable de carbón para cualquier máquina, desde la más pequeña de un caballo de potencia hasta la más grande de setenta caballos y para demostrar la validez de su resultados, él mismo construyó en 1774 una máquina de 76,5 caballos, la más potente lograda hasta ese momento, cuyas prestaciones cayeron dentro de las previsiones realizadas por Smeaton.

La máquina de Newcomen y las mejoras introducidas por Smeaton constituyeron el primer gran paso de la denominada Revolución Industrial, periodo histórico caracterizado por un radical cambio en los procesos de producción, comunicación y transporte, pues el empleo del motor de vapor permitió reemplazar la energía muscular de hombres y animales en energía mecánica producida por el vapor. Si una máquina, como la de Newcomen, podía mover el brazo de una bomba de sacar agua, muy bien podía utilizarse como motor para realizar otros muchos trabajos o incluso para arrastrar o desplazar grandes pesos o mercancías. Pocos años después de que Smeaton presentara las mejoras de la máquina de Newcomen, un ingeniero escocés de nombre James Watt (1736-1819) presentó una serie de mejoras todavía más revolucionarias, como hacer que el vapor condensara en una cámara diferente a la del pistón, o que éste fuera empujado por el vapor tanto en sentido ascendente como descendente. Con estas mejoras la eficacia y rendimiento de la máquina mejoró notablemente, pues ahora el cilindro del pistón se mantenía siempre caliente, reduciendo el consumo de carbón. Sin embargo, la mejora que introdujo Watt, y que supuso la consagración de la máquina de vapor como motor térmico, fue la adaptación mecánica que hizo de la máquina de vapor de Newcomen para que el movimiento vertical del balancín se convirtiera en un movimiento giratorio que pudiera transmitirse horizontalmente por medio de poleas o engranajes hasta las máquinas, o que pudiera mover las palas o las hélices de los barcos o las ruedas de una locomotora. Había nacido la era del transporte mediante vehículos autopropulsados.



Fig. 5 - James Watt

James Watt (19 de enero de 1736 - 19 de agosto de 1819) - Fue un matemático e ingeniero escocés. Nació en Greenock, Escocia, vivió y trabajó en Birmingham, Inglaterra. Fue un miembro clave de la Sociedad Lunar (Lunar Society). Muchos de sus escritos se conservan en la biblioteca "Birmingham Central".

Sus logros como ingeniero - Watt inventó el movimiento paralelo para convertir el movimiento circular a un movimiento casi rectilíneo, del cual estaba muy orgulloso, y el medidor de presión para medir la presión del vapor en el cilindro a lo largo de todo el ciclo de trabajo de la máquina, mostrando así su eficiencia y ayudándolo a perfeccionarla.

Ayudó sobremanera al desarrollo de la máquina de vapor, convirtiéndola, de un proyecto tecnológico, en una forma viable y económica de producir energía.

Descubrió que la máquina de Newcomen estaba gastando casi tres cuartos de la energía del vapor en calentar el pistón y el cilindro.

Watt desarrolló una cámara de condensación separada que incrementó significativamente la eficiencia. Hasta el momento ese fue uno de los mejores desarrollos de la historia.

Watt se opuso al uso de vapor a alta presión, y hay quien le acusa de haber ralentizado el desarrollo de la máquina de vapor por otros ingenieros, hasta que sus patentes expiraron en el año 1800. Junto a su socio Matthew Boulton luchó contra ingenieros rivales como Jonathan Hornblower quien intentó desarrollar máquinas que no cayeran dentro del ámbito, extremadamente generalista, de las patentes de Watt.

Él creó la unidad llamada caballo de potencia (Horse Power), para comparar la salida de las diferentes máquinas de vapor.

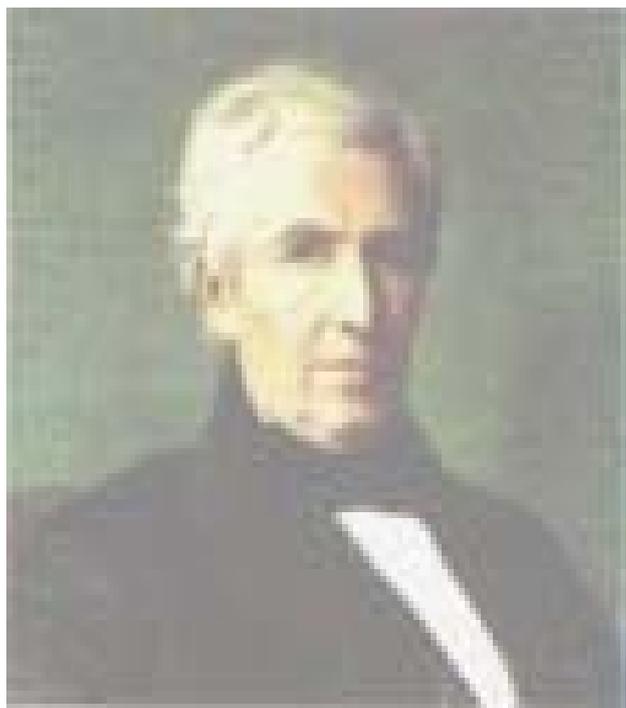


Fig. 6 - Marc Seguin

Marc Seguin (20 de abril de 1786 - 24 de febrero de 1875) - Fue un ingeniero francés, inventor de los puentes colgantes y de la caldera humotubular. Constructor del primer ferrocarril francés (Saint-Etienne/Lyon).

Nació en Annonay, cerca de Lyon, Francia, hijo de Marc François Seguin, fundador de Seguin & Co., y Thérèse-Augustine de Montgolfier sobrina de Joseph Montgolfier, empresario e inventor. Desarrolló el primer Puente colgante en Europa continental, construyendo y administrando un total de 186 puentes colgantes con peaje a través de toda Francia.

También inventó la caldera de tubos de humo, que permitió a las locomotoras incrementar su potencia y su velocidad desde 7 hasta 40 km/h, convirtiendo al ferrocarril en un modo de transporte viable.

Más tarde colaboró con George Stephenson, ayudándolo a ganar la Carrera de Rainhill, en la que la locomotora *Rocket* ganó utilizando una caldera de tubos de humo.

No solo inventor, sino empresario, con la ayuda de sus hermanos Camille, Jules, Paul y Charles, así como su cuñado Vincent Mignot continuó exitosamente los negocios de su padre en los rubros textil, papel, iluminación a gas, minas de carbón, construcción, a los que agregó una compañía ferroviaria y otra de construcción de puentes.

Marc Seguin fue incorporado en la *Académie des Sciences* en 1845, recibió la *Légion d'honneur* en 1836 y escribió numerosos libros sobre la utilización de la física y la matemática en la construcción de puentes y locomotoras.

“Los vagones eran arrastrados inicialmente por tiros de caballos y, posteriormente, se les sumaron máquinas, pero esos motores eran tan pesados y tan poco perfeccionados que apenas si producían el vapor suficiente para proporcionar una velocidad de 4 a 5 millas por hora. De haber sido inevitable, semejante lentitud hubiese limitado en forma considerable a la utilidad del ferrocarril. (...) Fue en 1830, con la inauguración del tramo de ferrocarril de Manchester a Liverpool, cuando se adaptaron por primera vez las nuevas calderas a las locomotoras. Desde el primer momento alcanzaron una velocidad que rebasaba con creces todo lo que anteriormente había sido considerado posible. (...) A partir de ese momento, el servicio cobró un auge maravilloso: ya no fueron utilizados únicamente para el transporte de mercancías. El nuevo sistema de propulsión duplicaba su utilidad, y la rapidez del desplazamiento pronto atrajo un número de viajeros que superaba considerablemente todos los cálculos que se habían tratado de establecer acerca del incremento probable que experimentaría el tráfico.”

Marc Seguin. De l'influence des chemins de fer et de l'art de les tracer et de les construire. 1839.

4. Aplicación de la máquina de vapor a vehículos -



Fig. 7 – Ferdinand Verbiest

Ferdinand Verbiest (9 de octubre de 1623 – 28 de enero de 1699) - El padre Ferdinand Verbiest fue un jesuita flamenco, misionero en China durante la dinastía Qing. Nació en Pitthem, cerca de Courtrai, en la moderna Bélgica, y fue conocido como Nan Huai ren (南懷仁) en chino. Fue un astrónomo y matemático reconocido, y le demostró a la corte del emperador Kangxi que la astronomía europea de la época era más precisa que la china. Corrigió el calendario chino, y fue encargado luego de reconstruir y reequipar el Antiguo Observatorio de Beijing, siendo designado Jefe del Cuerpo Matemático y Director del Observatorio.

Se convirtió en amigo personal del Emperador Kangxi, quien frecuentemente le requería su enseñanza en geometría, filosofía y música.

Durante los años de 1670, Verbiest diseñó lo que algunos llaman el primer vehículo auto propulsado, y hasta es llamado el primer automóvil mundial, a pesar de su pequeño tamaño y la falta de evidencia de su construcción.

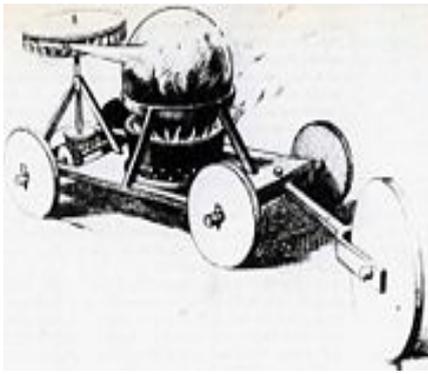


Fig. 8 - Vehículo a vapor de Verbiest

El vapor era generado en una caldera esférica, y salía a través de un tubo en la parte superior, por el que era dirigido a una simple turbina abierta, parecida a una rueda hidráulica, que movía las ruedas traseras.

No se sabe si el modelo de Verbiest llegó a ser construido, a pesar de haber tenido acceso a los mejores artesanos chinos, que construyeron para él instrumentos astronómicos de precisión

Nicolas-Joseph Cugnot (26 de febrero de 1725 - 2 de octubre de 1804) - Fue un inventor francés a quien se le atribuye la invención del primer vehículo autopropulsado o automóvil. Esta reclamación está disputada por varias fuentes que sugieren en cambio que Ferdinand Verbiest, miembro de las misiones jesuitas en China, fue el primero en construir un coche a vapor alrededor de 1672. Cugnot nació en Void, Meuse, Lorena. Recibió instrucción como ingeniero militar.

Realizó pruebas de modelos de vehículos impulsados por motores de vapor para el Ejército Francés, pensados para arrastrar cañones pesados, tarea que empezó en 1765.

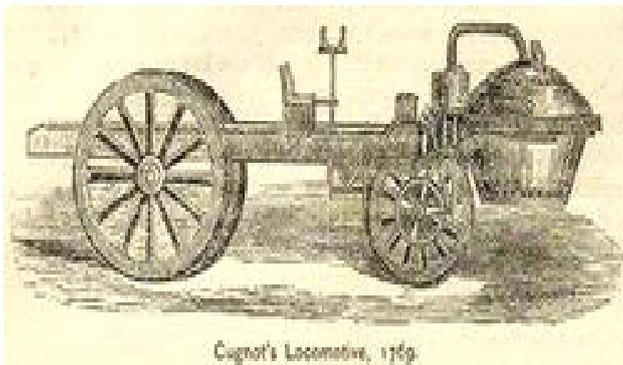


Fig. 9 - Automóvil de vapor de Cugnot
Grabado del siglo XIX

En 1771 su vehículo chocó contra una pared de ladrillo, en lo que sería el primer accidente automovilístico de la historia.

El accidente, junto con los problemas financieros pusieron fin los experimentos del ejército francés con vehículos mecánicos, pero en 1772, el rey Luis XV le concedió una pensión de 600 francos al año por su innovadora obra.

Con el estallido de la Revolución Francesa en 1789, la pensión de Cugnot fue retirada y el inventor se exilió a Bruselas, donde vivió en la pobreza. Poco antes de su muerte fue invitado a volver a Francia por Napoleón Bonaparte. Nicolas-Joseph Cugnot volvió a Paris, donde falleció a la edad de 79 años.

Cugnot parece haber sido el primero en transformar el movimiento adelante-atrás de un pistón a vapor en movimiento rotativo. En 1769 consiguió que funcionase una versión de su *Fardier à vapeur* ("Coche de vapor"). Al año siguiente construyó una versión mejorada. Se dijo que su vehículo era capaz de tirar de 4 toneladas y viajar a velocidades de hasta 4 km/h. El vehículo, muy pesado, tenía dos ruedas traseras y una delantera, que soportaba la caldera de vapor, y se dirigía mediante un timón.



Fig. 10 - Vehículo de Cugnot en el Conservatoire National

La máquina de Nicolas-Joseph Cugnot de 1770 se conserva en el Conservatoire National des Arts et Métiers de París.

Richard Trevithick (13 de abril de 1771 – 22 de abril de 1833) - Fue un inventor británico, ingeniero de minas y constructor de la primera locomotora ferroviaria a vapor.

Niñez y primera juventud - Richard nació en Tregajorran (en la parroquia de Illogan), entre Camborne y Redruth, en el corazón de una de las más ricas zonas mineras de Cornwall. Fue el más joven, y único varón, en una familia de seis hijos. Era muy alto y atlético, y se interesaba más en los deportes que en la escuela. Fue a la escuela elemental en Camborne y evidentemente no aprovechó mucho la educación recibida, con la excepción de la aritmética, para la que tuvo una especial aptitud. Uno de sus maestros lo describió como “un muchacho desobediente, lento, obstinado, estropeado, frecuentemente ausente y muy desatento”.

Trevithick fue hijo de un capataz minero, llamado Richard Trevithick (1735-1797) y de Ann Teague, hija de un minero (? - 1810), y desde niño, debe haberse interesado en las máquinas de vapor que bombeaban el agua desde lo profundo de las minas de cobre y estaño comunes en Cornualles. Durante un tiempo fue vecino de William Murdoch, pionero de los vehículos a vapor, y habría sido influenciado por sus experimentos con el vapor como impulsor en la locomoción sobre caminos. Hasta ese tiempo, las máquinas a vapor eran de condensación o tipo atmosférico, originalmente inventado por Thomas Newcomen en 1712, y que también se conocían como máquinas de baja presión.

James Watt, en nombre de su sociedad con Matthew Boulton, Boulton & Watt, obtuvo varias patentes por mejoras en la eficiencia de la máquina de Newcomen, incluyendo “el condensador separado” patente que había demostrado ser la más utilizada.

El primer empleo de Trevithick, a la edad de 19 años, fue en la mina East Stray Park. Era entusiasta y rápidamente ganó el puesto de consultor, raro para una persona tan joven. Era popular con los mineros debido al respeto que ellos tenían por su padre. Trabajó en la construcción y modificación de las máquinas de vapor para evitar los derechos de autor de Watt correspondientes a la patente del condensador separado. Otro de sus proyectos fue la bomba de émbolo buzo, un tipo de bomba que utilizó con una máquina de balancín y que, invirtiendo el émbolo, se convertía en hidráulica.

Familia - En 1797, Trevithick contrajo enlace con Jane Harvey, de Hayle. Jane era hija de John Harvey, fundidor de hierro, y ex herrero de Carnhell Green, quien fue dueño de la fundición Harveys de Hayle. La compañía fue internacionalmente conocida por la construcción de grandes máquinas de balancín, utilizadas para bombear agua, generalmente en minas, basadas en las máquinas de Newcomen y Watt.

Sus hijos fueron: Richard Trevithick (1798-1872); Anne Ellis (1800-1876); Elizabeth Banfield (1803-1870); John Harvey Trevithick (1807-1877); Francis Trevithick (1812-1877); and Frederick Henry Trevithick (1816-1881)

La máquina de alta presión - A medida que adquiría experiencia, fue comprendiendo que las mejoras tecnológicas en la construcción de calderas permitían la producción segura de vapor a presiones mayores, y que esto permitía el movimiento del pistón en una máquina a vapor bajo esta presión, en lugar de utilizar una presión cercana a una atmósfera en una máquina de condensación.

Él no fue el primero en considerar el llamado vapor vivo. William Murdoch había desarrollado y exhibido un modelo de carruaje a vapor, hacia 1784, y lo había mostrado a Trevithick en 1794. En efecto, Trevithick fue vecino de Murdoch hasta 1799.

Mientras tanto, Trevithick fue el primero en construir una máquina de vapor de alta presión en 1799.

Una máquina de vapor a alta presión no sólo elimina el condensador, sino que permite la utilización de cilindros más pequeños, con el consiguiente ahorro en tamaño y peso.

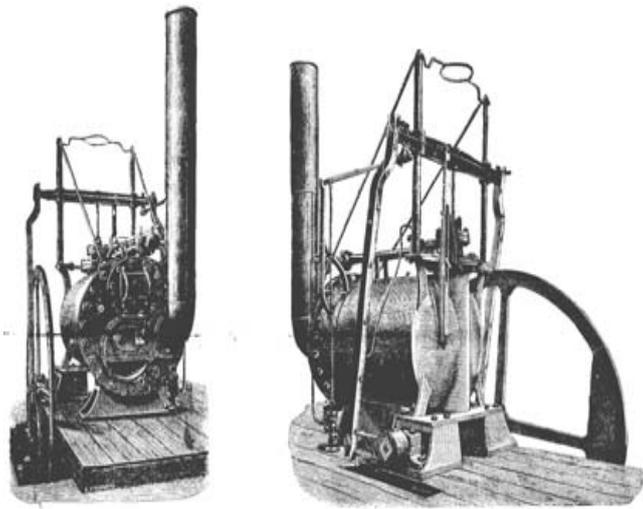


Fig. 11 – Máquina de Vapor de alta presión de Trevithick

El movimiento lineal era convertido en circular por medio de una manivela en lugar del ineficiente balancín.



Fig. 12 – Placa recordatoria en Fore Street

The Puffing Devil - Trevithick construyó un vehículo a vapor en 1801, en un lugar próximo a la actual calle Fore Street, en Camborne, conocido también como Camborne Hill. Llamó a este carruaje “Puffing Devil” (Demonio Resoplante), y, en la víspera de la Navidad de ese año, lo exhibió con éxito, subiendo con varias personas la cuesta de Camborne, y continuando luego hasta la cercana villa de Beacon, con su primo y socio Andrew Vivian como conductor. Este suceso es nominado por muchos como la primera demostración de transporte en un vehículo autopropulsado (por vapor), e inspiró una canción del folclore popular de Cornualles: “Camborne Hill”. Sin embargo, otros sugieren que fue Nicolas-Joseph Cugnot con su carro a vapor de 1770, o que el vehículo a vapor construido por Ferdinand Verbiest en 1672 fue el primero construido.

Durante las pruebas siguientes, la locomotora de Trevithick volcó tres días después, cayendo en una zanja. Luego el vehículo fue dejado, con el fuego encendido, en un cobertizo cercano, mientras el operador entró en una taberna, para almorzar ganso asado y beber algo. Mientras tanto, el agua se consumió, la máquina se recalentó y se incendió, resultando completamente destrozada. Trevithick sin embargo no consideró este episodio un retroceso, sino un caso de error del operador.

En 1802 Trevithick obtuvo una patente para su máquina de vapor de alta presión. Ansioso por probar sus ideas, construyó una máquina estacionaria en los talleres de la Compañía Coalbrookdale, en Shropshire, en 1802, forzando agua a una altura controlada para medir el trabajo realizado. Esta máquina funcionaba a 40 ciclos por minuto, con una presión de caldera de 145 psi (10,5 atmósferas), sin precedentes hasta el momento. La Compañía construyó luego una locomotora para uso interno, de la que no se conoce mucho, incluso si llegó a funcionar. La única información que existe sobre ella es un dibujo preservado en el Science Museum de Londres, y una carta escrita por Trevithick a su amigo Davies Giddy. Este dibujo se utilizó como base de todas las imágenes y réplicas de la locomotora Penydarren, ya que no han sobrevivido planos de la misma.

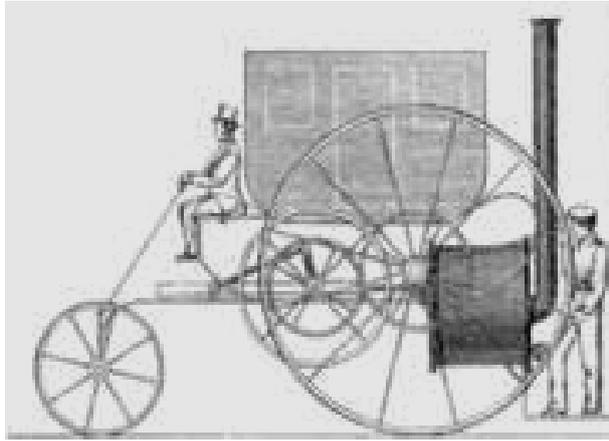


Fig. 13 – Carruaje de vapor de Londres

El Carruaje a vapor de Londres - La Puffing Devil era incapaz de mantener suficiente presión de vapor durante largos periodos, por lo que hubiera tenido poco uso práctico.

En 1803 construyó otra diligencia a vapor, llamada London Steam Carriage, que atrajo mucha atención del público y la prensa cuando ese año, en Londres, viajó desde Holborn hasta Paddington y regreso. Sin embargo, era particularmente incómodo para los pasajeros, y probó ser más caro de operar que un coche convencional con tracción a sangre, por lo que fue abandonado.

La tragedia de Greenwich - También en 1803, una de las bombas estacionarias en uso en Greenwich explotó, matando a cuatro personas. Si bien Trevithick consideró que la explosión fue causada por otro caso de error en la operación y no en el diseño, el incidente fue utilizado insidiosamente por sus competidores y promotores de las máquinas atmosféricas Watt y Boulton, quienes exageraron los riesgos del uso de máquinas de alta presión. La respuesta de Trevithick fue la incorporación de dos válvulas de seguridad en sus futuros diseños, sólo una de las cuales podía ser ajustada por el operador.

La válvula ajustable estaba formada por un disco que cubría un pequeño orificio en la parte superior de la caldera, sobre el nivel del agua, en la cámara de vapor. La fuerza ejercida por el vapor era ecualizada por una fuerza opuesta generada por un contrapeso colocado sobre una palanca. La posición del peso sobre la palanca, permitía al operador llegar a la presión máxima admitida. La segunda válvula era un tapón de plomo colocado en posición crítica en la caldera, justo debajo del nivel mínimo seguro del agua. En condiciones normales, la temperatura del agua no excedía la de ebullición, y por lo tanto, mantenía al plomo por debajo de su punto de fusión. En caso que el nivel del agua bajara peligrosamente, el plomo perdería el efecto refrigerante del agua, y la temperatura se elevaría lo suficiente para fundir el plomo, y permitiría el escape del vapor a la atmósfera, reduciendo la presión en la caldera y produciendo un sonido de alarma el tiempo suficiente para que el operador apagara el fuego y dejara enfriar naturalmente la caldera, evitando que ocurrieran daños permanentes.

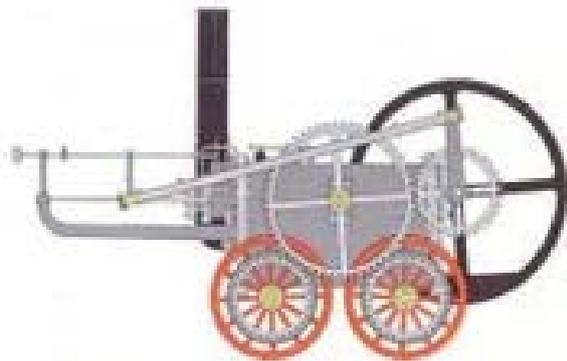


Fig. 14 - Dibujo de la locomotora

La primera locomotora ferroviaria - En 1802 Trevithick construyó uno de sus motores de vapor a alta presión para accionar un martillo automático en la fábrica metalúrgica de Penryn, cerca de Merthyr Tydfil, en el sur de Gales. Con la asistencia de Rees Jones, un empleado del taller, y bajo la supervisión de Samuel Homfray, el propietario, montó la máquina sobre ruedas y la transformó en la primera locomotora. En 1803 Trevithick vendió la patente de esta locomotora a Samuel Homfray.

Homfray quedó tan impresionado con la locomotora de Trevithick que apostó 500 guineas a otro industrial, Richard Crawshay, a que la locomotora podía llevar 10 toneladas de hierro a lo largo del tranvía de Merthyr Tydfil, desde Penryn hasta Abercynon, una distancia de 9,75 millas (16 km). Con gran interés del público, el 21 de febrero de 1804 llevó exitosamente 10 toneladas de hierro, 5 vagones y 70 hombres, la distancia completa en 4 horas y 5 minutos, a una velocidad promedio cercana a 5 mph (8,0 km/h). Además de Homfray, Crawshay y los pasajeros, otros testigos incluyeron al Sr. Giddy, protector de Trevithick, y un ingeniero del gobierno. Este ingeniero del gobierno era probablemente un inspector de seguridad particularmente interesado en la capacidad de la aptitud de las calderas para resistir vapor a alta presión.

Historia

La locomotora en sí era de un diseño primitivo. Comprendía una caldera montada sobre un chasis de cuatro ruedas. En un extremo, un cilindro único con una carrera muy larga, estaba montado parcialmente en la caldera, y una cruceta corría a lo largo de una guía, una disposición que asemejaba un trombón gigante.



Fig. 15 - Réplica

Dado que había sólo una carrera motriz, la cruceta estaba acoplada a un enorme volante montado en un lado. La inercia rotacional del volante mantenía el movimiento, que era transmitido a un engranaje central que a su vez estaba conectado a las ruedas motrices.

Nuevamente utilizó un cilindro de alta presión sin condensador, y el escape se utilizaba para asistir al tiro a través del hogar, aumentando aún más la eficiencia. Estas mejoras fundamentales en el diseño de las máquinas de vapor de Trevithick no se modificaron durante toda la época del vapor. La apuesta fue ganada. A pesar de las dudas de mucha gente, se había probado que, en tanto las pendientes fueran bajas, era posible llevar cargas pesadas a lo largo de una vía lisa de hierro, utilizando sólo el peso adherente de una locomotora a vapor con el peso y la potencia suficientes.

Trevithick fue probablemente el primero en hacerlo, si bien algunas de las pequeñas placas de fundición de la vía del tranvía se rompieron bajo el peso de la locomotora, ya que estaban diseñadas para soportar sólo el menor peso por eje de los vagones tirados por caballos, y por eso, luego de esta prueba, el tranvía retornó a la tracción a sangre.



Fig. 16 – Moneda conmemorativa

Homfray quedó satisfecho: había ganado su apuesta, y la máquina fue colocada sobre bloques y vuelta a su trabajo original como estacionaria, moviendo el martillo. Habiendo oído acerca del suceso en Gales, Christopher Blackett, propietario de la mina de carbón Wylam, cerca de Newcastle, escribió a Trevithick solicitando diseños de locomotoras. Esta solicitud fue enviada a John Whitfield en Gateshead, representante de Trevithick, quien construyó la que sería la segunda locomotora de Trevithick. Blackett utilizaba rieles de madera para su tranvía, por lo que, una vez más, la locomotora de Trevithick resultó demasiado pesada para esos rieles.

“Catch Me Who Can” (Agárreme quién pueda) - En 1808 Trevithick publicitó su experiencia en locomotoras a vapor construyendo una nueva, llamada “Catch Me Who Can”, construida para él por Hazledine y John Urpeth Rastrick en Bridgnorth, Shropshire, similar a la utilizada en Pennydarren y bautizada como la hija del Sr. Giddy. Fue probablemente la tercera locomotora ferroviaria construida por Trevithick, luego de las utilizadas en los talleres de Pennydarren y en las minas de Wylam. Corría sobre una vía circular, al sur de la actual estación de Euston, en Londres, cuya ubicación ha sido arqueológicamente identificada como la ocupada por el edificio Chadwick, parte del Colegio Universitario de Londres.

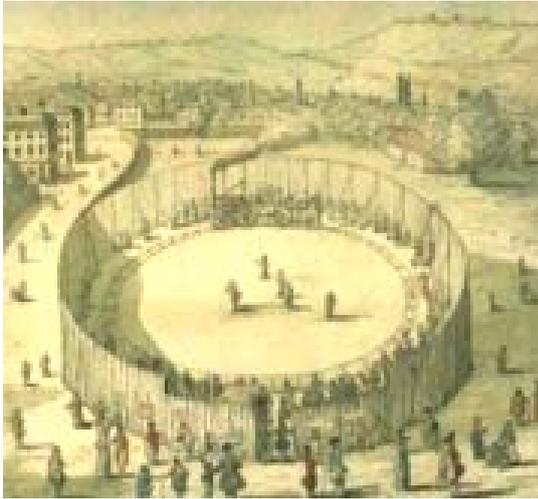


Fig. 17 – Catch Me Who Can

La entrada al “circo de vapor” costaba un chelín, incluyendo un paseo, y fue su intención demostrar que viajar por ferrocarril era más rápido que con caballos. Esta aventura sufrió también por rotura de carriles, y el interés del público fue limitado. Trevithick quedó desilusionado por esta respuesta y no diseñó más locomotoras.

No fue hasta 1812 que la locomotora de vapor de dos cilindros, construida por Matthew Murray en Holbeck, comenzó exitosamente el reemplazo de los caballos en el transporte de carbón sobre rieles en el ferrocarril de Middleton, desde la mina de Middleton hasta Leeds, en West Yorkshire.

Trevithick se dedicó a otros proyectos para explotar sus máquinas de vapor de alta presión: perforado de bronce en la manufactura de cañones, proceso de piedras, laminadores, martillos de forja, sopladores de altos hornos, etc., además de las aplicaciones mineras tradicionales. También construyó una barcaza impulsada por ruedas de paletas y varias dragas.

Trevithick vio oportunidad de trabajo en Londres, y persuadió trabajosamente a su esposa e hijos a instalarse en Londres, durante dos años y medio, alojándose primero en Rotherhithe y luego en Limehouse.

Proyectos náuticos - En 1808 Trevithick se asoció con Robert Dickinson, un comerciante de las Indias Occidentales. Dickinson contribuyó con varias patentes de Trevithick, la primera de las cuales fue el “Nautical Labourer”, un remolcador a vapor con una grúa flotante, propulsado por ruedas de paleta. Sin embargo, no cumplía con las regulaciones contra incendio de los muelles y de la Sociedad de Cargadores (Whippers) de Carbón, que temían perder su medio de vida, e incluso atentaron contra la vida de Trevithick.

Otra de las patentes de Trevithick fue por la instalación de tanques de hierro en los buques, para el almacenamiento de cargas y de agua potable, en lugar de los tradicionales barriles de madera.

Instaló un pequeño taller en Limehouse para su fabricación, empleando tres personas. Los tanques también fueron utilizados para elevar buques hundidos, colocándolos debajo y bombeando aire en ellos. En 1810 se utilizaron en un hundimiento cerca de Margate, llevándolo a la superficie, pero una disputa acerca del pago llevó a Trevithick a cortar las cuerdas que lo sostenían y a su nuevo hundimiento.

En 1809. Trevithick trabajó en varias ideas de mejora para buques: muelles flotantes de hierro, buques de hierro, mástiles telescópicos de hierro, estructuras navales mejoradas, balizas de hierro y el uso del calor de la caldera para cocinar.

Quiebra - En mayo de 1810 contrajo fiebre tifoidea y estuvo a punto de morir. En septiembre se había recuperado lo suficiente para volver a Cornwall por barco, y en febrero de 1811 él y Dickinson fueron declarados en bancarrota. No fueron rehabilitados hasta 1814, habiendo Trevithick pagado la mayoría de las deudas de su propio peculio.

Vuelta a Cornwall

La caldera y la máquina Cornwall - Hacia 1812 Trevithick diseñó la “Caldera Cornwall”. Era una caldera cilíndrica, horizontal, con tubos internos sellados pasando horizontalmente a través de su interior. Los gases calientes de la combustión pasaban a través de estos tubos incrementando la superficie de calefacción y aumentando la eficiencia. Fueron instaladas en las bombas de Boulton & Watt, en Dolcoath y más que duplicaron su eficiencia.

Historia

También en 1812 instaló una nueva máquina a vapor de alta presión experimental, con condensador, en Wheal Prosper. Conocida como el Motor Cornish, fue mundialmente la más eficiente de su época. Otros ingenieros de Cornwall contribuyeron a su desarrollo, pero fue predominante el trabajo de Trevithick.

En el mismo año instaló otra máquina de alta presión, esta sin condensador, en una máquina trilladora, en una graja de Probus, Cornwall. Fue exitosa, y probó ser más económica de operar que los caballos que había reemplazado. Funcionó durante 70 años, y está en exhibición en el Science Museum.

La turbina de vapor - En uno de los proyectos menos usuales, Trevithick trató de construir una turbina de vapor, basada en el famoso modelo de la eolípila construida por Herón de Alejandría aproximadamente en el año 50 A.C. Comprendía una caldera alimentando un eje hueco para dirigir el vapor a una rueda catalina, con dos pequeños agujeros de salida de los chorros de vapor en su circunferencia, la primera de 15' (4,6 m) de diámetro, y un segundo modelo de 24' (7,3 m) de diámetro. Para obtener un torque utilizable, el vapor a ser enviado a las toberas debía tener una alta velocidad y un gran volumen, y las pruebas demostraron que no podía operar con una eficiencia adecuada.

Sud América

Drenando las minas de plata de Perú - En 1811 el drenaje de agua de las ricas minas de plata de Cerro de Pasco, en Perú, a una altitud de 14.000' (4267 m) planteó serios problemas para su encargado, Francisco Uville.

Los motores de baja presión de Boulton & Watt desarrollaban tan poca potencia que no resultaban útiles a esa altura, y no podían ser desmantelados en piezas lo suficientemente pequeñas como para transportarse a lomo de mula. Uville fue enviado a Inglaterra para investigar acerca del uso de la máquina de vapor de alta presión de Trevithick. Compró una por 20 guineas, la transportó de regreso y descubrió que trabajaba satisfactoriamente.

En 1813 Uville se embarcó nuevamente hacia Inglaterra, pero debió interrumpir el viaje en Jamaica, por haber caído enfermo. Cuando se recuperó, abordó el buque Fox, con destino a Falmouth, coincidiendo en el mismo viaje un primo de Trevithick. La casa de este último se encontraba a pocos kilómetros de Falmouth, de modo que a Uville le fue posible encontrarlo y hablarle del proyecto.

Trevithick viaja hacia Sud América - El 20 de octubre de 1816 Trevithick dejó Penzance en un buque ballenero, acompañado por el abogado Page y un constructor de calderas, con rumbo a Perú. Fue recibido inicialmente con honores por Uville, pero las relaciones se deterioraron y Trevithick se alejó a disgusto y con acusaciones directas. Viajó por todo Perú, actuando como consultor en métodos mineros. El gobierno le concedió algunos derechos mineros, y él encontró áreas mineras, pero no contó con el capital necesario para explotarlas, con la excepción de una mina de cobre y plata en Caxatambo.

Luego de servir un tiempo en el ejército de Simón Bolívar, retornó a Caxatambo, pero a causa de la inestabilidad de la región y la presencia del ejército español, fue forzado a dejar la zona, abandonando £5.000 en mineral listo para ser despachado. Uville falleció en 1818, y Trevithick pronto regresó a Cerro de Pasco para continuar el trabajo en las minas. Sin embargo las guerras de independencia le negaron varios objetivos. Mientras tanto, en Inglaterra, era acusado de negligencia en el cuidado de su esposa Jane y su familia en Cornwall

Cruce a pie del istmo de Nicaragua - Luego de abandonar Cerro de Pasco, atravesó Ecuador en camino hacia Bogotá, Colombia. El grupo estaba formado por Trevithick, Gerard, dos jóvenes en camino al colegio en Highgate y siete nativos, tres de los cuales regresaron luego de guiarlos durante la primera parte del viaje. El viaje fue peligroso: uno de los integrantes se ahogó en un torrente, y Trevithick casi muere en por lo menos dos ocasiones. En la primera fue salvado de ahogarse por Gerard, y en la segunda estuvo cerca de ser devorado por un caimán, siguiendo una pelea con un hombre de la zona, a quién supuestamente había ofendido. En Cartagena Trevithick se encontró con Robert Stephenson, quien estaba volviendo a su casa desde Colombia.

Habían pasado muchos años desde su último encuentro, cuando Robert era aún un niño. Stephenson le dio £50 para que pagara su pasaje de vuelta. Arribó a Falmouth en octubre de 1827, sin más pertenencias que lo puesto.

Retorno de Trevithick a Inglaterra

Últimos proyectos - Tomando ejemplo de anteriores inventores, que habían tenido un moderado éxito con similares emprendimientos, Trevithick petitionó una pensión al Parlamento, pero sin resultado.

En 1829 construyó una máquina de vapor de ciclo cerrado, seguida por una caldera de tubos vertical. En 1830 inventó una forma temprana de acumulador de calor para uso doméstico. Estaba compuesto por una pequeña caldera tubular con un tubo de salida desmontable que podía ser calentada fuera o dentro de la casa, con el tubo de salida conectado a una chimenea. Una vez calentada podía ser llevada dónde se requiriera, y su suministro de calor ser alterado mediante puertas ajustables.

Para conmemorar la aprobación de la Reforma de 1832 diseñó una masiva columna cónica de 1000' (300 m) de altura, 100' (30 m) de diámetro en la base, y 12' (3,6 m) de diámetro en su parte superior, donde sería montada la estatua de un caballo. Estaría compuesta por 1500 piezas de 10' (3 m) de hierro fundido y pesaría 6.000 ton. Hubo un interés substancial en el público, pero no fue nunca construida.

Proyecto Final de Trevithick - En ese mismo tiempo fue invitado a participar en el trabajo de diseño de una máquina para un nuevo buque en Dartford por John Hall, fundador de J. & E. Hall Limited. El trabajo comprendía una turbina de reacción por la que Trevithick cobró £1.200. Se alojó en el hotel The Bull, en la calle High Street, Dartford, Kent.

Muerte - Luego de haber estado trabajando en Dartford durante aproximadamente un año, Trevithick cayó enfermo de neumonía y debió guardar cama en el hotel The Bull, donde se alojaba. Luego de una semana en cama, falleció en la mañana del 22 de abril de 1833. No tenía bienes, ni fue visitado por parientes ni amigos durante su enfermedad.

Sus colegas del taller de Hall hicieron una colecta para los gastos de su funeral y actuaron como garantía. También pagaron a un sereno para proteger su tumba, ya que en esa época era común el robo de cadáveres.

Trevithick fue enterrado en una tumba sin identificar, en el cementerio de St.Edmund, East Hill, Dartford. El cementerio fue cerrado en 1857, y las lápidas removidas en 1960. Una placa marca el lugar aproximado donde debió estar su tumba.

Conclusión - El Profesor Charles Inglis hablando en 1933, en una conferencia en el Instituto de Ingenieros Civiles, para conmemorar el centenario de la muerte de Trevithick, decía:

“En el breve periodo entre 1799 y 1808 cambió totalmente el concepto de la máquina de vapor, de un enorme gigante de limitadas habilidades lo hizo evolucionar a un motor primario de aplicación universal.”

Uno de sus cuatro hijos, Francis, llegó a ser Superintendente de Locomotoras de la división Norte del ferrocarril London and North Western.



Fig. 18 – Estatua de Trevithick en Camborne

Memoriales - Hoy, para conmemorar sus logros, una estatua mostrando a Richard Trevithick sosteniendo uno de sus modelos a escala, se yergue a la entrada de la biblioteca pública de Camborne.

El 17 de marzo de 2007, el Concejo Municipal de Dartford invitó al presidente de la Trevithick Society, Phil Hosken, a descubrir una Placa Azul en el hotel Royal Victory and Bull (anteriormente The Bull), marcando los últimos años de Trevithick en Dartford y el lugar de su muerte en 1833. La Placa Azul está colocada en un lugar prominente de la fachada del hotel y es claramente visible para los visitantes de la ciudad.

El departamento de Ciencias Físicas y de Computación de la Universidad de ingeniería de Cardiff está ubicado en el edificio Trevithick, que también alberga la biblioteca Trevithick, en memoria de Richard Trevithick.



Fig. 19 – Pintura de Matthew Murray y su locomotora Salamanca

Matthew Murray (1765 – 20 de febrero de 1826) - Fue un constructor de máquinas a vapor y máquinas herramienta, quien diseñó y construyó la primer locomotora a vapor comercialmente viable, de dos cilindros: “*The Salamanca*”, en 1812. Fue un diseñador de avanzada en muchos campos, incluyendo máquinas a vapor, máquinas herramienta y máquinas para la industria textil.

Primeros años - Poco se conoce de los primeros años de Matthew Murray. Nació en Newcastle-upon-Tyne en 1765. Dejó la escuela a los 14 años, y fue aprendiz de herrero. En 1785, cuando finalizó su aprendizaje, se casó con Mary Thompson (1764 – 1836), de Whickham, Condado de Dirham.

Al año siguiente se mudaron a Stockton y comenzó a trabajar como oficial mecánico en la hilandería de John Kendrew en Darlington, donde habían sido inventadas las máquinas hiladoras de lino. Su esposa Mary le dio tres hijas y un hijo, llamado también Matthew.

Leeds - En 1789, a causa de una falta de venta de tejidos de lino de Darlington, Murray y su familia se mudaron a Leeds para trabajar para John Marshall, un prominente industrial en el ramo de tejedurías. Murray mantenía la maquinaria para la planta de Marshall ubicada en Adel, e hizo mejoras que agradaron a su empleador. Parece ser que en esta época Murray había llegado a ser Ingeniero Jefe de la planta, y cuando Marshall decidió levantar una nueva planta en Holbeck, en 1791, Murray estuvo a cargo de la instalación. Esta instalación incluyó nuevas máquinas hiladoras de su propio diseño, que Murray patentó en 1790. En 1793 Murray obtuvo una segunda patente sobre un diseño para “Instrumentos y Máquinas para Hilar Materiales Fibrosos”.

Su patente incluyó una máquina cardadora y una máquina hiladora que introdujo la nueva técnica de “hilado húmedo” del lino, que revolucionó el comercio de hilados.

Fenton, Murray y Wood - La industria en el área de Lees se desarrollaba rápidamente, y se hizo evidente que se abrían oportunidades para una empresa de ingeniería y construcción de plantas. Por lo tanto, en 1795, Murray se asoció con David Wood (1761-1820) y fundaron una fábrica en Mill Green, Holbeck. Había varias industrias en la vecindad y la nueva empresa comenzó a suministrarles maquinarias.

El éxito fue tal que en 1797 se mudaron a un predio más grande en Water Lane, Holbeck. La firma incorporó dos nuevos socios: James Fenton, ex-socio de Marshall, y William Lister, un molinero de Bramley, Leeds.

La firma fue conocida como Fenton, Murray & Wood. Murray fue el innovador técnico a cargo de obtener nuevos pedidos, Wood estaba a cargo del movimiento día a día del taller y Fenton era el contador.

Manufactura de máquinas a vapor - Si bien la firma abastecía a la industria textil, Murray comenzó a considerar como podía mejorarse el diseño de las máquinas a vapor. Buscaba hacerlas más simples, livianas y compactas. También buscaba que la máquina a vapor fuera una unidad que pudiera ser fácilmente montada in situ con una precisión predeterminada.

Muchas máquinas existentes sufrían con montajes incorrectos, que requerían ingentes esfuerzos para ser corregidos. Un problema que enfrentó Murray fue que James Pickard ya había patentado la manivela y el volante como método para convertir el movimiento lineal en circular. Murray ingeniosamente evitó esta dificultad introduciendo un engranaje hipocicloidal. Consistía en un gran aro fijo con dentado interior. Dentro de este aro, una rueda dentada con diámetro igual a la mitad del exterior, podía rodar empujada por la biela del pistón de la máquina, que estaba sujeto al aro exterior. A medida que el pistón se movía hacia delante y atrás en forma rectilínea, su movimiento lineal se convertía en circular de la rueda dentada. Los cojinetes de esta rueda dentada estaban unidos a la manivela en el eje del volante. Con el uso del engranaje hipocicloidal le fue posible construir máquinas más compactas y livianas que las anteriores. De todas formas, Murray dejó de utilizar estas máquinas ni bien expiró la patente de Pickard.

En 1799 William Murdoch, que trabajaba para la firma de Boulton y Watt, inventó un nuevo tipo de válvula de vapor, llamado válvula de corredera plana. Esta, en efecto, se deslizaba hacia delante y atrás admitiendo vapor a un lado u otro del cilindro. Matthew Murray mejoró el trabajo de esta válvula accionándola mediante una excéntrica fijada al eje de rotación de la máquina.

Murray también patentó una trampa automática que controlaba el tiro en horno, dependiendo de la presión de la caldera, y diseñó un cargador mecánico que introducía automáticamente el combustible en el hogar.

Murray fue también el primero en adoptar la posición horizontal de los cilindros en las máquinas a vapor. Esperaba obtener muy altos estándares de mano de obra de sus empleados, y el resultado era que la firma producía maquinaria de muy alta precisión.

Diseñó una máquina especial para planear las caras de las válvulas planas. Se dice que esta máquina estaba colocada en una habitación cerrada a la que podían ingresar sólo ciertos empleados.

La Fundición Circular - Como resultado de la alta calidad de sus máquinas a vapor, las ventas se incrementaron significativamente y se requirió una nueva planta de montaje. Murray mismo la diseñó, y el resultado fue un edificio circular de tres pisos, conocido como la Fundición Circular. Contenía montada en su centro una máquina a vapor que accionaba todas las máquinas de la planta. Murray también construyó una vivienda para su uso personal, adyacente al taller. En su diseño también fue pionero, ya que cada habitación estaba calefaccionada por tubos de vapor, por lo que fue conocida localmente como la Casa a Vapor.

Hostilidad de Boulton y Watt - El suceso que habían obtenido Fenton, Murray & Wood a causa de la alta calidad de su manufactura atrajo la hostilidad de sus competidores Boulton & Watt.

Historia

Esta última firma envió a sus empleados William Murdoch y Abraham Storey a visitar a Murray, aparentemente en una visita de cortesía, pero en realidad para espiar sus métodos de producción. Murray, inocentemente, les dio la bienvenida y les mostró toda la planta. A su vuelta informaron a sus empleadores que los trabajos de fundición y forja de Murray eran muy superiores a los propios, y se hicieron esfuerzos para adoptar muchos de los métodos de producción de Murray. Hubo también un intento de la empresa Boulton & Watt de obtener información a través de un empleado de Fenton, Murray & Wood, mediante sobornos. Finalmente, James Watt hijo compró los terrenos adyacentes en un intento de impedir la expansión de la firma.

Boulton & Watt impugnaron con éxito dos de las patentes de Murray. La primera, de 1801, por mejoras en bombas de aire y otras innovaciones, y otra de 1802, por una máquina a vapor compacta con un nuevo tipo de válvula corredera, fueron impugnadas e invalidadas.

En ambos casos, Murray había cometido el error de incluir varias mejoras en una misma patente, lo que significó que si una sola de esas mejoras había infringido derechos, toda la patente resultaba invalidada.

A pesar de las maniobras de Boulton & Watt, la empresa de Fenton, Murray & Wood se convirtió en un serio rival, atrayendo innumerables pedidos.

Nota personal: he leído en una revista inglesa de mecánica (*Model Engineer*), que, refiriéndose a la calidad del trabajo de Murray, un artículo de la época mencionaba que el trabajo de esta firma era tan preciso que la luz entre el cilindro y el pistón no era, en ningún punto en todo su alrededor, tal que permitiera introducir una moneda de un penique.

El Ferrocarril de Middleton - En 1812 la firma suministró a John Blenkinsop, gerente de la mina Brandling, en Middleton, cerca de Leeds, la primera locomotora a vapor de dos cilindros, *Salamanca*. Fue la primera locomotora a vapor exitosa comercialmente. Murray pagó a Trevithick la licencia por utilizar su diseño, pero lo mejoró sustancialmente, utilizando dos cilindros en lugar de uno, para darle una marcha más suave. Dado que se creía que las ruedas de hierro no tendrían adhesión suficiente sobre rieles lisos de hierro cuando llevara carga completa, decidió agregar una rueda dentada, accionada por bielas de acoplamiento, que engranaba con una cremallera adosada a los rieles. Este fue el primer ferrocarril a cremallera, y tenía una trocha de 4' 1½" (1257 mm). Blenkinsop patentó la cremallera en 1811, pero posteriormente se encontró que las ruedas de hierro sobre rieles lisos generaban la suficiente fricción sin necesidad de su utilización.

Salamanca fue tan exitosa que Murray fabricó tres ejemplares más, uno de los cuales fue utilizado en Tyneside. Allí fue vista por George Stephenson, quien construyó su propia locomotora, *Blücher*, sobre ella, pero sin rueda dentada ni la cremallera.

Motores Marinos - En 1811 la firma construyó una máquina a vapor de alta presión, siguiendo los lineamientos de Trevithick, para John Wright, un cuáquero de Yarmouth. Esta máquina fue colocada en el buque de paletas *l'Actif*, con base en Yarmouth. Este buque había sido corsario, capturado y comprado al gobierno. Se le habían adosado ruedas de paletas movidas por el nuevo motor.

El buque había sido rebautizado como *Experiment* y el motor resultó exitoso, por lo que luego fue transferido a otro buque, *The Courier*.

En 1816 Francis B. Odgen, cónsul de los Estados Unidos en Liverpool, recibió dos grandes motores marinos de dos cilindros de la fábrica de Murray.

Odgen luego los patentó como diseño propio en América. Allí fueron copiados ampliamente y usados en los vapores de ruedas del río Mississippi.

Mejoras Textiles - Murray fue autor de importantes innovaciones en la maquinaria para la preparación y el hilado del lino. Esta preparación del lino para su hilado, consistía en la separación y alineado de las fibras. La máquina para la preparación del lino de Murray ganó la medalla de oro de Real Sociedad de Artes en 1809.

En ese tiempo, cuando fueron hechas esas mejoras, el comercio del lino estaba a punto de desaparecer, dado que las hiladoras no eran capaces de producir hilados a precios competitivos. El efecto de estas invenciones fue reducir los costos de producción y mejorar la calidad de su manufactura, estableciendo por lo tanto un comercio británico de telas con una sólida base. La producción de máquinas para el proceso del lino se convirtió en una importante actividad de manufactura en Leeds, donde se construyeron grandes cantidades de equipos, tanto para uso local como para exportación, dando empleo a un número cada vez mayor de mecánicos altamente capacitados.

Prensas hidráulicas - En 1814 Murray patentó una prensa hidráulica para el embalado de telas, en la que las placas superior e inferior se aproximaban una a otra simultáneamente. Perfeccionó la prensa hidráulica inventada por Joseph Bramah, y en 1825 diseñó una enorme prensa para ensayar cadenas y cables.

Esta prensa, construida para el Almirantazgo, medía 34' (10,35 m) de longitud, y podía ejercer una fuerza de 1000 ton. La prensa se completó justo antes del fallecimiento de Murray

Muerte - Matthew Murray murió el 20 de febrero de 1826, a la edad de 60 años. Fue sepultado en el cementerio adjunto a la iglesia de St. Matthew, en Holbeck. Su tumba estaba señalada por un obelisco de fundición de hierro fabricado en la Fundición Circular. Varios famosos ingenieros fueron entrenados por Murray, incluyendo a Benjamin Hick, Charles Todd y David Joy.

Es un testamento al buen diseño y a la excelente construcción de sus máquinas a vapor, el hecho de que varias de ellas funcionaran durante más de ochenta años, e incluso una de ellas, instalada de segunda mano en el taller de reparación de locomotoras de King Cross, lo hiciera durante más de un siglo.

El único hijo varón de Murray se inició como aprendiz en la Fundición Circular, y luego, radicado en Rusia, fundó una empresa de ingeniería en Moscú.



Fig. 20 – George Stephenson

George Stephenson (9 de junio de 1781- 12 de agosto de 1848) - Fue un ingeniero mecánico inglés, que construyó la primera línea pública de ferrocarril del mundo que utilizó locomotoras a vapor, y se lo conoce como el “Padre del Ferrocarril”. Los victorianos lo consideraban como un ejemplo de aplicación diligente y deseos de superación, y el especialista en autoayuda Samuel Smiles alabó particularmente sus logros. La trocha de 4'8½” (1435 mm), llamada a veces la “Trocha de Stephenson” es mundialmente la trocha estándar. George Stephenson nació en Wylam, Northumberland, 9,3 millas (15 km), al oeste de Newcastle upon Tyne. Fue el segundo hijo de Robert y Mabel, ambos analfabetos. Robert era foguista del motor de la bomba de la mina de Wylam, con un sueldo muy bajo, que no alcanzaba para gastos escolares.

A la edad de 17 años, Stephenson ingresó como maquinista en la mina de Water Row Pit, Newburn. En 1801 comenzó a trabajar en la mina Black Callerton, como encargado del ascensor de su pozo.

En 1802 contrajo enlace con Frances (Fanny) Henderson y se mudó a Willington Quay, al este de Newcastle. Allí trabajó como maquinista del ascensor, mientras vivió en una habitación alquilada. Para aumentar sus ingresos, fabricó y remendó zapatos y reparó relojes.

Historia

En 1803 nació su hijo Robert, y en 1804 se mudaron nuevamente a West Moor, cerca de Killingworth, donde siguió como maquinista del ascensor en la mina ubicada allí.

En 1806 su esposa dio a luz una hija, que murió pocos días después, y en poco tiempo Fanny falleció de tuberculosis. George decidió entonces encontrar trabajo en Escocia, y dejó a Robert con una mujer vecina, y marchó a trabajar a Montrose. Luego de pocos meses, volvió, probablemente a causa de que su padre quedó ciego en un accidente en la mina.

George volvió a su casa de West Moor y llevó consigo a su hermana soltera Eleanor, quien se encargó de cuidar a Robert. En 1811 la máquina de la bomba de High Pit, en Killingworth, no estaba trabajando correctamente, y Stephenson se ofreció a repararla.

Lo hizo con tal éxito que fue inmediatamente promovido a encargado del mantenimiento y reparación de todas las máquinas de las minas del área. Pronto se convirtió en un experto en máquinas a vapor.

La Lámpara de Seguridad de las Minas - En 1818, a causa de las frecuentes explosiones en las minas, causadas por las llamas desnudas, Stephenson comenzó a experimentar con una lámpara de seguridad que pudiera encenderse sin causar explosiones. En la misma época, Sir Humphry Davy, el eminente científico, estaba experimentando acerca del mismo problema. A pesar de la falta de conocimientos científicos, Stephenson, mediante prueba y error, ideó una lámpara en la que el aire entraba a través de pequeños agujeros.

Stephenson la probó el mismo, con dos testigos, bajando a la mina de Killingworth y colocándola directamente frente a una fisura de la que salía gas. Esta prueba se realizó un mes antes de que Davy presentara su diseño a la Royal Society. Los dos diseños diferían en que la lámpara de Davy estaba rodeada de una fina malla metálica, mientras que la de Stephenson estaba contenida en un cilindro de vidrio. Por su invención, Davy fue premiado con £2.000, mientras que Stephenson fue acusado de robar la idea de Davy.

Un comité local de investigación exoneró a Stephenson, probó que él había trabajado separadamente y lo premió con £1.000, pero Davy y sus seguidores se negaron a aceptar esto. No podían entender como un hombre sin instrucción, como Stephenson, podía haber llegado a la misma solución que ellos. En 1833 un comité de la Cámara de los Comunes encontró que Stephenson tenía iguales derechos por haber inventado la lámpara de seguridad. Davy murió creyendo que Stephenson había robado su idea. La lámpara de Stephenson fue utilizada exclusivamente en el Noroeste, mientras que la de Davy se extendió en el resto del mundo. La experiencia con Davy le dio a Stephenson, por el resto de su vida, una enorme desconfianza en los expertos científicos teóricos de Londres.

Primeras locomotoras - A Richard Trevithick se le reconoce el mérito de haber construido, en 1804, la primera locomotora. Más tarde, visitó Tyneside y construyó allí una máquina para el dueño de una mina. Varios mecánicos de la zona fueron inspirados por esta, y diseñaron máquinas propias.

Stephenson diseñó su propia locomotora en 1814, una máquina móvil para llevar carbón en las vías de Killingworth, y la denominó *Blücher*, en honor al general prusiano Gebhard Leberecht von Blücher. Esta locomotora podía arrastrar 30 toneladas de carbón subiendo una cuesta a 4 mph (6,4 km/h), y fue la primera locomotora exitosa de adherencia entre sus ruedas con pestaña y los rieles metálicos. En total, Stephenson produjo 16 locomotoras en Killingworth.

El problema con las nuevas máquinas era que no podían circular sobre rieles de madera, ya que eran demasiado pesadas. Sin embargo, los rieles de hierro estaban aún en su infancia, ya que la fundición presentaba excesiva fragilidad. No obstante, junto con William Losh, Stephenson fue capaz de mejorar el diseño de los rieles de fundición de forma tal que no se rompieran fácilmente. De acuerdo con Rolt, también trató de resolver el problema causado por el peso de la locomotora sobre estos primitivos rieles.

Primero experimentó con “suspensión a vapor” (un intento de suavizar el peso utilizando vapor), pero pronto siguió la nueva práctica de distribuir el peso utilizando un mayor número de ruedas.

A medida que su éxito crecía, Stephenson fue contratado en 1813 para construir un ferrocarril desde la mina de Hetton hasta Sunderland, 8 millas (13 km).

El resultado final fue una combinación de gravedad en las bajadas y locomotoras en los tramos a nivel y subidas. Fue el primer ferrocarril en no utilizar nunca tracción a sangre.



Fig. 21 – George Stephenson

El Ferrocarril de Stockton a Darlington - En 1821 se aprobó una ley que permitía la construcción del Stockton & Darlington Railway (S&DR). Las 25 millas (40 km) de ferrocarril tenían por objeto conectar varias minas situadas cerca de Bishop Auckland, sobre el río Tees, en Stockton, pasando en su camino por Darlington. Los planes originales eran utilizar caballos para tirar vagonetas de carbón sobre rieles metálicos, pero luego de que se reuniera el director de la Compañía Edward Pease con Stephenson, aceptó cambiar de planes. Stephenson replanteó la línea en 1821, asistido por su hijo Robert, de 18 años de edad. La construcción comenzó ese mismo año.

El septiembre de de 1825 el taller de Forth Street, Newcastle, completó su primera locomotora para el nuevo ferrocarril: originalmente denominada *Active*, fue pronto renombrada *Locomotion*. Fue seguida por la *Hope*, la *Diligence* y la *Black Diamond*.

El ferrocarril se inauguró el 27 de septiembre de 1825. Conducida por Stephenson, la *Locomotion* arrastró 80 toneladas de carbón y caliza 9 millas (15 km) en dos horas, llegando a una velocidad de 24 mph (39 km/h) en un tramo.

El primer coche de pasajeros construido, denominado *Experimente*, fue enganchado, y llevó dignatarios en la jornada inaugural, en la primera vez que se transportaron pasajeros con una locomotora a vapor.

Los rieles utilizados para la nueva línea eran de hierro forjado, podían ser producidos en longitudes mucho mayores que los de fundición, y eran mucho menos propensos a la rotura bajo el peso de las locomotoras.

William Losh de Walter Ironworks había creído que el arreglo que había hecho con Stephenson incluía el uso de rieles de fundición, y la decisión en contrario de Stephenson causó un deterioro permanente en su relación. La trocha que Stephenson adoptó para la línea fue de 4'8½" (1.435 mm), y fue subsecuentemente adoptada como trocha estándar de los ferrocarriles, no sólo en Inglaterra, sino a nivel mundial. Robert Stephenson había probado una locomotora a vapor en la línea de carga entre Kilmarnock y Troon, en 1815, 9 años antes de la apertura del ferrocarril de Stockton a Darlington, pero sin éxito.

El Ferrocarril de Liverpool a Manchester - Mientras construía el ferrocarril de Stockton a Darlington, Stephenson había notado que rampas pequeñas reducían mucho la velocidad de las locomotoras (y que ligeras bajadas hacían inútiles los primitivos frenos). Llegó a la conclusión de que los ferrocarriles debían estar a nivel tanto como fuera posible. Stephenson utilizó estos conocimientos mientras trabajaba en el Bolton & Leigh Railway, y en el Liverpool & Manchester Railway, ejecutando una serie de difíciles terraplenes, trincheras y viaductos de piedra para suavizar las pendientes del recorrido. Defectos en el replanteo de la ruta original del L&MR causadas por la hostilidad de algunos terratenientes afectados significaron para Stephenson malos momentos en la votación de la ley original en el Parlamento, especialmente bajo el examen de Edward Hall Alderson.

La ley fue rechazada. Una versión revisada con una nueva alineación fue presentada y aprobada poco después. La nueva alineación presentaba un considerable problema: el cruce de Chat Moss, un turbera aparentemente sin fondo, que Stephenson atravesó por un medio inusual, una línea flotante a través de él.

Historia

A medida que se aproximaba la terminación del L&MR, en 1829, sus directores dispusieron una competencia para decidir quién fabricaría sus locomotoras, y las Pruebas de Rainhill se llevaron a cabo en octubre de ese año. Las concursantes no debían pesar más de 6 toneladas y debían recorrer en ambos sentidos una distancia total de 60 millas (97 km).

Stephenson presentó la *Rocket*, y su impresionante performance para ganar el prueba la convirtió en posiblemente la locomotora más famosa del mundo. Robert, el hijo de George, había estado trabajando en Sud América desde 1824 hasta 1827, y había retornado para manejar los talleres de Forth Street mientras George vivía en Liverpool y supervisaba la construcción de la nueva línea. Robert fue en gran medida el responsable del diseño de detalle de la *Rocket*, si bien tuvo una comunicación postal constante con George, quien hizo muchas sugerencias al diseño. Una innovación significativa fue la utilización de una caldera humotubular, inventada por el ingeniero francés Marc Seguin, que mejoraba la transmisión del calor. Esto fue sugerido por Henry Booth, tesorero del L&MR. Stephenson se convirtió en un hombre famoso, y le fue ofrecida la posición de Ingeniero Jefe en una cantidad de otros ferrocarriles.



Fig. 22 - El puente de Stephenson



Fig. 23 - Vista de la técnica empleada

El puente sesgado de Stephenson - 1830 también vio la gran apertura del puente sesgado en Rainhill. Ese puente fue el primero en cruzar un ferrocarril en ángulo. Requirió que su estructura fuera construida como dos planos (solapados en este caso 6' (1,829 m) entre los cuales la piedra está cortada en ángulo para formar un paralelogramo cuando es vista en planta.

Esto tiene el efecto de aplanar el arco y la solución es colocar los ladrillos que forman el arco en ángulo con los estribos (los pilares sobre los que descansan). Esta técnica, que resulta en un efecto espiral en la mampostería del arco, lo provee de una resistencia adicional que compensa el alineamiento angular de los estribos. Este puente todavía soporta tránsito (A-57 – Warrington Road), y es monumento nacional.

Carrera posterior - Los siguientes diez años fueron los más ocupados de la vida de Stephenson, asediado con múltiples ofertas de promotores del ferrocarril. Sin embargo, no hizo todas las cosas por sus propios medios. Otros hombres talentosos comenzaron a establecer sus propios criterios, tales como su hijo Robert, su pupilo Joseph Locke y finalmente Isambard Kingdom Brunel. Sus conservadores puntos de vista sobre la capacidad de las locomotoras significó que tendiera a favorecer rutas tortuosas e ingeniería civil más costosas de lo que sus sucesores consideraban necesario.

Por ejemplo, en lugar de la Línea Principal de la Costa Oeste tomando la ruta directa, propuesta por Joseph Locke, por Sharp entre Lancaster y Carlisle, Stephenson estaba a favor de una ruta más larga, a nivel del mar, vía Ulverston y Whitehaven. Se construyó la propuesta por Locke. Stephenson también tendía a despreocuparse de la estimación de costos y del papeleo en general. Trabajó junto con Locke en el Grand Junction Railway, con una mitad de la ruta asignada a cada uno.

Las estimaciones de Stephenson resultaron ser inferiores a las de Locke, y la impaciencia de los directores llevó a la renuncia de Stephenson. Esto causó una enemistad entre Stephenson y Locke, que no fue nunca resuelta.

A pesar del hecho de perder algunas rutas en manos de sus competidores, a causa de sus cautelosas ideas, siguió teniendo más ofertas que las que podía afrontar. No era capaz de rechazar ofertas, por más trabajo que tuviera.

Trabajó en la línea del North Midland, desde Derby hasta Leeds, y desde Normanton hasta York, en el Manchester and Leeds, en el Birmingham and Derby, en el Sheffield and Rotherham entre otros muchos.

Stephenson trataba de convertirse en un nombre tranquilizador, más que en un filoso simple asesor técnico. Fue el primer presidente del Instituto de Ingenieros Mecánicos, cuando su formación en 1847. En esa época ya estaba semiretirado, supervisando sus intereses mineros en Derbyshire. En un trabajo de construcción de un túnel para el North Midland Railway se había descubierto una veta de carbón no trabajada, y Stephenson invirtió gran parte de su dinero en su explotación.

Vida Privada - La primera esposa de Stephenson, Fanny, había muerto en 1806, y su hijo Robert fue criado por George y su hermana soltera Eleanor. En 1820 George contrajo enlace con Elizabeth Hindmarsh, la hija de un granjero, con quien George había intentado casarse en su juventud, pero no había sido considerado lo suficientemente bueno para ella. George y Elizabeth no tuvieron hijos, y ella falleció en 1845. En 1848 George se casó por tercera vez, con Ellen Gregory, quien había sido su casera. Seis meses después de su boda, George contrajo pleuresía y falleció, a la edad de 67 años, el 12 de agosto de 1848 en Tapton House, Chesterfield, Derbyshire. Fue sepultado en la iglesia Holy Trinity, Chesterfield, al lado de su segunda esposa.

Descendientes - George Stephenson tuvo dos hijos: Robert y Fanny. Robert nació en 1803, y se casó con Frances Sanderson en 1829. Robert falleció en 1859 sin descendencia. Fanny había nacido en 1805 y falleció pocas semanas después.

Legado - Gran Bretaña lideró al mundo en el desarrollo del ferrocarril, y eso a su vez actuó como estímulo para la revolución industrial, facilitando el transporte de materias primas y productos manufacturados. A George Stephenson no se le puede atribuir la invención de la locomotora, quedando ese mérito para Richard Trevithick. Sin embargo, George Stephenson, con su trabajo en el Stockton & Darlington Railway y el Liverpool & Manchester Railway, preparó el camino para los ingenieros ferroviarios que lo sucedieron, tales como su hijo Robert, su asistente Joseph Locke quien luego trabajó por su cuenta, y el carismático Isambard Kingdom Brunel. Todos ellos, no importa las hazañas que realizaran, siguieron sus pasos. Stephenson también imaginó que las líneas construidas eventualmente se unirían, y necesitarían tener una misma trocha. La trocha estándar usada en todo el mundo se le debe a él.

Memoria de Stephenson - El Museo de Chesterfield, Derbyshire, tiene una sala completa dedicada a la memoria de Stephenson, incluyendo tubos rectos de vidrio rectos, en los que hacía crecer pepinos eliminando su curvatura. El Colegio George Stephenson, fundado en 2001 en el campus de la Universidad de Dirham, en Stockton-on-Tees, lleva su nombre en su homenaje. También llevan su nombre y el de su hijo la Escuela Superior de Killingworth, el Museo Ferroviario Stephenson en North Shields y la Stephenson Locomotive Society.

Como tributo a su vida y su trabajo, una estatua de bronce de Stephenson fue descubierta en la estación ferroviaria de Chesterfield (dominada por Tapton House, donde Stephenson pasó los últimos diez años de su vida) el 28 de octubre de 2005, marcando la finalización de los trabajos de mejora.

En la ocasión, fue exhibida una réplica tamaño natural de la *Rocket*, que pasó dos días a la vista del público en el Chesterfield Market Festival.

Un retrato de Stephenson aparece en los billetes de £5 del Banco de Inglaterra, emitidos entre 1990 y 2003.



Fig. 24 – Robert Stephenson

Robert Stephenson (16 de octubre de 1803 – 12 de octubre de 1869) fue un ingeniero civil inglés, hijo único de George Stephenson, el famoso ingeniero ferroviario y constructor de locomotoras, muchos de cuyos logros que el crédito popular le adjudica al padre, hoy se conoce que fueron esfuerzos conjuntos de padre e hijo.

Primeros años - Nació en 1803, en Willington Quay, al este de Newcastle Upon Tyne, hijo de George y su esposa Fanny. En ese tiempo sus padres vivían en una habitación alquilada, y George trabajaba como maquinista en la máquina estacionaria de la mina.

En 1804 la familia se mudó a una cabaña en West Moor, donde George trabajó como maquinista en la mina de Killingworth.

En 1805 Fanny dio a luz a una niña, que falleció luego de pocas semanas. El año siguiente, la madre de Robert falleció de tuberculosis.

George se fue a trabajar un corto tiempo a Escocia, dejando a su hijo con una señora vecina.

Sin embargo George pronto volvió a West Moor y llevó a vivir con él a su hermana Nelly, quien cuidó la niñez de Robert.

George no había recibido educación formal, y estaba decidido a que su hijo tuviera la educación que él no había tenido. A causa de su gran aptitud para la ingeniería, George fue promovido en 1812 al puesto de artesano de máquinas, un trabajo calificado con responsabilidad sobre el mantenimiento y la reparación de la maquinaria de la mina. Sus ingresos por lo tanto, se incrementaron sustancialmente. Robert fue enviado a la Academia del Dr. Bruce, en Percy Street, Newcastle. Esa era una institución privada y Robert estudiaba a la par de los hijos de las familias pudientes. Sorprendentemente, sus condiscípulos no vieron en él signos destacables de talento. Mientras estaba en la Academia, Robert se convirtió en miembro lector en la cercana Literary and Philosophical Society.

Padre e hijo estudiaban juntos por las noches, mejorando el conocimiento de ciencias tanto en George como en Robert. Construyeron juntos un reloj de sol que colocaron frente a la puerta de su cabaña, que fue conocida como la “Cabaña del Reloj”. Hoy se encuentra preservado.

Diseñador de locomotoras - Luego de su educación en la Academia Bruce, una tarea de aprendiz con Nicholas Word, gerente de la mina Killingworth, y un periodo en la Universidad de Edimburgo, Robert volvió a trabajar con su padre en sus proyectos ferroviarios, siendo el primero el Stockton & Darlington Railway. En 1823, cuando tenía 20 años, fundó, en sociedad con su padre, Michael Longridge y Edward Pease, una empresa de construcción de locomotoras. La firma, Robert Stephenson & Company, estaba situada en South Street, saliendo de Forth Street, en Newcastle. El taller, conocido como Forth Street, fue la primera fábrica de locomotoras del mundo, y allí se construyeron las locomotoras para el Stockton & Darlington Railway. La primeras locomotoras producidas se denominaron *Locomotion*, *Hope*, *Diligence* y *Black Diamond*.

La fábrica de Forth Street continuó construyendo locomotoras hasta mediados del siglo veinte, y el edificio original todavía existe, en Forth Street, Newcastle, como el Centro Robert Stephenson.

George usó la *Locomotion* para la apertura de la línea de Stockton a Darlington, que Robert había ayudado a replantear.

En 1824, un año antes de la apertura de la línea de Stockton a Darlington, Robert viajó a Sudamérica por tres años, a trabajar como ingeniero en las minas de oro de Colombia.

Su decisión parece inusual, y se ha sugerido que fue causada por una discusión con su padre, pero no hay evidencias de eso.

Cuando retornó, en 1827, su padre estaba construyendo el Liverpool & Manchester Railway. George estaba viviendo en Liverpool, dirigiendo el proceso, por lo que Robert retomó su cargo en los talleres de Forth Street y trabajó en el desarrollo de la locomotora que tomaría parte de las próximas pruebas de Rainhill, destinadas a elegir el diseño de locomotora a utilizar en el nuevo ferrocarril. El resultado fue la *Rocket*, que tuvo una caldera multitubular para obtener una presión máxima de vapor a partir de los gases de escape. La *Rocket* compitió exitosamente en las pruebas de Rainhill, que ninguna de sus competidoras pudo completar. El ferrocarril de Liverpool a Manchester se inauguró en 1825 con una procesión de ocho trenes saliendo de Liverpool. George lideró el desfile al mando de la *Northumbrian*, Robert al de la *Phoenix*, y Joseph Locke al de la *Rocket*. Luego de este suceso, la compañía construyó locomotoras para cada nuevo ferrocarril establecido, incluyendo el Leicester & Swannington Railway. Fue necesario ampliar la planta de Forth Street para hacer frente al trabajo creciente.

El 17 de junio de 1829, Robert contrajo enlace con Frances Sanderson, en Londres. La pareja fue a vivir a la casa de 5 Greenfield Place, y Westgate Road, en Newcastle.

Desafortunadamente no estuvieron casados mucho tiempo. En 1842, la esposa de Robert, conocida como Fanny, falleció. No habían tenido hijos, y Robert no volvió a casarse.

En 1825 Robert diseñó la *Planet*, una locomotora mucho más avanzada que la *Rocket*. La empresa de los Stephenson estaba experimentando una dura competencia de otros fabricantes de locomotoras. Hasta ese momento, las locomotoras habían tenido sus cilindros colocados exteriormente a las ruedas, dado que era la disposición más fácil. Se había pensado que colocar los cilindros en el interior de las ruedas era una disposición más eficiente, y eso se hizo con la *Planet*. Sin embargo, también se pensó que habría un mayor riesgo de rotura en el eje cigüeñal, y eso causó alguna fricción entre Robert y su padre. La locomotora, una vez finalizada, demostró tener una mucho mayor potencia que los diseños anteriores. Fue utilizada por el Camden & Amboy Railway en los Estados Unidos.

En 1825 obtuvo el puesto de Ingeniero Jefe del London & Birmingham Railway, primera línea principal en entrar a Londres, y sección inicial de la línea principal de la Costa Oeste. Ese mismo año, Robert y Frances se mudaron a Londres. La nueva línea presentaba una serie de difíciles desafíos de ingeniería civil, el más notable de ellos el Túnel de Kilsby, y fue completada en 1825. Stephenson fue directamente responsable del túnel debajo de Primrose Hill, que requirió ser excavado por pozos.

Las primitivas locomotoras no podían subir la pendiente desde Euston Station hasta Chalk Farm, requiriendo a Stephenson idear un sistema que tirara de ellas mediante cadenas, utilizando una máquina a vapor cerca de The Roundhouse. Esta impresionante estructura permanece hoy en uso, como Centro de Arte. El London & Birmingham Railway se completó con el enorme costo de £5.500.000, comparado con los £900.000 del Liverpool & Manchester Railway.

Constructor de Puentes - Robert construyó una cantidad de famosos puentes que utilizaron las nuevas líneas ferroviarias. En 1825 se completó el ferrocarril de Londres a Escocia, vía Newcastle. Esto requirió dos nuevos puentes para los ríos Tyne y Tweed, y Robert diseñó ambos. El High Level Bridge, en Newcastle upon Tyne, lo diseñó como un puente de dos niveles, soportado por altas columnas de piedra. El tráfico ferroviario se desplazaba sobre el nivel superior, y el carretero sobre el inferior. La Reina Victoria abrió el puente en 1826.

Robert también diseñó el Royal Border Bridge sobre el Tweed, para la misma línea. Era un imponente viaducto de 28 arcos, y fue abierto por la Reina Victoria en 1827. Por fin el ferrocarril corría sin interrupciones entre Londres y Edimburgo.

En ese mismo año fue abierto el puente Britannia Bridge, sobre el Menai Strait, también obra de Robert. Este puente presentaba el novedoso diseño de secciones de tubo en forma de caja, en hierro forjado, que llevaban al ferrocarril en su interior, dado que esta disposición le daba máxima resistencia y flexibilidad.

Historia

El puente del ferrocarril de Conway, entre Llandudno Junction y Conway fue construido en 1848 usando un diseño similar.

Los puentes de Britannia y Conway tuvieron tanto éxito que Robert aplicó este diseño a otros puentes, dos en Egipto, y el largo Victoria Bridge (6.588 pies, 2.008 m) sobre el río San Lorenzo, en Montreal, Canadá. Este último fue construido como un largo tubo formado por 25 secciones.

Otros puentes incluyeron el Arnside Viaduct, en Cumbria, y un puente conjunto ferroviario y carretero de 1850, sobre el río Nene, en Sutton Bridge, Lincolnshire.

Una de las pocas fallas de Stephenson fue el diseño del puente Dee, que colapsó bajo un tren, matando cinco personas. Fue duramente criticado por sus diseños, aún antes del colapso, particularmente por la pobre elección de los materiales, que incluían fundición de hierro. En efecto: el ya había utilizado fundición de hierro en el diseño de puentes, como lo hacía Brunel, pero en este caso, había usado vigas más largas (98 pies, 29.87 m) que las utilizadas previamente y esto puede haber contribuido a la falla. Robert tuvo que declarar en la investigación, y ésta probó que tenía una enorme experiencia. Sus colegas ingenieros tales como Joseph Locke y Brunel no criticaron a Stephenson, a pesar de que ellos raramente utilizaron fundición de hierro.



Fig. 25 – Robert Stephenson

Otros aspectos de su vida - Sirvió como Miembro Conservador del Parlamento por Whitby desde 1847 hasta su muerte. Paradójicamente, dados sus antecedentes, fue un conservador de derecha, hostil al libre comercio, y ansioso de evitar cualquier tipo de cambio. Fue encargado de la efímera Comisión Metropolitana de Cloacas de Londres, en 1848. Fue Presidente del Instituto de Ingenieros Civiles durante dos años, a partir de 1855.

George, el padre de Robert, había fallecido en 1848, a la edad de 67 años. Robert falleció el 12 de octubre de 1859, en su casa de Londres, a la edad de 55 años. Brunel había fallecido un mes antes, el 15 de septiembre de 1859. Robert fue sepultado en la Abadía de Westminster, al lado de Thomas Telford. La Reina Victoria dio una autorización especial para que el cortejo atravesara Hyde Park y se vendieron 3.000 entradas a los concurrentes.

En su apología, fue llamado el más grande ingeniero de su siglo. En su testamento dejó casi £400.000.

Stephenson fue respetado por sus pares en la ingeniería, y tuvo una amistad de por vida con Joseph Locke, ingeniero rival durante sus carreras. Locke fue uno de los portadores del féretro en su funeral. También mantuvo amistad con Isambard Kingdom Brunel, quien lo ayudó en varios proyectos. Uno de los puntos mayores en que no se pusieron de acuerdo, fue la defensa de Brunel hacia el ferrocarril “atmosférico”, trenes sin locomotoras, arrastrados por un pistón que se deslizaba dentro de un cilindro de vacío, montado entre los rieles. El tubo era mantenido con vacío mediante bombas estacionarias a vapor, colocadas a intervalos a lo largo de las vías. Stephenson estaba convencido que la idea no trabajaría, y si bien hizo algunos modelos de prueba, estaba en lo cierto.

El Museo de Ferrocarriles Stephenson en North Shields se denomina así en memoria de George y Robert Stephenson.

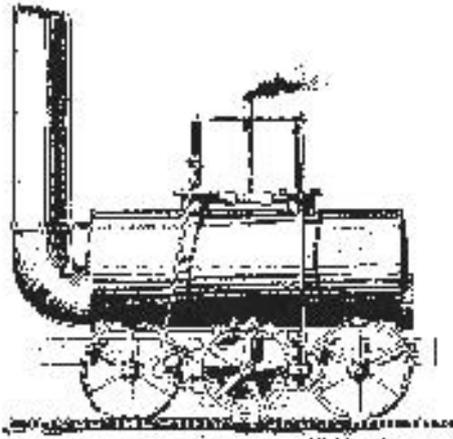


Fig. 26 – Locomotora La Salamanca

5. Primeras Locomotoras - La Salamanca – Fue la primera locomotora exitosa comercialmente, construida en 1812 por Matthew Murray, de Holbeck, para el ferrocarril de Middleton, con rieles angulados, entre Middleton y Leeds.

La Salamanca fue una locomotora de cremallera y piñón, utilizando el sistema de propulsión patentado por John Blenkinsop. Una pequeña cremallera estaba colocada lateralmente a los rieles, y sobre ella engranaba una rueda dentada ubicada sobre el lado izquierdo de la locomotora. Esta rueda dentada era movida por dos cilindros que se introducían en la parte superior de la caldera, que tenía un tubo hervidor central.

La clase se describía como teniendo dos cilindros de 8" (203,2 mm) de diámetro y 20" (508 mm) de carrera, moviendo la rueda a través de manivelas. Las crucetas de los pistones trabajaban sobre guías, en lugar de controlarse por movimientos paralelos como en la mayoría de las locomotoras tempranas. Estas locomotoras estuvieron en servicio durante más de veinte años.

Cuatro locomotoras similares fueron construidas para este ferrocarril. La *Salamanca* fue destruida seis años después, cuando su caldera explotó. De acuerdo con Stephenson, quien lo probó a un comité del Parlamento, el maquinista había sobrecargado la válvula de seguridad.

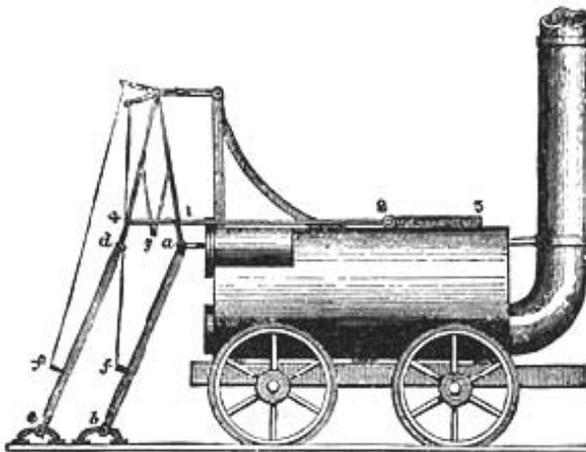


Fig. 27 – Brunton's Traveller

Locomotora Steam Horse (Caballo de Vapor) - Fue construida para la Compañía Butterley in Derbyshire, en 1813, por William Brunton (1777 – 1851). También conocida como el *viajero mecánico (Mechanical Traveler)*, tenía un par de patas mecánicas, con pies que actuaban a modo de mordazas sobre los rieles, en su parte trasera, y que la empujaban hacia delante a una velocidad aproximada de 3 millas por hora (5 km/h).

Diseño - A los modernos lectores puede parecerle un artefacto cómico, pero provee un interesante punto de vista sobre la concepción ferroviaria de entonces.

Las minas estaban servidas, entre ciudades, por un sistema de canales. Desde la boca de las mismas hasta los canales se habían construido vías para vagonetas tiradas por caballos, y las máquinas a vapor no eran otra cosa que una ruidosa y peligrosa novedad. Sin embargo, las guerras napoleónicas desde 1799 hasta 1815 habían significado un fuerte aumento en el precio del forraje. Además, algunos de esos ferrocarriles habían sido construidos en los tramos de mayor pendiente entre canales, como por ejemplo en el canal Charnwood Forest.

Nadie creía que ruedas de hierro sobre rieles lisos tendrían adhesión suficiente, hasta que Stephenson y Hedley probaron lo contrario en 1813, e incluso el primero consideraba que 1 en 100 era el máximo absoluto. Consecuentemente, tales sistemas operados por vapor fueron operados por pesados cables, o por el uso de antieconómicos cremallera y piñón.

Crich - Esto hizo que la idea de Brunton pareciera más razonable, dado que la compañía Butterley tenía una pendiente de 1 en 50 entre su cantera de piedra caliza en Crich y el canal de Cromford, en el muelle de Amber, aproximadamente a 1,25 millas (2,01 km) de distancia.

Brunton obtuvo una patente, número 3700, fechada el 22 de mayo de 1813, por esta locomotora. Su costo total fue £240.

Los registros históricos son escasos, pero parece ser que la *Steam Horse* operó exitosamente durante un periodo desconocido. Tanto que otra locomotora, más grande, parece haber sido construida para la mina Newbottle, en el Condado de Dirham. Esta locomotora costó £540, y puede haber tenido dos cilindros. Durante 1814 y 1815 llevó su carga subiendo una pendiente de 1 en 36, a 3 millas (4,8 km) por hora, pero los dueños de la mina no estaban conformes. El 31 de julio de 1815, durante una demostración, la nueva caldera de hierro forjado explotó, matando 13 espectadores e hiriendo muchos otros, y la idea no prosperó. Este accidente fue el primer desastre ferroviario registrado.

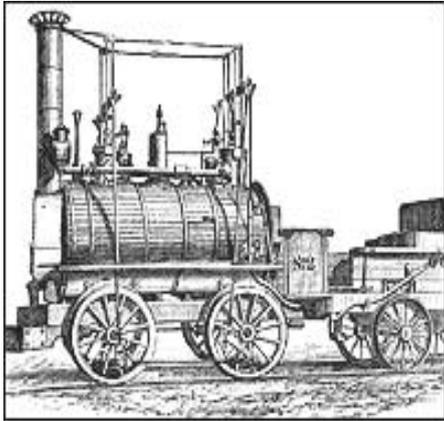


Fig. 28 – Locomotora Blücher

Fue denominada así en honor al general prusiano Gebhard Leberecht von Blücher, quién, luego de una veloz marcha, llegó a tiempo a la batalla de Waterloo y contribuyó a la derrota de Napoleón.

Stephenson no quedó satisfecho con el desempeño de la *Blücher*, pero las lecciones aprendidas de su diseño lo ayudaron a desarrollar el sistema de escape, dirigiendo el vapor a la chimenea, arrastrando el aire e incrementando el tiro. Esto mejoró el desempeño de sus modelos posteriores. La *Blücher* no sobrevivió. Stephenson recicló sus partes en el desarrollo de nuevos modelos.

Locomotora Blücher - Fue una primitiva locomotora construida en 1814 por George Stephenson, para la mina de carbón de Killingworth. Fue la primera locomotora en incorporar exitosamente las siguientes mejoras:

- Ruedas con pestañas, que la guiaban sobre los rieles
- La tracción se obtenía sólo de la fricción entre ruedas y rieles
- Las bielas motrices estaban conectadas directamente a las ruedas

La *Blücher* fue capaz de arrastrar un tren de 30 toneladas a una velocidad de 4 mph.

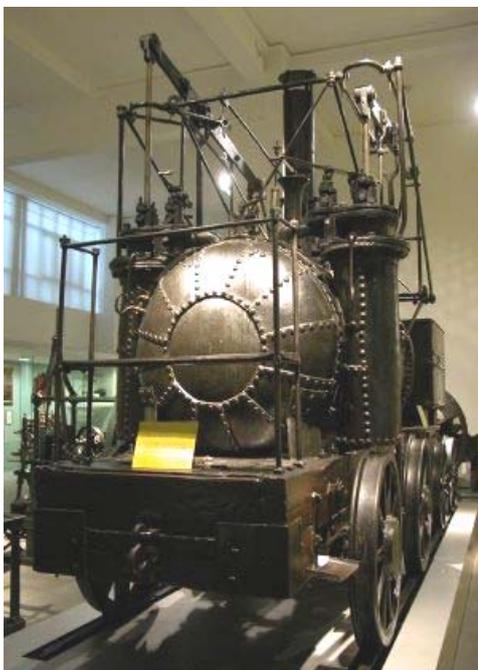


Fig. 29 – Locomotora Puffing Billy

Locomotora Puffing Billy - Fue un modelo temprano de locomotora a vapor, construida en 1813-1814 por el ingeniero William Hedley, el diseñador de máquinas Jonathan Foster y el herrero Timothy Hackworth para Christopher Blackett, dueño de la mina de carbón Wylam, cerca de Newcastle upon Tyne. Es la locomotora sobreviviente más antigua del mundo.

Fue la primera locomotora comercial de adhesión, y se empleó para llevar vagonetas de carbón desde la mina en Wylam hasta los muelles en Lemington-on-Tyne, en Northumberland. Fue la primera de una serie de locomotoras similares construidas por Hedley, quien se desempeñaba como ingeniero residente en la mina de Wylam. Estas locomotoras permanecieron en servicio muchos años y no fueron retiradas hasta fines de 1862.

La locomotora tenía una cantidad de serias limitaciones técnicas. Descansando en ruedas lisas sobre rieles angulados, sus 8 toneladas eran demasiado peso para dichos rieles, y los partía.

Este problema fue aliviado rediseñando la locomotora con ocho ruedas, de forma tal de repartir su peso más uniformemente. Luego fue reconstruida con cuatro ruedas cuando se mejoraron los rieles hacia 1831. No era particularmente rápida, siendo capaz de no más de 3 a 5 mph (5 a 8 km/h).

En 1862 Edward Blackett, dueño de la mina Wylam, envió la *Puffing Billy* al Museo de la Oficina de Patentes en South Kensington, Londres, hoy Museo de Ciencias, y luego la vendió al museo por £200. En la actualidad está exhibida allí.

Puffing Billy tuvo una importante influencia en George Stephenson, quien vivía en la zona, y su éxito fue un factor decisivo en la promoción del uso de locomotoras a vapor en muchas otras minas en el noreste de Inglaterra. También entró en el lenguaje popular como una metáfora de un viajero enérgico, ya que fueron comunes frases como “puffing like Billy-o” (resoplando como Billy) o “running like Billy-o” (corriendo como Billy).

Una réplica fue construida y su primera corrida fue en 2006, en el Museo Beamish.

Su locomotora gemela Wylam Dilly se encuentra preservada en el Museo Real de Edimburgo.



Fig. 30 – Locomotora Steam Elephant

Locomotora Steam Elephant - Historiografía

- Una ilustración de esta locomotora llamó la atención moderna en 1931, y se asumió entonces que era obra de George Stephenson. Interpretaciones más recientes basadas en investigaciones llevadas a cabo por el Museo Beamish para la construcción de una réplica funcional, basadas mayormente en pinturas contemporáneas (una de ellas es el primer óleo conocido de una locomotora a vapor), y en otros materiales del archivo del museo. La asociación del nombre *Steam Elephant* con esta locomotora proviene de estas pinturas.

Descripción e interpretación - Fue una locomotora de 3 ejes, de trocha aproximadamente internacional, con una caldera con un único tubo hervidor (Cornish), de dos cilindros verticales de aproximadamente 9' (229 mm) de diámetro y 24' (610 mm) de carrera, colocados en la línea central superior. Los cilindros actuaban sobre vigas montadas sobre barras deslizantes, las que a su vez movían cigüeñales debajo del bastidor, los que a su vez transmitían el movimiento a las ruedas mediante una reducción de 2:1. Tenía una alta chimenea cónica, rodeada en su parte inferior por un calentador de agua de alimentación. Debía haber pesado 7,5 toneladas y tenido una velocidad tope de 4,5 mph (7 km/h), y una capacidad de carga de aproximadamente 90 toneladas sobre cortos recorridos.

Actualmente se considera que fue diseñada por John Buddle y William Chapman para la mina de Wallsend, sobre la margen derecha del río Tyne, en 1815, usando componentes metálicos suministrados por Hawks, de Gateshead.

Se cree que originalmente no tuvo éxito en Wallsend, probablemente por falta de adhesión sobre los rieles de madera en uso, ni en las pruebas en Washington.

Luego de la introducción de rieles de hierro en Wallsend, tuvo una vida útil mayor que muchas de sus contemporáneas, hasta al menos mediados de la década de 1820.

Existen evidencias de que fue reconstruida para ser usada en las minas de Hetton, trabajando allí durante otra década.

Réplica - Steam Elephant fue recreada por el Museo Beamish para trabajar con pasajeros sobre trocha internacional en lo que se llamó *Pockerley Waggonway*, en 2002, siendo montada por Alan Keef.

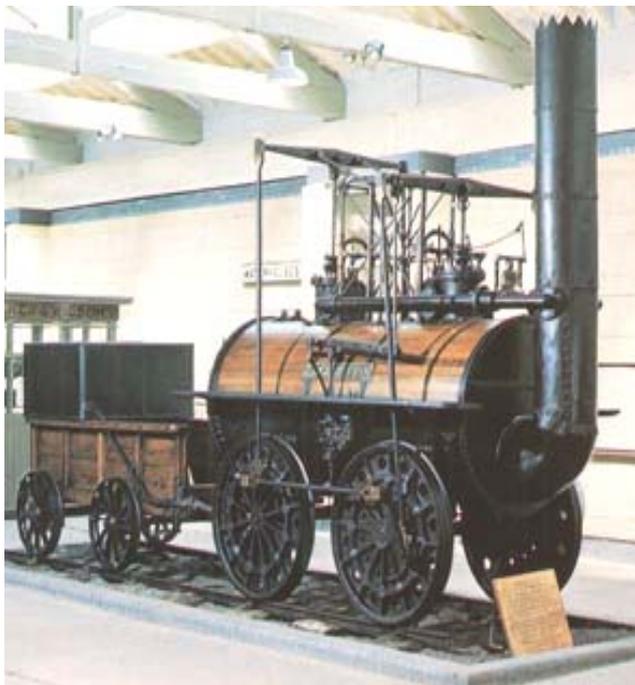


Fig. 31 – Locomotora Locomotion N° 1 - Foto cortesía del Centro y Museo del Ferrocarril de Darlington

Desde 1892 hasta 1975 fue exhibida en una plataforma de la estación principal de Darlington, Bank Top. Actualmente está en exhibición en el Centro y Museo Ferroviario de Darlington, ubicado en el mismo edificio que la estación North Road de Darlington, con un contrato de préstamo a largo plazo del Museo Nacional de Ferrocarriles. Existe una réplica de esta locomotora en Museo Beamish.

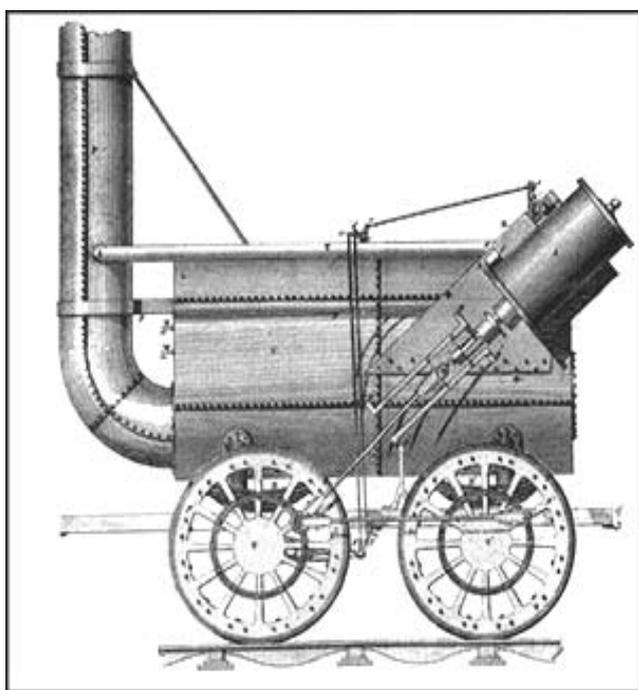


Fig. 32 – Locomotora Lancashire Witch

Esta locomotora aparece en dos estampillas emitidas por Funafuti-Tuvalu el 24 de diciembre de 1984.

Locomotion N° 1 - Fue una primitiva locomotora a vapor inglesa, construida por la compañía de George y Robert Stephenson en 1825. Llevó el primer tren del ferrocarril Stockton & Darlington, el 27 de septiembre de 1825. En líneas generales era una máquina a vapor de cilindros verticales montada sobre ruedas. Fue una de las primeras en utilizar bielas de acoplamiento en lugar de engranajes para mover sus cuatro ruedas (0-4-0).

En 1828 su caldera explotó, matando al maquinista. Con los avances en el diseño incorporados en la locomotora Rocket, la Locomotion se convirtió rápidamente en obsoleta.

Fue reconstruida y permaneció en servicio hasta 1841, cuando fue destinada a máquina estacionaria. La *Locomotion N° 1* fue preservada en 1857 y exhibida en el taller de Alfred Kitching, cerca del taller de Hopetown Carriage, desde 1857 hasta 1880.

Locomotora Lancashire Witch (Bruja de Lancashire) - Fue una locomotora a vapor temprana, construida por Robert Stephenson & Co. en Newcastle-upon-Tyne en 1828. Fue un desarrollo de la *Locomotion*

Descripción - Era una locomotora tipo 0-4-0, con cilindros traseros inclinados a 45° actuando sobre las ruedas delanteras. El movimiento se transmitía a las ruedas traseras mediante bielas de acoplamiento. La caldera tenía dos tubos hervidores y la locomotora quemaba coque, ayudada por fuelles en el tender. Fue la primera locomotora que contó con elásticos de acero, y fue la primera construida por Robert Stephenson & Co.

Historia - Construida en Newcastle-upon-Tyne en 1828, *Lancashire Witch* fue utilizada en el Ferrocarril Bolton & Leigh, abierto en junio de 1828, y también el Ferrocarril Liverpool & Manchester.

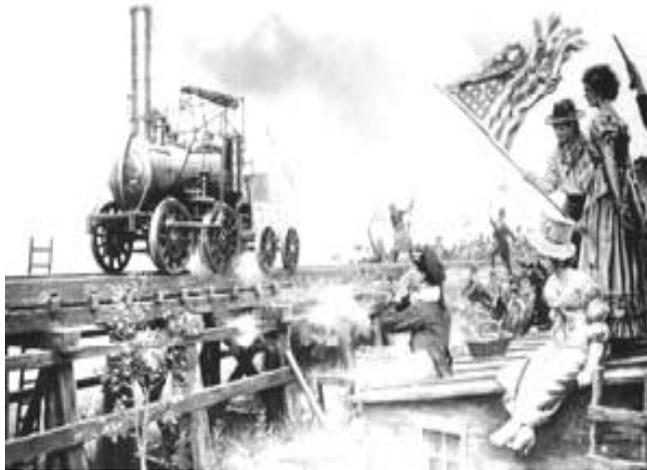


Fig. 33 – Locomotora Stourbridge Lion

6. Otras locomotoras primitivas - *Stourbridge Lion (León de Stourbridge)* - Fue una locomotora a vapor, no sólo la primera en operar en Estados Unidos de Norteamérica, sino en una de las primeras en operar fuera de Inglaterra, donde fue construida en 1828.

Esta locomotora llevó el nombre de *Lion* por el dibujo de una cabeza de león pintada el su frente por su constructor. El agregado de *Stourbridge* lo llevó por la ciudad de *Stourbridge* donde fue construida.

Historia - Uno de los primeros ferrocarriles de los Estados Unidos, la Compañía del Canal Delaware & Hudson (D&H), fue originalmente designada en 1823 para construir y operar canales entre Nueva York y los yacimientos de carbón de Carbondale, Pensilvania.

Si bien la línea fue originalmente planeada como un canal en todo su recorrido, sus ingenieros comenzaron a pensar en transporte por rieles ya en 1825: el plan original fue modificado para construir un ferrocarril entre las minas y el extremo occidental del canal como una forma de llevar el carbón a las barcazas.

John B. Jervis, quien luego se convirtió en el diseñador de locomotoras 4-2-0 (tipo Jervis), fue promovido a Ingeniero Jefe de D&H en 1827. Jervis planificó una serie de rampas conectadas por ferrocarriles a nivel, pero sin conexión entre ellos. Los directores de la empresa acordaron el plan de Jervis, y autorizaron su construcción, si bien con algunos titubeos, causados por la utilización de una tecnología ferroviaria aún no probada.

En 1828, un colega de Jervis, Horatio Allen, viajó a Inglaterra con la misión de investigar acerca de ferrocarriles. A través de Allen, Jervis envió especificaciones para locomotoras que podrían ser utilizadas en el ferrocarril D&H. Allen escribió a fines de julio que había ordenado cuatro locomotoras, tres de la firma Forster, Rastrick & Cía, y una de Robert Stephenson & Cía, para el D&H.

Stourbridge Lion fue una de las tres locomotoras construidas por Rastrick, pero Stephenson había terminado su locomotora, la *Pride of Newcastle (Orgullo de Newcastle)* antes que las de Rastrick, y arribó a América casi dos meses antes que la *Stourbridge Lion*, pero fue la última en ser utilizada en las pruebas del ferrocarril.

La locomotora fue montada, luego del viaje, en la fundición West Point, en Nueva York, donde fue ensayada bajo presión en 1829. Su primera corrida oficial tuvo lugar el 8 de agosto de ese año en Honesdale, Pennsylvania. La locomotora se comportó admirablemente, pero la vía que se había construido fue insuficiente para su desplazamiento. Jervis había especificado que la locomotora no debía pesar más de 4 toneladas, y la *Stourbridge Lion* pesaba casi el doble: 7,5 toneladas.

Rastrick construyó otra locomotora luego de completar las tres que fueron enviadas a América. Esta máquina, la *Agenoria*, se cree que fue un duplicado de la *Stourbridge Lion*. La *Agenoria* fue construida en 1829 y está actualmente preservada en el National Railway Museum de York.

Existe documentación que confirma que hacia 1834 el ferrocarril intentó vender la *Stourbridge Lion* y el resto de la serie a la Pennsylvania Canal Commission, pero la negociación no fue concluida. Estas locomotoras resultaron demasiado inadecuadas para el ferrocarril ahora en expansión. Los industriales americanos habían comenzado a producir sus propias locomotoras con diseños mejorados ya en 1830. Las cuatro locomotoras fueron utilizadas como fuente de hierro forjado inglés hasta mediados de los años '40.

Hacia 1845 todo lo que quedaba de la *Stourbridge Lion* era su caldera. Sin embargo, como era todavía funcional, fue utilizada por una fundición en Carbondale durante otros cinco años, hasta que el dueño de la misma marchó al oeste a probar suerte en la minería. La fundición fue vendida años más tarde y el nuevo dueño, reconociendo el valor histórico de la caldera, intentó venderla por \$1.000 en 1874. Como no encontró comprador, la conservó para sí mismo.

En 1883, el D&H la obtuvo a préstamo para exhibirla en la Exposición de Material Ferroviario de Chicago. Desafortunadamente, la seguridad en el transporte de la misma no fue la adecuada, y los “cazadores de recuerdos” robaron todo lo que encontraron suelto, y hasta recurrieron a martillos y cinceles para quitar trozos de la misma.

La caldera fue almacenada nuevamente, hasta que la adquirió el Smithsonian Institute en 1890. Unas pocas piezas más que se cree habían pertenecido a la *Stourbridge Lion* se ha preservado, aunque su autenticidad ha sido cuestionada, ya que podrían provenir de cualquiera de las locomotoras de la serie. El museo ha hecho algunos intentos de reconstruir la locomotora con estas piezas remanentes. Sin embargo, con su origen todavía en cuestión, y la falta de otros elementos clave, esta reconstrucción no ha sido completada nunca. La caldera y piezas montadas se encuentran en la actualidad en exhibición en el Baltimore & Ohio Railroad Museum, en Baltimore.

El ferrocarril D&H construyó su propia réplica de la *Stourbridge Lion* en 1932, a partir de planos basados en las piezas remanentes en existencia.

Descripción Mecánica - Los vástagos de los pistones se conectaban a un par de balancines, uno por cada pistón, montados sobre la caldera. Unas bielas motrices conectaban los extremos de los balancines a las manivelas montadas sobre las ruedas traseras, a las que también se conectaban las bielas de acoplamiento que llevaban el movimiento a las ruedas delanteras.



Fig. 34 – Locomotora Novelty

Locomotora Novelty (Novedad) - Fue una temprana locomotora a vapor, construida por John Ericsson y John Braithwaite para tomar parte en las pruebas de Rainhill.

Era una locomotora 0-2-2WT, y está reconocida como la primera locomotora tender. Tuvo un diseño único de su caldera e incorporaba una serie de elementos de novedoso diseño, lo que quizás explicaba la elección de su nombre. Desafortunadamente, varios componentes mayores presentaron significativas debilidades de diseño, que la llevaron a su falla en las pruebas.

La Novelty en las pruebas de Rainhill

La Sociedad de Ericsson y Braithwaite - Durante los últimos años de la década de 1820, Ericsson y Braithwaite trabajaban juntos construyendo carros de bomberos con tracción a sangre, equipados con bombas a vapor. Utilizaban una caldera diseñada por Ericsson, y eran construidos en los talleres de Braithwaite en Londres.

Fueron reconocidas por su capacidad para generar vapor muy rápidamente, y eran de construcción muy similar a la *Novelty*.

Charles Vignoles también estuvo asociado a la construcción de la *Novelty*, pero su participación práctica no es conocida. Puede haberse involucrado con esta máquina a causa de una continua enemistad con George Stephenson.

Construcción de la locomotora - Se dice que Ericsson y Braithwaite solo tuvieron noticias de las pruebas de Rainhill siete semanas antes de que el evento tuviera lugar, cuando Ericsson recibió una carta de un amigo, que se refería a una “carrera a vapor”.

Este increíblemente corto lapso ha llevado a sugerir que la *Novelty* fue, en los hechos, una bomba convertida. Es más razonable pensar que utilizó las mismas piezas que las bombas, y que habrían sido construidas para ellas, y derivadas a la *Novelty*.

La *Novelty* fue construida en los talleres de Londres, pertenecientes a Braithwaite, y transportada a Liverpool por barco.

No hubo tiempo para probarla en Londres, antes de su transporte, y se le hicieron ensayos en Rainhill, antes de las pruebas, y se le hicieron modificaciones allí, con la ayuda de Timothy Hackworth.

La Caldera - La caldera utilizada en la *Novelty* era un diseño de John Ericsson. El diseño era muy “científico” para su época, pero probó ser muy difícil de construir y mantener, comparado con el diseño adoptado en la *Rocket* y en la mayoría de las locomotoras a partir de allí.

La característica más prominente de la caldera era una caja de fuego vertical (el recipiente alto a la izquierda en el dibujo). Era construido en cobre pulido. Dentro de él se encontraba el hogar, y el espacio entre los dos estaba lleno de agua, hasta un nivel aproximado del tobillo del maquinista. El combustible, coque, era agregado desde la parte superior, donde un tubo atravesaba la parte superior de la caja de fuego. La construcción de la caja de fuego era similar a algunos tipos de caldera vertical, pero esta era sólo una parte del diseño de Ericsson.

Como George Stephenson, Ericsson entendía que era necesaria un área mayor para extraer calor de los gases calientes. Esto lo lograba con un largo tubo horizontal lleno de agua, que se ubicaba debajo, a lo largo de toda la locomotora. Se puede ver en la ilustración, asomando a la derecha, con la chimenea vertical adosada. Dentro del tubo horizontal, había un tubo que llevaba los gases calientes, que formaba una suerte de S de forma que los gases pasaban tres veces a través del agua. Este tubo en forma de S era ligeramente cónico, causando que los gases tomaran velocidad a medida que se enfriaban. En la práctica, este tubo era casi imposible de limpiar.

El resultado era una caldera con forma de martillo y se requería su montaje en el bastidor antes de colocar el piso, los cilindros y el soplador.

La caldera utilizaba un tiro forzado, provisto por un ventilador mecánico (la estructura triangular sobre la derecha de la ilustración). Este aire era forzado a través de un tubo y dentro del cenicero, sellado, (debajo del fuego). Muy pocas locomotoras han usado tiros forzados de este tipo, y la principal causa en que, en el momento de agregar combustible, el ventilador debía ser detenido o alguna forma de cierre de aire colocada. La *Novelty* usaba una trampa de aire para permitir la alimentación, pero siempre existía la posibilidad de que las llamas y los gases calientes soplaran en la cara del foguista.

El soplador era movido desde las bielas que conectaban los cilindros con las ruedas, por lo que el tiro era proporcional a la velocidad de la máquina, no importa cual era su trabajo, como sucede con la tobera de escape. Se asume que: o el soplador era accionado a mano cuando la máquina estaba detenida, o las ruedas motrices eran levantadas sobre los rieles. No se conocen con certeza detalles del diseño del ventilador. El agua era forzada al interior de la caldera mediante una bomba impulsada desde uno de los cilindros, en una práctica normal para la época.

Movimiento de las ruedas - En esa época, los ingenieros temían un desgaste irregular de los pistones y cilindros si se montaran horizontalmente, de forma que la mayoría se montaba verticalmente, pero cilindros verticales moviendo directamente las ruedas, como en la *Sans Pareil*, causaban problemas de una marcha pobre, y no trabajaban bien con la suspensión.

En la *Novelty*, los cilindros se montaron verticalmente hacia la parte trasera de la máquina (a la derecha de la persona en la ilustración). Directamente debajo se encontraban balancines angulares que transformaban el movimiento en horizontal. Bielas motrices acoplaban los balancines al cigüeñal del primer eje, a la izquierda en la ilustración.

El sistema de distribución seguía un recorrido similar al motriz. Un efecto adverso de esto eran los demasiados pernos y uniones que resultaban en pérdidas en los movimientos.

Las ruedas en si eran del tipo suspensión, similares a las ruedas de una bicicleta.



Fig. 35 - Cilindros de la réplica de la *Novelty*

Es posible pensar que la *Novelty* fue una locomotora 0-4-0, ya que tenía ruedas de igual tamaño, aunque era 0-2-2WT. Solo las ruedas debajo de la caja de fuego, las de la izquierda de la ilustración, eran motrices, no estando las otras conectadas con estas de ninguna forma.

La primera locomotora ténder - La *Novelty* en la primera reconocida como locomotora ténder, ya que el combustible era llevado en canastos sobre la plataforma y el agua en un tanque entre las ruedas.

Como una de las reglas de las pruebas de Rainhill se relacionaba con el peso de la locomotora sin ténder, un permiso especial fue emitido para la *Novelty*.

Desempeño en las Pruebas - La *Novelty* era la favorita de la multitud para ganar el concurso. Esto puede haberse debido a que aparecía como un carruaje a vapor, al que la gente asociaba con velocidad y mejoras en el transporte, o puede ser porque no aparecía como una típica locomotora de minas de ese tiempo.

En una demostración que tuvo lugar en el primer día de pruebas, la *Novelty* no desagradó, alcanzando una velocidad de 28mph (45 km/h). En la preparación para las pruebas, la *Novelty* demostró ser muy liviana y muy rápida para generar vapor.

La *Novelty* fue la primera locomotora en ser probada. Comenzando el segundo día de pruebas, arrancó una serie planificada de pruebas, pero muy pronto su ventilador falló y debió ser reparada. El trabajo tomó todo el siguiente día.

Sin embargo, cuando la *Novelty* pudo marchar nuevamente, colapsó el tubo de alimentación del agua y debió ser reparada nuevamente, incluyendo algunas pérdidas en la caldera. En esa época, las calderas se sellaban con una sustancia parecida al cemento, que requería días, y hasta semana, para fraguar correctamente.

El tiempo disponible no permitía eso, por lo que la caldera nuevamente falló cuando las pruebas fueron recomenzadas.

Los problemas repetitivos de la caldera obligaron a Ericsson y Braithwaite a renunciar a las pruebas. Antes de estas fallas, los Stephenson estuvieron seriamente preocupados por la *Novelty*, ya que estaba bien posicionada para reunir las condiciones de la prueba, a pesar de que Stephenson consideraba que el peso que podría remolcar era demasiado poco para un ferrocarril práctico.

Después de las pruebas de Rainhill - Una vez completadas las reparaciones, la *Novelty* hizo una cantidad de demostraciones exitosas, pero fue muy tarde para tener efecto en la competencia. Se ha llegado a decir que, en una de las pruebas, la locomotora alcanzó una velocidad de 60 mph (97 km/h), pero no hay respaldo suficiente, y puede haber sido una mala interpretación de un reporte periodístico tratando de dar una impresión de las grandes velocidades que las máquinas habían alcanzado en Rainhill.

Ericsson y Braithwaite construyeron dos locomotoras más, llamadas *William IV* y *Queen Adelaide*. Eran más grandes y robustas que la *Novelty*, y diferían en una cantidad de detalles, por ejemplo, se sabe que usaban un diseño diferente de soplador, el que producía un “tiro inducido”, aspirando los gases de la combustión. Las dos hicieron demostraciones en el Liverpool & Manchester, pero el ferrocarril declinó comprar los nuevos diseños.

La *Novelty* fue transferida al ferrocarril de St.Helen & Runcorn Gap, y trabajó allí algunos años. Durante el tiempo allí (alrededor de 1833) recibió nuevos cilindros y una nueva caldera.

Algunas piezas, todas las ruedas y ambos cilindros, supuestamente los originales y no los de 1833, han sobrevivido.



Fig. 36 - Réplica que incluye partes de la *Novelty* original



Fig. 37 - La réplica de la *Novelty* en la Cavalcade Rainhill 150 de 1980, montada en un vagón playo.

Durante 1929 las ruedas originales y uno de los cilindros, fueron incorporados en una réplica/reconstrucción de esta locomotora. Esta primera réplica fue reconstruida en 1988 y actualmente cuenta con baterías y un motor eléctrico que le permite operar (todas las ruedas son motrices, con lo que se convierte en una 4wBE). El otro cilindro está en exhibición en la biblioteca pública de Rainhill.

No se conoce ninguna otra locomotora inglesa construida en este estilo.

Se han hecho comparaciones con máquinas de caldera vertical del siglo XX, tales como las Sentinel de Shrewsbury, pero sus principios de funcionamiento son muy diferentes.

La réplica - Para el 150 aniversario de la locomotora Rocket, se construyó una nueva réplica de la locomotora *Novelty* en los talleres de Springwell del ferrocarril Bowes. Fue una réplica funcional construida para una correcta apariencia en el evento planeado, a la que se introdujeron cambios para reducir los costos y cumplir con los requerimientos modernos. Se ha sugerido que la réplica fue construida para durar no más que los tres días del evento. Algunas de las diferencias entre el original y la réplica son:

- Acero al carbono utilizado en lugar de hierro forjado (El hierro forjado no es un producto comercial, mientras que el acero al carbono es de fabricación normal).
- Caldera construida en acero soldado en lugar de cobre. Una caldera de cobre hubiera sido demasiado costosa en materiales, y hubiera requerido el concurso de especialistas experimentados, mientras que de acero soldado tiene mucho en común con los recipientes industriales presurizados.
- Soplador construido de madera aglomerada pintada color cobre. El soplador fue probablemente sujeto a un gran trabajo de desarrollo, y el aglomerado es mucho más barato y fácil de trabajar. Adicionalmente, pocas personas estarían lo suficientemente cerca como para darse cuenta de la diferencia.
- Freno de mano preparado para actuar sobre ambas ruedas. Esto puede haber sido completado después del evento Rocket 150.
- Caldera equipada con tubo de nivel y manómetro Bourdon. Requerimientos para todas las calderas, vital si deben ser operadas con seguridad.
- Válvulas de seguridad a resorte, en lugar de contrapeso. En primer lugar, las válvulas a resorte son ampliamente utilizadas en la industria, en segundo lugar, las válvulas a contrapeso deben ser mantenidas cerradas, por lo que nunca trabajan adecuadamente, y por último, una válvula de contrapeso tiende a rebotar y por ello consume mucho vapor.
- La caldera de la réplica contiene aproximadamente el doble del volumen de agua. Esto es mayormente el resultado de los métodos modernos de construcción utilizados (juntas pestañadas en los recipientes y tubos de acero estándar). También se le dio más espacio al agua entre las placas interior y exterior. En consecuencia, el área de la parrilla es considerablemente menor que en la original.

Por una razón no del todo comprensible, las ruedas de esta réplica fueron construidas con llantas demasiado angostas.

Historia

Es posible que fueran copiadas de un modelo existente en el Museo de Ciencias de Londres. Como resultado, fue imposible que pudiera desplazarse sobre los desvíos modernos.



Fig. 38 - Réplica de la *Novelty* en Manchester, Setiembre 2005

Durante el evento Rocket 150, la *Novelty* fue llevada sobre un vagón playo, montada en forma tal que fuera posible su funcionamiento con las ruedas rotando libremente.

Siguiendo al evento Rocket 150, la *Novelty* fue encendida en unas pocas ocasiones en Manchester. Hacia 1982, fue vendida al Museo del Ferrocarril de Suecia, en Gävle, y dejó el Reino Unido.

Durante julio de 2002, la *Novelty* fue retirada de su entonces hogar en Angelholm, para ser utilizada en un programa de TV. Fue devuelta a Suecia durante la primavera de 2003, pero hizo una corta visita al Museo de Ciencias e Industrias de Manchester durante el otoño de 2005.

Escenificación de 2002 – El programa de Televisión - Para el programa de Televisión de la BBC “Timewatch – Rocket and its Rivals” la réplica de la *Novelty* fue transportada al Museo Nacional de Ferrocarriles en York. Allí fue completamente desmantelada para permitir el examen de la caldera y las piezas móviles. Varios ítems necesitaron ser atendidos antes que la locomotora pudiera funcionar:

- Inspección total de la caldera con fines de su aseguramiento
- Reparaciones menores en la caldera
- Modificación de las ruedas para permitir una operación segura sobre rieles normales
- Limpieza y repintado del tanque de agua
- Aflojamiento de varias válvulas de agua engranadas
- Repintado parcial

De todo este trabajo, el mayor ítem fue la modificación de las ruedas. La solución adoptada por el taller del Museo Nacional de Ferrocarriles fue la contratación de un industrial metalúrgico para cortar cuatro anillos de plancha de acero de 40 mm de espesor. Este trabajo fue realizado con la precisión suficiente para no necesitar mecanizado posterior. Los aros fueron abulonados a las ruedas existentes, y resultaron un completo éxito.

Luego de rearmada, la locomotora fue probada bajo presión en York antes de ser transportada a la estación Carrog, en el Ferrocarril Llangollen.

Las primeras pruebas mostraron dos problemas mayores: primeramente, la transmisión al ventilador no era lo suficientemente robusta, y en segundo lugar la operación de la bomba de alimentación causaba muy serios problemas de arrastre de la caldera.

Luego se demostró que la bomba de alimentación era cinco veces más grande que lo requerido para esa máquina. Esto causaba que fuera introducido aire dentro del tubo horizontal de la caldera, siendo probablemente el motivo del arrastre.

Para recrear las pruebas de Rainhill, se requirieron 20 idas y vueltas a lo largo de una sección del ferrocarril Llangollen (entre las estaciones de Carrog y Glyndyfrdwy). La *Novelty* solo pudo completar 10 viajes antes de que el fuego terminara completamente cubierto de escorias. La inhabilidad para limpiar el fuego de escorias en este tipo de caldera era un problema mayor, ya que la única forma de hacerlo es tirar el fuego completamente y volver a encenderlo.

Durante las corridas de la *Novelty* restaurada en las pruebas, el soplador fue reemplazado por un ventilador eléctrico, accionado por un motogenerador a nafta. Incluso teniendo en cuenta este hecho en los cálculos finales, la *Novelty* fue mucho más eficiente que la *Sans Pareil*.

A causa de la restauración, la *Novelty* fue demasiado lenta para reunir los requerimientos de las pruebas originales, y no llegó a completar el recorrido.

La velocidad máxima alcanzada puntualmente fue de 17 mph (27 km/h), posiblemente porque el caño principal de vapor de la caldera restringió el flujo a los cilindros. Además la distribución no estaba puesta a punto correctamente (indicado por el ruido irregular de los escapes).

Con todas las diferencias obvias entre la original y la réplica, más el hecho de que la tripulación tenía sólo cuatro días de experiencia en la operación de esta locomotora, no puede decirse que en esta escenificación de las pruebas de Rainhill la réplica de la Novelty tuviera el mismo desempeño que el que hubiera tenido la original si hubiera dispuesto de más tiempo en 1829.

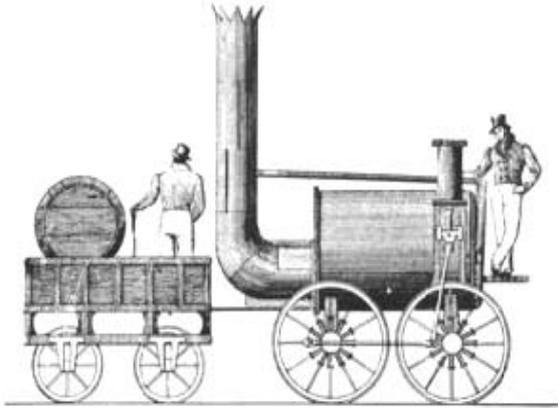


Fig. 39 - Dibujo de la *Sans Pareil* de 1829

En lugar de una caldera de tubos de humo como la *Rocket*, la *Sans Pareil* tenía un doble tubo hervidor. Para incrementar la superficie de calefacción, los dos tubos se unían en la parte delantera de la caldera, mediante un tubo en U. El hogar y la chimenea estaban en el otro extremo de la caldera, uno sobre cada lado.

La *Sans Pareil* tenía dos cilindros, montados verticalmente en el extremo opuesto a la chimenea, que actuaban directamente, por medio de bielas, sobre un par de ruedas, siendo el otro par movido por bielas de acoplamiento, en un típico esquema de locomotoras a vapor.

En las pruebas de Rainhill, la *Sans Pareil* se comportó muy bien, pero tenía una extraña ondulación en su marcha a causa de sus cilindros verticales.



Fig. 40 - La réplica de la *Sans Pareil* toma parte en la cabalgata de Rainhill durante mayo de 1980

Sans Pareil (Sin Igual) - Fue una locomotora a vapor construida por Timothy Hackworth, que tomó parte en el concurso de Rainhill, en el ferrocarril de Liverpool a Manchester, realizado para seleccionar un constructor de locomotoras. Su nombre significa, en francés, *Sin Igual*.

Comparada con otras locomotoras competentes de la época, su tecnología resultaba algo anticuada, comparada con la *Rocket* de George y Robert Stephenson, ganadora del concurso de Rainhill y del premio de £500 en efectivo.

El golpe del escape era, a la manera de Hackworth, muy fuerte, de forma tal que gran parte del coque era expulsado por la chimenea sin quemar, y fue esto, más que su anticuado diseño, la causa del abismal gasto de combustible. Fue retirada de la competencia a causa de la rotura de un cilindro. Luego de las pruebas, el ferrocarril de Liverpool a Manchester compró ambas locomotoras, y la *Sans Pareil* excedió la vida en útil de la *Rocket*, sirviendo en el ferrocarril de Bolton a Leigh durante muchos años.

Réplica - Una réplica de la locomotora, construida en 1980, está ahora preservada en el Museo Nacional de Ferrocarriles en su nuevo anexo de Shildon Locomotive Museum, que también aloja los remanente de la locomotora original.

Locomotora Rocket (Cohete) de Stephenson - La *Rocket* de Stephenson fue una primitiva locomotora a vapor del tipo 0-2-2, construida en Newcastle, en los talleres de Robert Stephenson & Co., en Forth Street, en 1829.

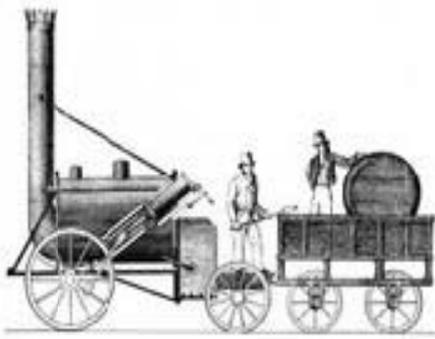


Fig. 41 - Dibujo de época de la Rocket



Fig. 42 - Réplica de un coche y la Rocket en el evento de sus 150 años



Fig. 43 - La Rocket preservada en el Museo de Ciencias de Londres

Innovaciones en el diseño - Una idea común equivocada es que la *Rocket* fue la primera locomotora a vapor. En efecto: la primera locomotora a vapor que marchó sobre rieles, fue construida por Richard Trevithick 25 años antes, pero su diseño no pasó de la etapa experimental.

Luego siguió la primera locomotora exitosa comercialmente, de dos cilindros, la *Salamanca*, construida por Matthew Murray en Holbeck para el ferrocarril Middleton, entre Middleton y Leeds, West Yorkshire.

George Stephenson, al igual que muchos otros ingenieros, había construido otras locomotoras con anterioridad. La *Rocket* era, en algún sentido, una evolución y no una revolución.

La *Rocket* llegó a la fama por haber sido la primera locomotora a vapor “moderna”, que incorporaba varios recientes tipos de mejoras tecnológicas, algunas ya probadas y otras en su fase experimental, para producir la más avanzada locomotora de su tiempo, y la plantilla para la mayoría de las locomotoras desde entonces. En efecto: el diseño estándar de la locomotora a vapor es llamado a veces la locomotora Stephensoniana

La *Rocket* utilizó una caldera multitubular, que hizo mucho más efectiva y eficiente la transferencia de calor entre los gases de la combustión y el agua. Las locomotoras anteriores tenían un solo tubo rodeado de agua. La *Rocket* tenía 25 tubos de cobre a lo largo de la caldera para llevar los gases calientes del hogar. Esto fue un significativo avance, ya que incrementaba considerablemente la cantidad de vapor producida, y los subsecuentes diseños usaron números crecientes de tubos. La *Rocket* también utilizó la tobera de escape, llevando el vapor de escape desde los cilindros a la base de la chimenea, de forma de inducir un vacío parcial y llevar aire a través del fuego.

El reconocimiento por la invención de la tobera de escape se disputa entre Sir Goldsworthy Gurney y Timothy Hackworth. La tobera de escape trabajó bien en la caldera multitubular de la *Rocket*, pero en diseños anteriores con un solo tubo hervidor en la caldera creaba tanta succión que tendía a levantar la capa superior del fuego y lanzar cenizas y brasas por la chimenea, incrementando enormemente el consumo de combustible.

La *Rocket* tenía dos cilindros, montados a 35° de la horizontal, con sus pistones acoplados a un par de ruedas de 4' 8" (1.422 mm) de diámetro. La mayoría de los diseños previos tenían los cilindros en posición vertical, lo que daba a las máquinas un movimiento de balanceo irregular al avanzar sobre los rieles. Subsecuentemente la *Rocket* fue modificada colocando los cilindros en posición horizontal, disposición que se utilizó de allí en más en casi todos los modelos que siguieron. El segundo par de ruedas, de 2' 6" (635 mm) de diámetro, no estaba acoplado a las motrices, por lo que el rodado era 0-2-2. La caja de fuego estaba separada de la caldera y tenía doble pared, estando rodeada de agua. Tubos de cobre llevaban el agua precalentada a la caldera



Fig. 44 - Una vista próxima

Han existido diferencias de opinión respecto a quién darle el crédito por el diseño de la *Rocket*. George Stephenson había diseñado varias locomotoras con anterioridad, pero ninguna tan avanzada como la *Rocket*. En el tiempo en que la *Rocket* estaba siendo diseñada y construida en los talleres de Forth Banks, vivía en Liverpool, supervisando la construcción del ferrocarril de Liverpool a Manchester. Su hijo Robert había retornado recientemente de una temporada de trabajo en Sud América y reasumido como director gerente de Robert Stephenson & Co. Estaba en la tarea diaria del diseño y construcción de la locomotora, y si bien estaba en contacto frecuente con su padre en Liverpool y probablemente recibiera consejos de él, es difícil no darle la mayoría del crédito por el diseño a Robert.

Una tercera persona que merece una significativa cantidad de mérito es Henry Booth, el tesorero del ferrocarril de Liverpool a Manchester. Se cree que fue él quien sugirió a Robert Stephenson que debía utilizarse la caldera multitubular.

Historia

Las pruebas de Rainhill - La *Rocket* fue diseñada y construida para competir en las pruebas de Rainhill, St. Helens, Merseyside, una competencia destinada a seleccionar el tipo de locomotora a utilizar por el ferrocarril de Liverpool a Manchester, entre el 6 y el 14 de octubre de 1829.

De las cinco inscriptas, sólo tres fueron serios contendientes. Todas las demás fallaron, y la *Rocket* fue declarada ganadora. La *Rocket* cumplió con los requerimientos clave del concurso que requería un viaje de 50 millas (80 km), con carga completa y con un consumo satisfactorio de combustible. Promedió 12 mph (19,3 km/h) llevando 13 toneladas de carga, y 29 mph (46,6 km/h) corriendo liviana.

Accidente en el día de apertura - La ceremonia de apertura del ferrocarril de Liverpool a Manchester, el 15 de septiembre de 1830, fue un evento considerable, atrayendo personalidades del gobierno y la industria, incluyendo al Primer Ministro, Duque de Wellington. El día comenzó con una procesión de 8 trenes partiendo de Liverpool.

El desfile estaba encabezado por la *Northumbrian*, conducida por George Stephenson, e incluía la *Phoenix* conducida por su hijo Robert, la *North Star*, conducida por su hermano Robert Sr., y la *Rocket*, conducida por el ingeniero asistente Joseph Locke. El día resultó empañado por la muerte de William Huskisson, Miembro del Parlamento por Liverpool, quién fue embestido y muerto por la *Rocket* en Parkside.

Servicio subsiguiente - En 1834, la locomotora fue seleccionada para probar un nuevo motor rotativo a vapor, diseñado por Thomas Cochrane, Lord Dundonald. Con un costo cercano a £80, se removieron los cilindros y bielas de la *Rocket*, y se instalaron directamente en el eje motriz dos de los nuevos motores con la bomba de alimentación en el medio. El 22 de octubre de ese año se hizo una prueba funcional con resultado decepcionante. Un testigo observó que “la locomotora fue incapaz de tirar de un tren de coches vacíos”. A causa de fallas inherentes al diseño y dificultades asociadas con el mismo, el motor de Dundonald era simplemente demasiado débil para la tarea.

Luego de prestar servicios en el ferrocarril de Liverpool a Manchester, la *Rocket* fue utilizada en el ferrocarril de Lord Carlisle, cerca del pueblo de Tindale, en Cumberland.

Preservación - En 1862 la *Rocket* fue donada por la familia Thompson, de Milton Hall, cerca de Brampton, en Cumberland, al Museo de la Oficina de Patentes de Londres.



Fig. 45 - Réplica de la Rocket

La locomotora todavía existe, en el Museo de Ciencias de Londres, con muchas modificaciones, si se compara con su estado en las pruebas de Rainhill. Los cilindros fueron colocados en posición horizontal, a diferencia de su posición angular cuando nueva, y se le colocó una nueva caja de humo. A raíz de estos cambios, la revista *The Engineer*, cerca de 1884, concluía que “nos parece indudable que la *Rocket* de 1829 y 1830 fue una máquina totalmente diferente”.

La Réplica - En 1979, con motivo de la celebración del 150 aniversario, Locomotion Enterprises construyó una réplica de la *Rocket*. La chimenea se hizo ligeramente más corta que en la original, para librar el puente de Rainhill: El balasto es más alto que en el siglo pasado, dejado menor espacio libre. Esta réplica tiene su base en el Museo Nacional de Ferrocarriles en York.

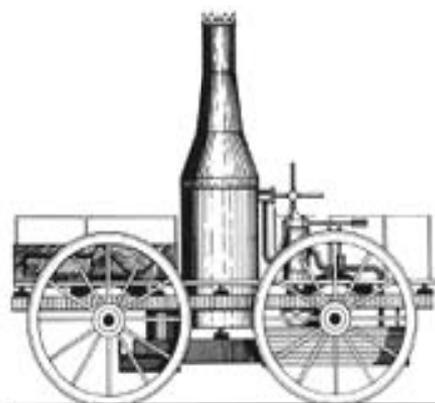


Fig. 46 – Locomotora Perseverance

Locomotora Perseverance - Fue otra de las locomotoras que tomó parte en las pruebas de Rainhill. Construida por Timothy Burstall, la *Perseverance* resultó dañada en el camino a las pruebas, y Burstall empleó los cinco primeros días en reparar su locomotora. Pudo funcionar recién en el sexto y final día de pruebas, pero sólo alcanzó una velocidad de 6 mph (9,6 km/h). A Burstall le fue entregado un premio consuelo de £25.



Fig. 47 – Locomotora Invicta

Locomotora Invicta - Fue una de las primeras locomotoras construidas por Robert Stephenson & Co. en Newcastle-upon-Tyne en 1829. Fue la veinteava locomotora construida por Stephenson, inmediatamente después de la *Rocket*.

Historia - La *Invicta* fue construida por £635 para trabajar en el ferrocarril de Canterbury y Whitstable. Lleva ese nombre por llevarlo también la bandera de Kent. Fue enviada por mar desde Newcastle a Whitstable, y llevó el tren inaugural a la estación Whitstable Harbor, el 3 de mayo de 1830. Se modificó en 1835, pero sin éxito.

Supervivencia - La *Invicta* fue retirada en 1836, como máquina estacionaria probando su adecuación a ese trabajo. Fue ofrecida en venta en octubre de 1839 pero no se encontraron compradores y fue puesta a cubierto. Pasó a ser propiedad del South Eastern Railway y fue exhibida en las Bodas de Oro del ferrocarril de Stockton a Darlington en 1875 y en el centenario de Stephenson en Newcastle en 1881.

La restauración comenzó en 1892, y por muchos años la *Invicta* fue exhibida en John Dane Gardens, en Canterbury. No fue hasta 1977 que fue hecha una restauración total, con la ayuda del National Railway Museum. La *Invicta* retornó a Canterbury a tiempo para el 150 aniversario del ferrocarril de Canterbury & Whitstable, el 3 de mayo de 1980. Actualmente se encuentra en el Museo de Canterbury.



Fig. 48 - La *John Bull*, en 1893

Locomotora *John Bull* - es una locomotora a vapor de construcción inglesa, operada por primera vez el 15 de septiembre de 1831, y se convirtió en la más antigua locomotora a vapor operable en el mundo (150 años), cuando el Smithsonian Institution la puso en marcha en 1981. Construida por Robert Stephenson & Co., la *John Bull* fue inicialmente adquirida y operada por el Ferrocarril Camden & Amboy, el primer ferrocarril construido en Nueva Jersey. El ferrocarril la registró como su locomotora número 1, y la utilizó intensamente desde la construcción del ferrocarril en 1833 hasta 1868 cuando fue retirada del servicio activo y puesta a resguardo.

Luego que las acciones del ferrocarril Camden & Amboy fueran adquiridas por el Pennsylvania Railroad en 1871, éste restauró y operó la locomotora varias veces para exhibición pública. La *John Bull* fue puesta en marcha para la Exposición del Centenario, en 1876, y nuevamente para la National Railway Appliance Exhibition (Exhibición Nacional de Elementos Ferroviarios) en 1883. En 1884 la locomotora fue adquirida por el Smithsonian Institution como la primera exhibición mayor industrial del museo. En 1939 el personal de los talleres del PRR en Altoona, Pennsylvania, construyó una réplica operable de la locomotora para futuros trabajos de exhibición, ya que el Instituto deseaba guardar la original en un entorno más controlado. El Instituto conmemoró el 150 aniversario de la locomotora en gran estilo. La *John Bull* se convirtió en la más antigua sobreviviente locomotora a vapor operable cuando corrió una vez más por sus propios medios en 1981.

Hoy la *John Bull* original se encuentra en exhibición estática en el Museo Smithsonian de Historia Americana en Washington, D.C., y su réplica opera regularmente en Museo de Ferrocarril de Pennsylvania.

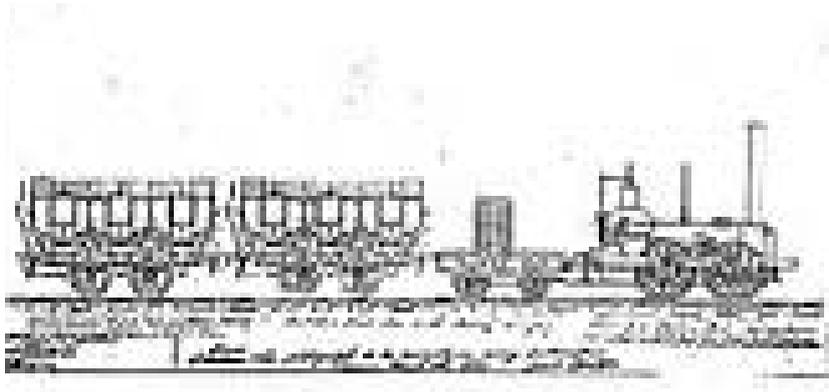


Fig. 49 - La *John Bull* y su tren, tal como aparecían en 1831; dibujo de Isaac Dripps de 1887. Imagen de la colección del National Museum of American History del Smithsonian Institute.

La *John Bull* fue construida en Newcastle, Inglaterra, por Robert Stephenson & Co. para el ferrocarril Camden & Amboy, el primero construido en Nueva Jersey. Fue desmantelada y luego embarcada a través del Océano Atlántico a bordo del Allegheny.

El ingeniero del C&A Isaac Dripps la reconstruyó, de acuerdo con sus mejores habilidades (el embarque no incluía planos ni instrucciones de montaje) y funcionó por primera vez en septiembre de 1831.

El 12 de noviembre de 1831 Robert Stevens, entonces presidente del C&A, pagó algunas deudas políticas invitando a varios miembros de la Legislatura de Nueva Jersey y algunos dignatarios locales, incluyendo al sobrino de Napoleón, Príncipe Murat, para viajar con la locomotora recién recibida, sobre un corto recorrido de prueba.

Historia

La esposa del Príncipe se apresuró a subir al tren, con lo que puede declararse que fue la primera mujer en viajar en un tren a vapor en América.

Hasta la finalización de la construcción del ferrocarril, la locomotora fue reservada, y los trabajos de la construcción hasta 1833, fueron realizados con vagones tirados por caballos.

El C&A aplicó a sus primeras locomotoras nombre y número, dando a ésta el número 1 y el nombre *Stevens*, por el primer presidente del ferrocarril, Robert L. Stevens. Sin embargo, a lo largo de su uso regular, el personal comenzó a llamarla *the old John Bull*, refiriéndola a una personificación caricaturesca de Inglaterra, John Bull. Eventualmente, este nombre informal fue acortado a *John Bull*, y fue ampliamente utilizado, hasta que el nombre de *Stevens* cayó en el olvido, reemplazado por *John Bull*.

Modificaciones Mecánicas y Primeras Exhibiciones - Stephenson construyó originalmente esta locomotora como una 0-4-0 (una 0-4-0 es, según la notación de White para locomotoras a vapor, la que tiene dos ejes motrices y carece de ejes portantes delanteros y/o traseros). La potencia era transmitida a los ejes motrices desde pistones montados debajo de la caldera, entre las ruedas delanteras y delante del eje delantero. Las bielas de estos cilindros interiores estaban conectadas al eje cigüeñal trasero, con bielas de acoplamiento entre los dos ejes para transmitir potencia al eje delantero.

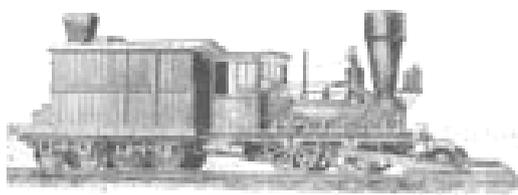


Fig. 50 - La *John Bull* como aparecía hacia 1877. Nótese la cabina y la chimenea más ancha. Ilustración en el Museo Nacional de Historia Americana.

Dado que, a causa de la baja calidad de las vías en su nativa Inglaterra, la locomotora tenía muchos problemas de descarrilamientos, los ingenieros del C&A le agregaron un carro delantero, que consistía en un eje portante con ruedas de pequeño diámetro, conectado al bastidor y empujado al frente de la locomotora, cuya misión era guiar a la locomotora en las curvas. El mecanismo de este carro necesitó la remoción de las bielas de acoplamiento entre ambos ejes, dejando sólo el eje trasero motriz.

En efecto, la *John Bull* se convirtió en una 4-2-0, una locomotora con dos ejes portantes delanteros, seguidos por un eje motriz y sin ejes portantes traseros. Posteriormente, el C&A agregó un miriñaque a este carro delantero. El miriñaque es un conjunto en ángulo diseñado para desviar animales y desperdicios fuera de las vías, delante de la locomotora. Para proteger del mal tiempo al personal de la locomotora, el C&A también agregó paredes y techo (una cabina) a la parte trasera de la locomotora, donde estaban ubicados los controles. El taller de C&A también agregó elementos de seguridad, como una campana y un farol delantero.

Luego de varios años prestando servicios como máquina de maniobras (locomotora usada para mover vagones dentro de playas, también conocidas como pilotas), y como caldera estacionaria, la *John Bull* fue retirada en 1866 y preservada en Bordentown, NJ. Hacia el fin de su vida en servicio, trabajó como bomba y movió un aserradero.

El C&A fue pronto absorbido por United New Jersey Railroad and Canals Company (1869), que a su vez se fusionó con el Pennsylvania Railroad (PRR) en 1871.

El PRR vio la publicidad potencial que podía ganar exhibiendo una locomotora tan antigua, y en los talleres del PRR la “pusieron al día”, reemplazando algunas partes con nuevas a las que dieron apariencia de antiguas, o removiéndolas directamente.

La chimenea fue reemplazada por un tubo recto de metal, y las paredes y techo de la cabina fueron quitados. Luego el PRR la exhibió en la National Railway Appliance Exhibition de Chicago en 1883. El año siguiente, el Smithsonian Institution compró la *John Bull* al PRR, como la primera máquina adquirida por la Institution.

El Smithsonian Institution y la Restauración de la Locomotora - En la exhibición de 1883, el PRR terminó resolviendo dos problemas de una vez. En el Smithsonian Institute el PRR encontró un hogar para la histórica locomotora, y un nuevo empleador para un joven ingeniero civil llamado J. Elfreth Watkins.

Watkins había sufrido un accidente ferroviario en Nueva Jersey unos años antes de la exhibición. En ese accidente había perdido una pierna por lo que no era más apto para las demandas físicas del trabajo ferroviario (el PRR le dio un empleo administrativo luego del accidente). Ahora el PRR empleó su experiencia como un experto curador para el nuevo edificio de Artes e Industria del Smithsonian Institute, inaugurado en 1880. La primera exhibición pública de la locomotora en el Smithsonian Institute ocurrió el 22 de diciembre de 1884, cuando fue expuesta en el Salón Este del edificio de Artes e Industria.



Fig. 51 - John Bull en la exposición Mundial de 1893

La locomotora permaneció en exhibición en este lugar por casi 80 años, si bien fue transportada fuera de allí en ciertas raras ocasiones. La exhibición más significativa de esa época ocurrió en 1893, cuando la locomotora viajó hasta Chicago, para la Exposición Mundial, conmemorativa del cuarto centenario del descubrimiento de América.

El PRR, como otros ferrocarriles de su tiempo, expuso grandes muestras de su progreso, y dispuso que la locomotora y un par de coches fueran enviados a los talleres de Jersey City, NJ, donde se realizó una restauración para dejarla en condiciones de funcionamiento.

El PRR planeó un merecido evento por la significación de la locomotora para los ferrocarriles americanos: operar la locomotora la distancia total entre Nueva Jersey y Chicago. La restauración fue supervisada por el Jefe de Mecánica del PRR, Theodore N. Ely.

Ely confió lo suficiente en sus 50 milla (80,5 km) de prueba hasta Perth ambos, Nueva Jersey, que había tomado dos horas y quince minutos, que los Gobernadores de todos los estados que atravesarían, y el Presidente de los Estados Unidos, Grover Cleveland, fueron invitados a viajar en ese tren durante la primera parte del viaje a Chicago. La *John Bull* corrió con algunos coches de pasajeros en un tren que llevaría dignatarios y representantes de la prensa. El tren corrió hasta Philadelphia, Pennsylvania, con una tripulación. A partir de Philadelphia, maquinistas locales viajaron junto con ellos como pilotos para supervisar su operación en sus propios territorios, durante el resto del viaje hasta Chicago. Viajando a 25 o 30 mph (40 a 50km/h), el tren llegó a Chicago el 22 de abril. La locomotora operó durante la exhibición, paseando a los visitantes, y el 6 de diciembre dejó Chicago para retornar a Washington, donde arribó el 16-3 de diciembre.

En 1927, la *John Bull* salió una vez más del Museo. El Baltimore and Ohio Railroad celebraba su centenario ese año con su Fair of the Iron Horse (Feria del Caballo de Hierro) en Baltimore, Maryland. Dado que el tender original de la locomotora se había deteriorado, a pesar de las reparaciones, y desmantelado en 1910, el PRR construyó una réplica en sus talleres de Altoona, en Pennsylvania. La locomotora fue también restaurada en Altoona para operar durante la feria. Fue la última operación de esta locomotora hasta 1980.



Fig. 52 - La John Bull en exhibición en el East Hall, en 1920.

Exhibición estática - Luego que la locomotora volviera al Smithsonian Institute, permaneció en exhibición estática. El museo, en 1930, encargó a los talleres de Altoona una segunda réplica del tender para exhibir en el museo junto con la locomotora. Esta vez, sin embargo, la réplica utilizó partes del tender original que el museo había conservado desde el desmantelamiento del original veinte años antes. El Smithsonian reconoció la edad de la locomotora en 1931. Pero, dado que el museo no tenía los fondos suficientes para su puesta en marcha, se decidió hacer funcionar la locomotora en su sitio, con las ruedas motrices separadas de los rieles, utilizando criques, y con aire comprimido. El museo obtuvo también del PRR un coche de 1836, para exhibirlo detrás del nuevamente reconstruido tender, y celebró oficialmente el centenario de la locomotora el 12 de noviembre de 1931.

La semioperación de la locomotora fue transmitida por radio (CBS), con la narración de la ceremonia para el auditorio realizada por Stanley Bell.

El PRR la obtuvo a préstamo una vez más en 1939, para la exposición Century of Progress (Un Siglo de Progreso) en Chicago. A diferencia de su anterior excursión a Chicago, esta vez el ferrocarril la cargó y la exhibió como estática. Mientras sucedía esta exposición, los talleres de Altoona construyeron una réplica funcional de la locomotora, que fue luego operada en 1940 en la Feria Mundial de Nueva York, mientras la locomotora original y su tender reconstruido volvían al Museo.

La locomotora original fue exhibida fuera del museo una vez más en 1939, pero luego los curadores decidieron que se estaba volviendo demasiado frágil para repetir exhibiciones externas. Permaneció en una muestra permanente en el Salón Este los siguientes 25 años. Luego fue mudada a su actual hogar: el Museo Nacional de Historia Americana, entonces llamado Museo Nacional de Historia y Tecnología, en 1964



Fig. 53 - La John Bull operando en 1981

Nuevamente en operación luego de 15 años - La *John Bull* había permanecido en exhibición estática por otros 15 años, pero la significación de la locomotora como una de las más antiguas en existencia, o su utilización en el primer ferrocarril de Nueva Jersey, no estaba claramente explicado en la literatura de su exhibición.

En 1981, aproximándose el 150 aniversario de esta locomotora, el Smithsonian Institute inició una discusión acerca de la mejor manera de conmemorar a la máquina y su significación.

No había dudas que se debían preparar publicaciones y exhibiciones especiales, pero los responsables del museo pensaban que la exhibición podría ser mucho más que eso.

Se realizaron varias inspecciones superficiales a la locomotora, en 1980, y se encontró que estaba en relativamente buenas condiciones mecánicas.

No había deterioros visibles, y cuando las ruedas fueron levantadas de los rieles mediante criques, como se había hecho 50 años antes, los ejes giraban libremente. Una mañana de 1980, antes de la apertura del museo al público, el personal utilizó aire comprimido para aplicar potencia a los cilindros y mover las ruedas a través de las bielas motrices, por primera vez desde su última semioperación. Una vez que el aire comprimido arrastró algo de polvo y restos de desechos por la chimenea, comenzó a funcionar suavemente.

Los mecanismos parecían estar en buen estado, pero todavía no se conocía si la caldera podría resistir la presión del vapor y el fuego vivo nuevamente.

El museo contrató a Hartford Steam Boiler Inspection and Insurance Company para inspeccionar la caldera de la locomotora para permitir su operación. Las inspecciones se llevaron a cabo fuera de los horarios del museo (entre las 18.30 y las 4.00) durante tres días e incluyeron ensayos electromagnéticos, ultrasónicos y radiográficos. Estos ensayos revelaron algunas fallas menores, pero se determinó que la caldera podría operar con una presión reducida de 50 psi (3,5 kg/cm²), como se entregó al Camden & Amboy y la caldera fue autorizada para 70 psi (4,9 kg/cm²). La Dirección del Smithsonian Institute, luego de algunas pruebas hidráulicas más, confió en que la locomotora podría operar nuevamente por sus propios medios.

Los ítems que requerían reparación fueron restaurados y la locomotora operó bajo presión el 18 de septiembre de 1981, en las afueras de Washington, convirtiéndose en la más antigua locomotora a vapor operable en el mundo.

La *John Bull* original está actualmente alojada y exhibida en el Museo Nacional de Historia Americana de Washington. La réplica de la *John Bull*, construida en 1939, es actualmente propiedad del Railroad Museum de Pennsylvania, quien también la opera.



Fig. 54 – Locomotora Atlantic

Locomotora Atlantic - Fue el nombre de una primitiva locomotora americana, construida por Phineas Davis para el Baltimore & Ohio Railroad (B&O) en 1832.

Diseño y construcción - Construida con un costo de \$4.500, la *Atlantic* pesaba 6.5 toneladas y tenía dos cilindros verticales. Se utilizaron yuntas de bueyes para llevar la máquina hasta Baltimore, donde hizo el exitoso viaje inaugural hasta Ellicott Mills, Maryland, a una distancia de 13 millas (20.9 km).

Apodada la “*Grasshopper*” (Saltamontes) por sus distintivos vástagos, la locomotora levantaba 50 psi (3.5 kg/cm²) de presión, y consumía una tonelada de antracita en un viaje de 40 millas desde Baltimore. Satisfechos con la operación de la locomotora, el B&O construyó 20 locomotoras más de similar diseño en sus talleres de Mt. Clare, Baltimore.

Réplica de la Atlantic - En 1892 el B&O reconstruyó otra locomotora, llamada originalmente *Andrew Jackson*, para recordar a la *Atlantic* de 1832, en un intento de utilizarla como muestra de patrimonio, y fue exhibida por primera vez en la World Columbian Exposition de Chicago, Illinois, en 1893, Fue luego exhibida en la Feria Universal de Nueva York en 1939, y en la Exposición Ferroviaria de Chicago en 1948-49, como parte de la última feria “Wheels A-Rolling” (Exhibición sobre ruedas).

Locomotora Best Friend of Charleston (Mejor Amigo de Charleston) - Fue una locomotora a vapor. Es ampliamente reconocida como la primera locomotora construida íntegramente en los Estados Unidos. También produjo la primera explosión de una caldera en los Estados Unidos.

Historia - La locomotora fue construida para la South Carolina Canal & Rail Company, por la West Point Foundry de Nueva York en 1830. Desmontada para su envío por vía marítima a Charleston, SC, arribó en octubre de ese año, y fue bautizada extraoficialmente como *The Best Friend of Charleston*.

Luego de su viaje inaugural en Navidad, la *Best Friend* fue usada en el servicio regular de viajeros a lo largo de la ruta de demostración de 6 millas, en Charleston.

Para esa época, esta locomotora fue considerada uno de los medios de transporte más rápido disponible, tomando sus pasajeros “en las alas del viento a la velocidad de quince a veinticinco millas por hora”. El único medio de transporte más rápido era un caballo con un jinete experimentado.

Historia

El 17 de junio de 1831, la *Best Friend* ganó un no demasiado honroso primer lugar: se convirtió en la primera locomotora en los Estados Unidos en sufrir una explosión de su caldera, hiriendo de gravedad a su tripulación.

Se dijo que la explosión fue causada por el foguista, que trabó la válvula de seguridad, cansado de escuchar su silbido, de modo que para terminar con el ruido, cerró la válvula permanentemente (otros dijeron que había colocado un trozo considerable de leña sobre la válvula). El bloqueo de la válvula causó que la presión en la caldera excediera su capacidad, y explotara. La explosión resultante se ha dicho que repartió fragmentos de metal en una vasta área, y también mató al foguista.

De acuerdo con la Historia de Centenario del Ferrocarril de South Carolina, se redactó una nueva norma en el manual de operaciones del SCC&RR que los maquinistas debían permanecer en su puesto en todo momento, con la ayuda de personal auxiliar para manejar vagones, coches y desvíos. Las partes salvadas de la *Best Friend* fueron utilizadas para construir la *Phoenix*, la que se cree habría funcionado en la época de la Guerra.



Fig. 55 - La réplica de la *Best Friend* en la Bolsa de Nueva York el 12 de diciembre de 2005

Una réplica operable de esta locomotora hoy se encuentra en exhibición en Charleston. Norfolk Southern (NS), el operador actual de la línea construida por SCC&RR, envió la Réplica a Nueva York, para ser exhibida el 12 de diciembre de 2005, en la entrada de la Bolsa de Nueva York, mientras los altos ejecutivos del NS participaban en la ceremonia de apertura. NS utilizó la réplica y la ceremonia para conmemorar los 175 años de historia Americana del ferrocarril.



Fig. 56 - La *Best Friend* y su tender cargados en un acoplado para ser enviados al NS, Atlanta, el 6 de agosto de 2007



Fig. 57 - Los coches de la *Best Friend* cargados en un acoplado para ser enviados al NS, Atlanta, el 6 de agosto de 2007

El 6 de agosto de 2007, la réplica de la *Best Friend* fue prestada por la ciudad de Charleston a la Norfolk Southern Corporation por cinco años. NS exhibirá la réplica en su oficina general en el 1200 de Peachtree Street. La *Best Friend*, su tender y sus coches fueron cargados sobre camiones en Charleston para trasladarlos los talleres del NS in Chatanooga para su restauración. Luego serán instalados en el edificio NS en Atlanta.

Locomotora DeWitt Clinton - Esta locomotora, del Mohawk & Hudson Railroad (M&H), fue la primera locomotora a vapor en operar en el estado de Nueva York, y la cuarta construida en los Estados Unidos. Comenzó a operar en 1831. El M&H pasó a ser parte del New York Central Railroad System en 1853. Algunas piezas de la máquina fueron fundidas en West Pont Foundry, en Cold Spring, NY. Una reproducción operativa a escala de la *DeWitt Clinton* está en exhibición en el Museo Ford en Dearborn, Michigan. DeWitt Clinton fue el gobernador del estado de Nueva York responsable del Canal Erie.

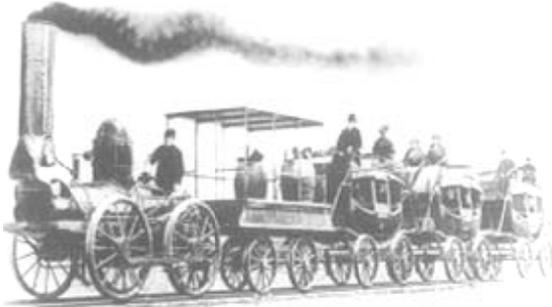


Fig. 58 – Ilustración de época – Locomotora De Witt Clinton



Fig. 59 - Réplica de la *DeWitt Clinton* en exhibición en la Feria Mundial de Nueva York, en 1967

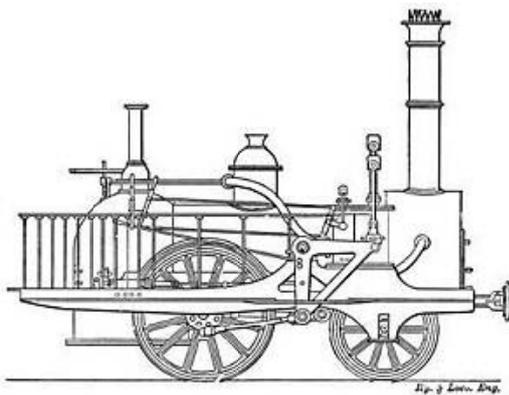


Fig. 60 – Locomotora Experiment

Locomotora Experiment (Experimento) - Fue una locomotora a vapor diseñada y construida por Richard Roberts en 1830, para el Liverpool & Manchester Railway (L&MR). La locomotora tenía cilindros verticales que accionaban las ruedas por medio de balancines.

Historia - L&MR N°32 *Experiment* fue construida en 1833 con cilindros verticales montados detrás de la chimenea, accionando las ruedas vía balancines angulares.

La locomotora tenía válvulas de pistón, que fueron la razón probable de que el diseño no fuera exitoso, más bien que la transmisión con balancines, que había sido utilizada con éxito por otras locomotoras.

Otra razón para el fracaso de la locomotora eran las pérdidas de vapor de los cilindros. La *Experiment* fue radiada luego de pocos meses.

Tres locomotoras similares fueron construidas para el Dublin & Kingstown Railway, y diseños similares se construyeron para el Dundee & Nestyle Railway, pero fueron pronto modificadas.

Historia

Locomotora 57 LMR Lion - La locomotora a vapor N° 57 *Lion* es una de las primitivas del Liverpool & Manchester Railway. La primera de un par diseñado para transportar cargas (la otra, número 58, fue llamada *Tiger*) fueron construidas por Todd, Kitson & Laird (luego Kitson), de Leeds en 1838.



Fig. 61 - La *Lion* fue encendida como parte de la cabalgata por el 150 aniversario de las pruebas de Rainhill



Fig. 62 - La *Lion* en el Museo de Ciencia e Industria de Manchester

Historia - En 1845 el L&MR fue absorbido por el Grand Junction Railway, el que fue a su vez uno de los constituyentes del London & North Western Railway (LNWR) un año más tarde. La *Lion* recibió una nueva caldera aproximadamente en 1845. Prestó servicios hasta aproximadamente 1858, y en 1859 fue vendida a Mersey Docks, para ser usada como caldera estacionaria.

Fue utilizada como tal hasta 1928, cuando se la reemplazó por una bomba eléctrica, siendo entonces “redescubierta” y preservada. Se le construyó un nuevo ténder, basado en dibujos contemporáneos.

La *Lion* tomó parte en la celebración del centenario del LMR en 1930, y en el centenario del London & Birmingham Railway en 1938. Fue estrella de la película de 1953 *The Titfield Thunderbolt*, entre otras.

Es la segunda locomotora más antigua en ser encendida, siendo la primera la americana de construcción inglesa *John Bull*. Durante muchos años la *Lion* estuvo en exhibición en el Museo de Ciencias e Industria de Manchester.

El 27 de febrero de 2007, la *Lion* fue trasladada por carretera desde Manchester hasta Liverpool, para trabajos de conservación, antes de tomar un lugar de privilegio en el nuevo Museo de Liverpool.



Fig. 63 - *Pioneer* circa 1898

Locomotora Pioneer (Pionera) - Es el nombre de la primera locomotora en operar en Chicago, Illinois. Fue construida en 1839 por Baldwin Locomotive Works para el Utica & Schenectady Railroad (U&S) en Nueva York, y comprada usada por William B. Odgen para el Galena & Chicago Union Railroad (G&CU, el más antiguo predecesor del Chicago & North Western Railway), y llevó el primer tren en salir de Chicago hacia el oeste el 25 de octubre de 1848.

Historia - Cuando la locomotora fue construida en 1837, el Utica & Schenectady Railroad le dio el nombre de *Alert*. Prestó servicios durante 9 años en el U&S, y luego fue vendida al Michigan Central Railroad. MC le adicionó una cabina y tender y la utilizó durante dos años, hasta que fue vendida otra vez en 1848 al G&CU, que la rebautizó *Pioneer* y la usó para la construcción del ferrocarril hasta 1850, cuando fue prestada al Chicago, Burlington & Quincy Railroad para trabajar dentro de y en los alrededores de Chicago. Esta locomotora ha sido preservada y es exhibida en el Museo de Historia de Chicago. El tender que utilizaba se encuentra en Villa Park, Illinois.



Fig. 64 - *Pioneer* en exhibición en el Museo de Historia de Chicago

Locomotora Planet (Planeta) - La *Planet* fue una primitiva locomotora a vapor, construida por Robert Stephenson & Co., en 1830, para el Liverpool & Manchester Railway. Fue la primera locomotora en emplear cilindros interiores, y subsecuentemente el tipo 2-2-0 fue llamado *Planet*. Se ha construido una réplica para el Museo de Ciencias e Industria de Manchester.

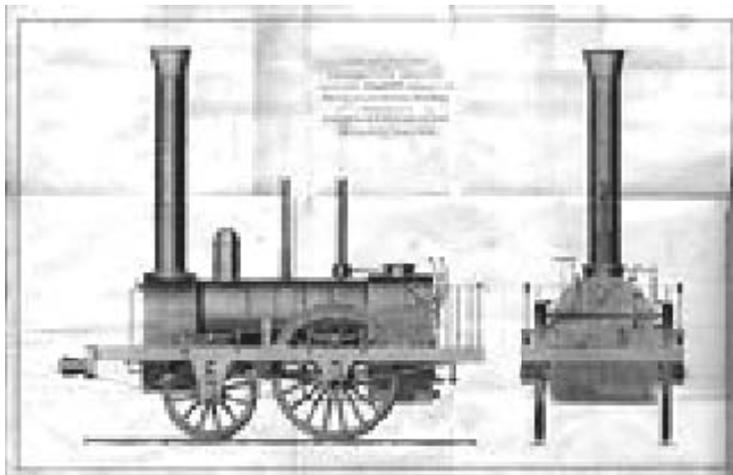


Fig. 65 - Locomotora tipo *Planet*



Fig. 66 - Réplica de la *Planet* en el Museo de Ciencias de Manchester



Fig. 67 - Una réplica de la *Tom Thumb* de Peter Cooper, primera locomotora a vapor americana.

Locomotora Tom Thumb - Fue la primera locomotora de construcción americana utilizada en un ferrocarril público. Diseñada y construida por Peter Cooper en 1830, fue su propósito convencer a los propietarios del recientemente formado Baltimore & Ohio Railroad para utilizar locomotoras a vapor. Es especialmente recordada por participar en una improvisada carrera con un coche a caballos; la *Tom Thumb* tomó la delantera hasta que una correa saltó de su polea y la máquina perdió fuerza.

La demostración resultó sin embargo exitosa, y en el año siguiente el ferrocarril, comprometido con el uso de locomotoras a vapor, prosiguió con las pruebas para su incorporación.

Historia

La *Tom Thumb* fue diseñada por Peter Cooper como una locomotora de 4 ruedas, con caldera vertical y cilindros montados verticalmente que movían las ruedas de uno de los ejes.

Diseño y construcción - El diseño se caracterizó por presentar una cantidad importante de improvisaciones. Los tubos de la caldera se hicieron con cañones de fusiles, y el ventilador se montó sobre la chimenea, y se movía a través de una correa desde el eje motriz.

El interés de Cooper en el ferrocarril por las inversiones inmobiliarias que tenía en lo que es hoy el barrio de Canton, en Baltimore, esperando que el éxito del ferrocarril subiera el valor de su inversión.

Su construcción fue realizada en los talleres de George W. Johnson, donde James Millholland, entonces de 18 años de edad, era aprendiz. Con el tiempo, Millholland se convertiría en un prominente diseñador de locomotoras por derecho propio.

Las pruebas se llevaron a cabo en las vías de la compañía, entre Baltimore y Ellicot Mills (hoy Ellicot City, Maryland). Se habían construido dos vías, y el conductor de un coche de caballos que pasaba desafió a la locomotora a una carrera. El desafío fue aceptado, y la *Tom Thumb* fue fácilmente capaz de distanciarse del caballo, hasta que la correa saltó de la polea del soplador. Sin él, la caldera no podía producir el vapor suficiente, y la locomotora perdió potencia, permitiendo que el caballo la sobrepasara y ganara la carrera. No obstante, quedó establecido el rendimiento superior de la locomotora.

La *Tom Thumb* no entró en servicio activo y no fue preservada, si bien Cooper y otros asociados con los primeros años del ferrocarril, dejaron descripciones que permitieron establecer las principales dimensiones y apariencia exitosamente. En 1892, Major Pangborn (que también había modelado muchas otras locomotoras primitivas), construyó un modelo de madera, y cuando fue construida una réplica en 1926 para la “Fair of The Iron Horse”, los constructores eligieron el modelo de Panghorn.

A pesar de eso, la réplica difiere considerablemente de la original, siendo algo más larga y pesada, y considerablemente más alta. También, en vez de llevar el soplador en la chimenea, uno más mucho más grande fue montado en la plataforma, para proveer un mayor tiro, y el bastidor de soporte de los cilindros y guías es considerablemente diferente. La réplica permanece en el Museo del Baltimore & Ohio Railroad.



Fig. 68 – Locomotora West Point

Locomotora West Point - Fue la tercera locomotora a vapor construida en los Estados Unidos. Fue construida para el South Carolina Railroad por West Point Foundry, de Nueva York, de acuerdo a planos de Horatio Allen.

La locomotora fue construida en 1830 y enviada a Charleston, South Carolina, en el Lafayette, arribando el 28 de febrero de 1831, y entrando en servicio inmediatamente. Su bastidor y ruedas eran idénticos a las de la *Best Friend of Charleston*, del mismo fabricante, pero en lugar de la caldera vertical de la *Best Friend*, estaba equipada con una caldera horizontal.

La Porteña, primera locomotora argentina - Datos: Locomotoras N° 1 (*La Porteña*) y N° 2 (*La Argentina*)

Fabricante: E.B.Wilson, de Leeds, Inglaterra

Rodado y peso: 2-2-0 ST 15.750 kg

Tiempo de viaje y longitud del recorrido inicial: 30 minutos, 10 km

Trocha: 1.676 m⁽¹⁾

Primer servicio público: 30 de agosto de 1857

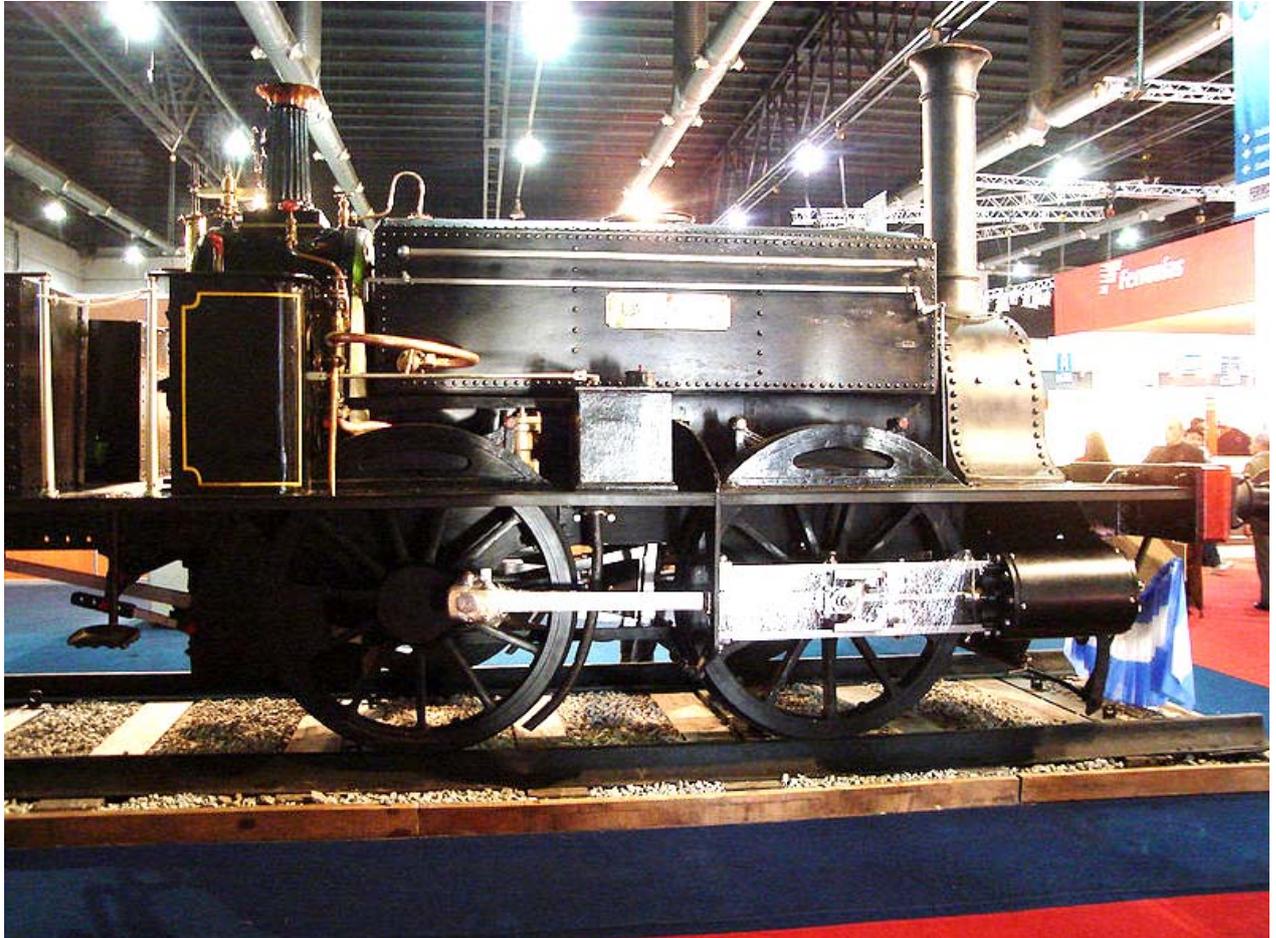


Fig. 69 - Locomotora *La Porteña*, exhibida en ocasión del 150 aniversario de su primer viaje. Estaba en proceso de reparación (obsérvese la cruceta y guías protegidas con film plástico)

La locomotora llegó el 25 de diciembre de 1856, se llamaba *La Porteña* y era de la casa *The Railway Foundry Leeds*, Inglaterra, construida por la firma E.B. Wilson y adquirida por el primer administrador de la Empresa Camino de Hierro, el ingeniero Luis Elordi. También vinieron sus maquinistas, los hermanos John y Thomas Allan. Existen discrepancias con respecto el origen de la primera locomotora. Raúl Scalabrini Ortiz afirmaba, por ejemplo, en su "*Historia de los ferrocarriles argentinos*" (1940), que "*había sido construida para la India y empleada en el sitio de Sebastopol, durante la guerra de Crimea. La difusión de la trocha ancha entre nosotros (poco habitual en el mundo) se debe a esa circunstancia fortuita*". Sin embargo varios historiadores lo niegan: por ejemplo, para Julio A. Luqui Lagleyze, esto no pudo ser, *pues es de otra trocha y las fechas de fabricación y entrada al país dejan un lapso que no habrían permitido tal cosa*. De la misma opinión ha sido, entre otros, Vicente Osvaldo Cutolo.

Un carro tirado por 30 bueyes la llevó del puerto a la estación. El rodado era del tipo 2-2-0 ST, alcanzaba una velocidad cercana a los 25 km/h y pesaba 15.750 kg. Permaneció en actividad hasta agosto de 1889, luego se la utilizó por 10 años sólo para maniobras. En la actualidad se la exhibe en el Museo Histórico y Colonial Enrique Udaondo de Luján, junto con una réplica de los vagones de madera.

Historia

El primer maquinista de la empresa fue el italiano Alonso Corazzi, quien tenía experiencia de un año en dicho trabajo al haber sido empleado en la compañía *Strada Ferrata Leopoldina*, de Toscana, Italia.

La segunda locomotora que funcionó junto a La Porteña se llamó *La Argentina* y Domingo F. Sarmiento la transferiría en 1869 al Paraguay, junto con otras cuatro locomotoras. A las locomotoras que se incorporaban se les daba nombres, como *Rauch*, *Libertad*, *Indio amigo* o una llamada *Voy a Chile* debido a que un decreto de diciembre de 1868 ordenaba prolongar el ferrocarril hasta la Cordillera de los Andes. Sin embargo nunca llegó a Chile.

La Copiapó, primera locomotora chilena - Fue la primera locomotora o “locomotiva”, como se le llamaba en aquella época, en recorrer la primera vía férrea de Chile. La locomotora, modelo 4-4-0, había sido construida en 1850 por Norris Brothers de Filadelfia (Estados Unidos), la misma empresa a la cual se le asignó la construcción del ferrocarril de Caldera a Copiapó. El primer maquinista de la *Copiapó* fue el irlandés John O'Donovan, popularmente conocido como “el cara 'e fuego”, debido al color que daba el fuego de la caldera a sus rojizas patillas.

La vida útil de esta mítica locomotora fue bastante corta, extendiéndose desde 1851 hasta 1858, fecha en la cual fue traída a Santiago para formar parte de la Exhibición Internacional de la Quinta Normal. La causa de su retiro estuvo relacionada con problemas técnicos, ocasionados por la falta de leña, su combustible original; esto motivó a sus dueños a reemplazarla por carbón mineral, material que, junto a la alta salinidad del agua, terminó por dañar la caldera de la locomotora.

Posteriormente la *Copiapó* fue llevada al Museo Nacional. Allí permaneció hasta 1895 y poco a poco fue cayendo en un irremediable olvido, hasta que en 1952, por medio de Decreto Supremo 45-43, fue declarada monumento nacional. Hoy la locomotora se encuentra en exposición permanente, en uno de los patios de la Universidad de Atacama de Copiapó.



Fig. 70 – Locomotora Copiapó

La Mataró, primera locomotora española - Prestó servicio en la primera línea Española (Barcelona - Mataró), inaugurado el 28 de Octubre de 1848). Fue fabricada en el Reino Unido por Jones & Potts, al mismo tiempo que otras tres locomotoras iguales llamadas Barcelona, Cataluña y Besós.



Replica de la Locomotora 1-1-1-Mataró que se construyó en 1948 para celebrar el 100 aniversario del Ferrocarril.

El día de la inauguración de la línea Barcelona - Mataró, esta locomotora transportó 130 toneladas en un tren compuesto por 24 vagones y capacidad para 900 pasajeros. Como tuvo un gran éxito esta línea, tuvieron que poner más vagones, llegando a 35, con una capacidad de 1900 viajeros. La velocidad que alcanzaba era de 40 Km/h para los trenes con más paradas y 70 Km/h para los trenes directos.

En 1948 la empresa Maquinaria Terrestre y Marítima, construyó una máquina idéntica a la original con motivo del centenario del ferrocarril.

Cuando esta máquina dejó de prestar servicio, se utilizó en la Estación de Francia de Barcelona para suministrar energía eléctrica a través de una dinamo, siendo un método pionero en España para producir energía eléctrica con una máquina de vapor.

GENERALIDADES

7. Idea general de la locomotora - La potencia de la locomotora tiene su origen en el calor que desprende el combustible. Por otra parte, como en todas las máquinas de vapor, éste desempeña únicamente el papel de intermediario: el vapor de agua recibe el calor de la combustión y transforma una parte del mismo en trabajo.

Esta producción y transformación del calor exige una serie de elementos, cuyo primer grupo lo constituye el generador o caldera; el segundo, el motor o máquina propiamente dicha; finalmente, el vehículo soporta la caldera y el motor, del que recibe el movimiento. Esta división servirá de base a la descripción razonada que vamos a hacer de la locomotora.

Antes de comenzar esta descripción metódica, creemos que no sería inútil describir en pocas palabras la disposición generalmente adoptada en la construcción de locomotoras. Nos referiremos para ello a las figuras, que representan una locomotora moderna de las más sencillas.

La caldera, órgano potente y pesado, está sostenida por un bastidor que debe ser lo más rígido posible. Como las variaciones de temperatura que inevitablemente experimenta la caldera ocasionan dilataciones que no sufre el bastidor, aquella se fija a éste únicamente por su parte anterior, descansando en la posterior sobre patines de deslizamiento.

El bastidor apoya siempre sobre los ejes por intermedio de elásticos o resortes, que constituyen la suspensión, y lleva los cilindros, las guías de las crucetas, y todas las piezas del mecanismo que no deban forzosamente fijarse a los ejes, como sucede, por ejemplo, con los discos de las excéntricas.

Ciertas piezas del mecanismo, como bielas motrices y barras de excéntricas, apoyan por un extremo sobre los ejes, y por el otro en un punto solidario al bastidor.

Se comprende que la locomotora no puede constituir una máquina de vapor perfecta, ya que en ésta la estabilidad y la fijeza en la posición relativa entre el árbol motriz y el bastidor son condiciones de perfecta ejecución, cosa que no puede asegurarse en la locomotora, por esmerada que sea su fabricación.

A continuación se muestra un diagrama de una locomotora a vapor, con la descripción somera de los elementos que la componen.

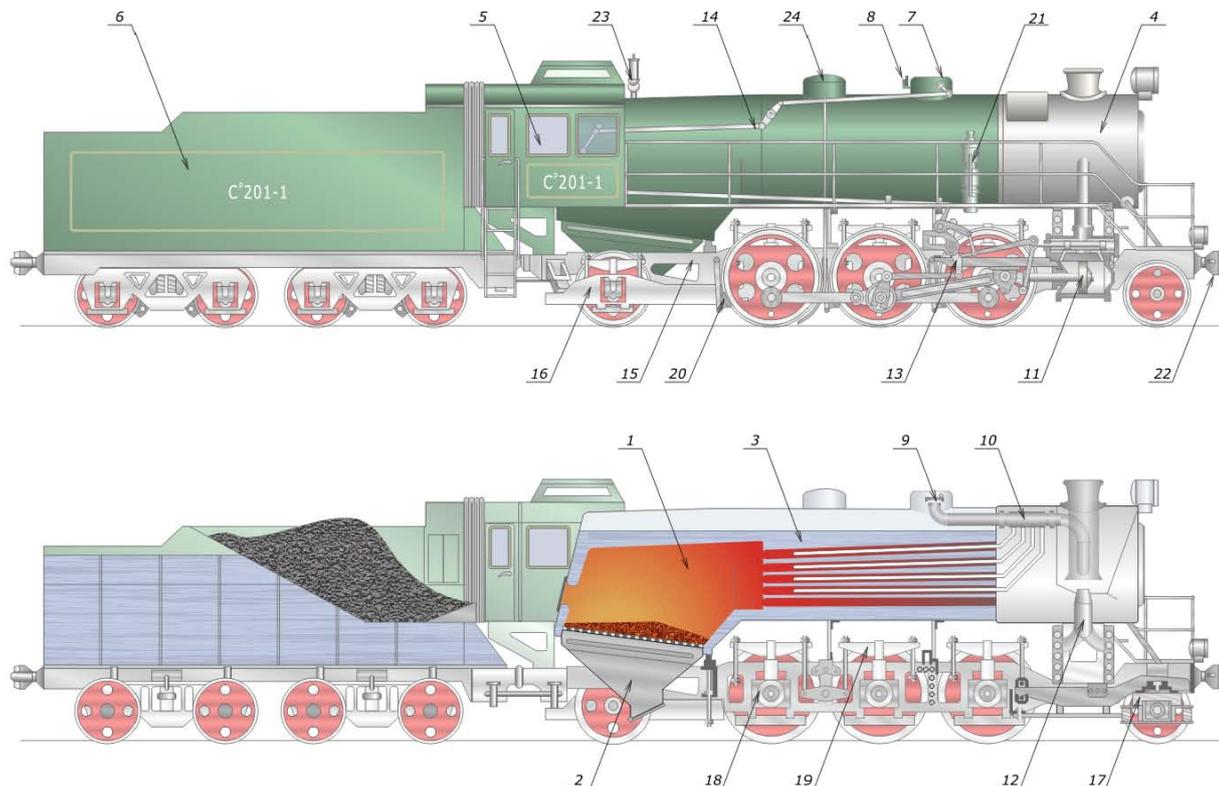


Fig. 71 - Esquema de locomotora de vapor

Elementos de una locomotora de vapor

1. Hogar; 2. Cenicero; 3. Agua (interior de la caldera); 4. Caja de humos; 5. Cabina; 6. Ténder; 7. Domo del vapor; 8. Válvula de seguridad; 9. Regulador; 10. Cabecera del recalentador en el conducto principal del vapor; 11. Pistón; 12. Tobera de salida del vapor; 13. Mecanismo de accionamiento de la distribución; 14. Palanca de accionamiento del regulador; 15. Bastidor; 16. Bissel posterior; 17. Bissel anterior; 18. Cojinete y eje de rueda motriz; 19. Ballesta; 20. Zapata de freno; 21. Bomba para el freno de aire; 22. Enganche; 23. Silbato; 24. Domo arenero

Locomotoras de vapor: Clasificación y tipos - Las locomotoras de vapor se clasifican según el rodaje, es decir la disposición de sus ejes y ruedas. Existen varios métodos de clasificación.

En España se utilizó para las locomotoras de vapor la clasificación francesa. Cada grupo de ejes se representa por un número. Se tiene en cuenta (por este orden) el número de ejes delanteros o conductores, el de ejes motrices y el de ejes traseros o de arrastre. Así, por ejemplo, una locomotora con un eje delantero, cinco ejes para ruedas motrices y un eje posterior, es una locomotora 1-5-1 o 151. Si se trata de locomotoras dúplex, hay dos cifras para los ejes motores. Si tienen el ténder incorporado, se le añade una T.

En EEUU, Gran Bretaña y la mayoría de los países de la Commonwealth se utilizó de forma preponderante la notación White (creada por el ingeniero holandés emigrado a los EEUU Frederick Methvan Whyte), en la que se tiene en cuenta el número de ruedas en lugar del número de ejes. Así, por ejemplo, una locomotora 2-10-2 en la notación White, es una locomotora 1-5-1 en la notación francesa (y española) según el número de ejes.

En los países de habla alemana, Turquía y otros se utilizó otro sistema, donde los ejes motores se designan con letras y los que no lo son con números. Así, la locomotora 1-5-1 en notación francesa, es de tipo 1E1 en la alemana. Esta clasificación, fue la adoptada por la UIC para todo tipo de vehículos ferroviarios.

Además, diferentes disposiciones recibieron, sobre todo en EEUU, nombres que generalmente reflejaban el primer uso importante que habían tenido. Así, por ejemplo, las primeras 1-4-1 (2-8-2 en la notación White) fueron pedidas por Japón y tienen el nombre de "Mikado".

Las primeras locomotoras 2-3-2 (o 4-6-4 en la notación White) fueron construidas por el Norte francés (Nº 3.1101 y 3.1102) y reciben el nombre de "Baltic" porque fueran destinadas a la tracción del "Nord-Express". Locomotoras con el mismo rodaje recibieron en los EEUU el nombre de Hudson porque las primeras 2-3-2 (o 4-6-4 en la notación White) americanas fueron las J1 del New-York Central en 1927. La locomotora 1-5-1 en la notación francesa, o 2-10-2 en la White, o 1E1 en la alemana, era una locomotora tipo "Santa Fe" en EEUU, porque la primera que se construyó con esa disposición de ejes, lo fue para el ferrocarril "Atchison, Topeka y Santa Fe", uno de los más largos de Estados Unidos, a menudo abreviado como "Santa Fe".

Tipo	Aparición	Notación francesa	Notación White	Notación UIC	Denominación
Oo	?	011	0-2-2	A1	-
O+Ooo	1908	010+012	0+2-2-4	A+A2	-
Ooo	1871	012	0-2-4	A2	-
OO	1804	020	0-4-0	B0	-
OO+OO	?	020+020	0-4-0+0-4-0	B-B	-
OOo	1878	021T	0-4-0 T	B1 T	-
OOoo	1866	022 T	0-4-4 T	B2 T	Forney
OOO	1837	030	0-6-0	C	Mamouth, Bourbonnais
OOOo	?	031	0-6-2	C1	-
OOOo+oOOO	1905	031+130	0-6-2+2-6-0	C1+1C	Du Bousquet
OOOoo	?	032	0-6-4	C2	-
OOOO	1834	040	0-8-0	D	Eighth coupler o Eighth wheel switcher
OOOOo	?	041	0-8-2	D1	-
OOOOO	?	050	0-10-0	E	Ten coupler o Ten wheels switcher
OOOOOo	?	051	0-10-2	E1	Union switcher
OOOOOO	1863	060	0-12-0	F	-
oO	1831	110	2-2-0	1A	Planet
oOo	1830	111	2-2-2	1A1	Jenny Lind o Patentee
oOo	1840	111 T	2-2-2 T	1A1 T	-
oOoo	1865	112 T	2-2-4 T	1A2 T	-
oOooo	1861	113	2-2-6	1A3	-
oO+Oo	1832	110+011	2-2-0+0-2-2	1A+A1	-
ooO	1832	210	4-2-0	2A	Jervis
ooOo	1840	211	4-2-2	2A1	Bicycle
ooOoo	1859	212	4-2-4	2A2	-
oOO	1844	120	2-4-0	1B	Porter
oOOo	1873	121	2-4-2	1B1	Columbia
oOOoo	?	122	2-4-4	1A2	-
oOOO	1850	130	2-6-0	1C	Mogul
oOOOo	1896	131	2-6-2	1C1	Prairie
oOOOoo	1908	132	2-6-4	1C2	Adriatic
oOOOO	1866	140	2-8-0	1D	Consolidation
oOOOOo	1890	141	2-8-2	1D1	Mikado
oOOOOoo	1922	142	2-8-4	1D2	Berkshire
oOOOOooo	1880	143 T	2-8-6 T	1D3 T	-
oOOOOO	1867	150	2-10-0	1E	Decapod
oOOOOOo	1903	151	2-10-2	1E1	Santa Fe
oOOOOOoo	1919	152	2-10-4	1E2	Texas
oOOOOOO	1940	160	2-12-2	1F	Centipede

Generalidades

oOO+OOo	1909	120+021	2-4+4-2	1B+B1	-
oOOO+OOO	1909	130+030	2-6+6-0	1C-C	-
oOOO+OOOo	1906	130+031	2-6+6-2	1C+C1	-
oOOO+OOOoo	1934	130+032	2-6+6-4	1C+C2	-
oOOO+OOOooo	1941	130+033	2-6+6-6	1C-C3	Allengheny
oOOO+OOOO	1909	130+033	2-6+8-0	1C+D	-
oOOOO+OOOO	1910	140+040	2-8+8-0	1D+D	-
oOOOO+OOOOo	1909	140+041	2-8+8-2	1D+D1	-
oOOOO+OOOOoo	1928	140+042	2-8+8-4	1D+D2	Yellowstone
oOOOOo+oOOOOo	?	141+141	2-8-2+2-8-2	1D1-1D1	-
ooOO	1837	220	4-4-0	2B	American
ooOOo	1887	221	4-4-2	2B1	Atlantic
ooOOoo	1915	222	4-4-4	2B2	Jubilee
ooOO+OOoo	1934	220+022	4-4+4-4	2B+B2	-
ooOO+OOOo	1909	220+031	4-4+6-2	2B+C1	-
ooOO+OOOoo	1942	220+032	4-4+6-4	2B+C2	-
oooOO+OOooo	1939	320+023	6-4+4-6	3B+B3	-
ooOOO	1847	230	4-6-0	2C	Ten wheel
ooOOO+OOOoo	1936	230+032	4-6-0+0-6-4	2C+C2	Challenger
ooOOOo	1889	231	4-6-2	2C1	Pacific
ooOOOo+oOOOoo	?	231+132	4-6-2+2-6-4	2C1+1C2	-
ooOOOoo	1911	232	4-6-4	2C2	Hudson o Baltic
ooOOOO	1855	240	4-8-0	2D	Twelve wheels o Mastodont
ooOOOO+OOOOo	1928	240+041	4-8+8-2	2D+D1	-
ooOOOO+OOOOoo	1941	240+042	4-8+8-4	2D+D2	Big Boy
ooOOOO+ooOOOO	1950	240+240	4-8-2+4-8-0	2D+2D	-
ooOOOO+ooOOOOo o	1947	240+242	4-8-0+4-8-4	2D+2D2	-
ooOOOOo	1911	241	4-8-2	2D1	Mountain
ooOOOOoo	1927	242	4-8-4	2D2	Northern, Niagara, Pocono o Confederación
oooOOOOooo	1944	343	6-8-6	3D3	-
ooOOOOO	1883	250	4-10-0	2E	Mastodon
ooOOOOOo	1925	251	4-10-2	2E1	Overlan o Super Mountain
ooOOOOOOo	1926	261	4-12-2	2F1	Union Pacific
ooOOOOOOOoo	1934	272	4-14-4	2G2	Soviet

La clasificación por el tipo de rodado es la más generalizada, ya que da una idea bastante acertada de su utilización. También se pueden clasificar por otras características, como por las etapas de expansión, en simple o compund, por su disposición, como simples o articuladas, por el número de cilindros, etc. En la clasificación anterior se distinguen las simples de las articuladas por estar, en estas últimas, los dos grupos de ruedas separados por el signo más. La disposición de la mayoría es totalmente convencional, esto es: caldera humotubular horizontal, cilindros horizontales, o con ángulos muy pequeños con la horizontal.

A continuación detallo algunos tipos no convencionales de locomotoras, con las diferencias significativas que presentan:

8. Locomotoras articuladas - A medida que los requerimientos de potencia se incrementaban, las locomotoras se fueron haciendo más largas y pesadas, con lo que sus bases rígidas fueron demasiado largas para tomar curvas cerradas sin problemas, y se necesitó alguna suerte de articulación:

Configuración Mallet - La caldera está fijada rígidamente a la unidad motriz trasera. La unidad motriz frontal pivotea sobre la trasera, y tiene cojinetes de deslizamiento planos que soportan el peso de la parte anterior de la caldera.

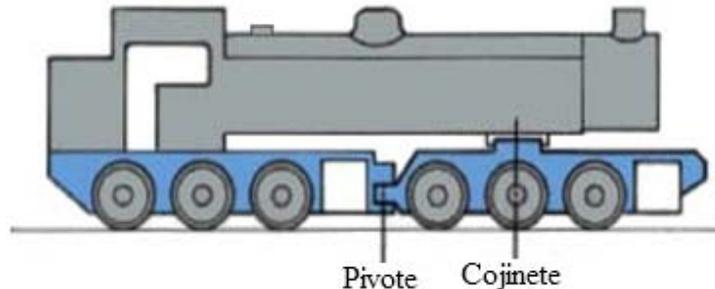


Fig. 72 – Diagrama de la configuración Mallet

A primera vista esta no parece la mejor forma de articular una locomotora, ya que el extremo frontal de la caldera, fijado a la unidad trasera, queda fuera de las vías en las curvas. Es muy popular en Estados Unidos.

Configuración Meyer - La caldera pivotea sobre ambas unidades motrices, por lo que el desplazamiento de la misma fuera de la vía es notablemente menor que en la versión Mallet.

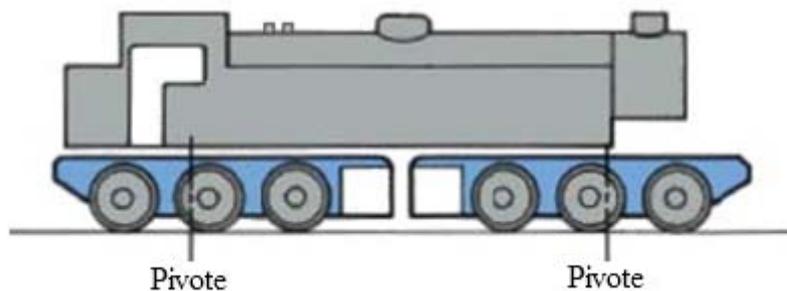


Fig. 73 – Diagrama de la configuración Meyer

Configuración Garratt - Es similar a la Meyer, excepto que la caldera está en voladizo entre las dos unidades motrices, y no sobre ellas. Esto permite que la caldera sea montada más baja, de modo que puede tener mayor diámetro y una mayor caja de fuego, permaneciendo dentro del gálbo.

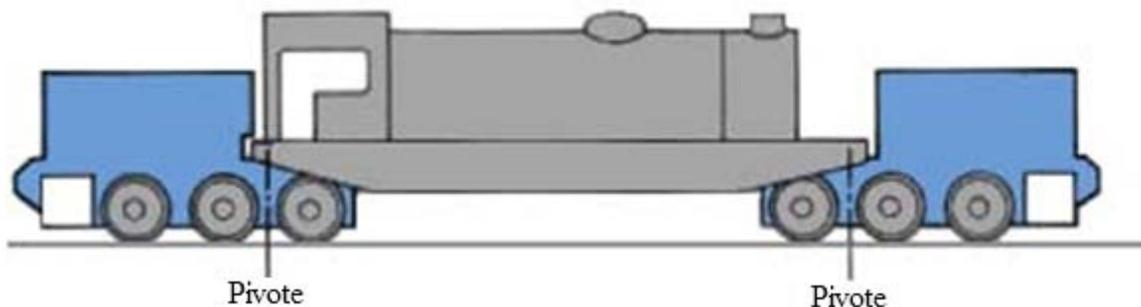


Fig. 74 – Diagrama de la configuración Garratt

Locomotoras Beyer-Garratt fueron utilizadas exitosamente en casi todo el mundo; el único país donde no se adoptaron fue Estados Unidos.

Todos los tipos listados hasta ahora tuvieron considerable suceso comercial, por lo que no pueden ser clasificadas como inusuales. Sin embargo, estos esquemas de articulación se pueden encontrar en locomotoras que poseen otras características inusuales, como las Mallets Flexibles en Estados Unidos.

Existen otros medios menos populares de articulación, como:

Generalidades

Configuración Du Bousquet - La locomotora Du Bousquet fue una forma de articulación única de Francia. Puede decirse que está a mitad de camino entre los sistemas de articulación Meyer y Garratt.



Fig. 75 – Modelo en escala de una locomotora Du Bousquet del Ferrocarril de Cintura de París

En 1905 Du Bousquet, ingeniero del Ferrocarril Norte, introdujo una nueva serie de locomotoras compound articuladas, para arrastrar trenes de carga pesados y eliminar la doble tracción. Estas locomotoras-ténder tenían la caldera sobre un bastidor rígido, soportado por dos bogies motrices articulados. Esta disposición difería tanto de las Kitson-Meyer como de las Garratt, en que los depósitos de carbón y delantero y trasero de agua, estaban sobre el bastidor. Tanto los topes como los enganches estaban también sobre este bastidor, que estaba construido con barras de acero.

El rodado era 0-6-2+2-6-0. Las ruedas portantes, estando en el centro de la locomotora, no cumplían funciones de guía, sino sólo soportaban parte del peso de los cilindros. La unidad motriz trasera tenía los cilindros de alta presión, y su fijación al bastidor principal era mediante un pivote con movimiento en un plano, lo que reducía la conexión del vapor a alta presión a una simple junta rotativa a través del centro del pivote. La unidad motriz frontal llevaba los cilindros de baja presión, y recibía el vapor de la unidad trasera a través de tubos con secciones giratorias y telescópicas para permitir el movimiento relativo. La fijación de la unidad frontal al bastidor era mediante un cojinete esférico, que permitía el desalineamiento entre las dos unidades. El vapor pasaba de esta unidad al escape mediante un tubo de caucho entelado, que parece haber resistido sin problemas. La caldera estaba equipada con 130 tubos corrugados Serve (nombre de su inventor), y no poseían sobrecalentador. Se utilizó mayormente en Francia, exportándose sólo una serie a China para el ferrocarril Pekín-Hankow, y otra a España para los Ferrocarriles Andaluces.

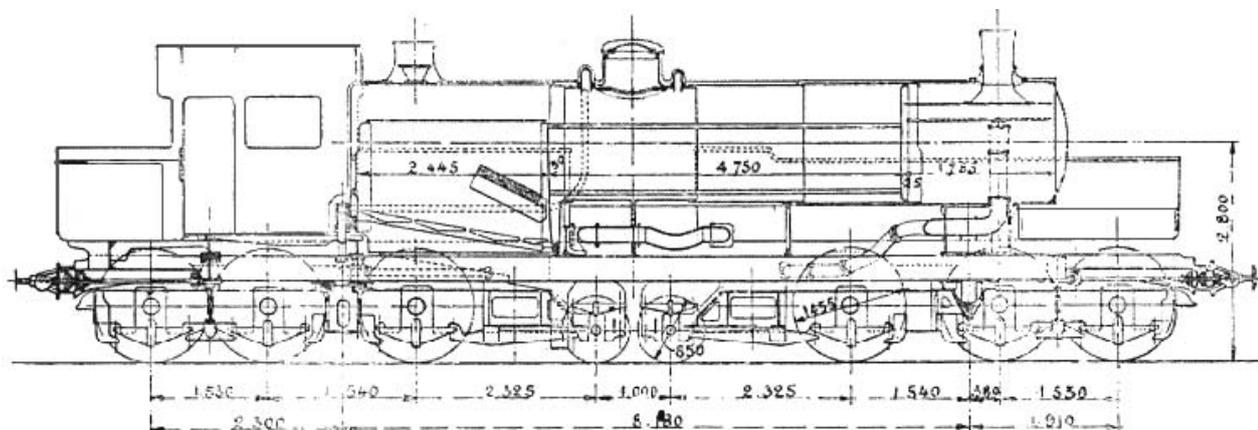


Fig. 76 - Dibujo de una locomotora Du Bousquet



Fig. 77 - Locomotora du Bousquet construida para el Ferrocarril de cintura de París

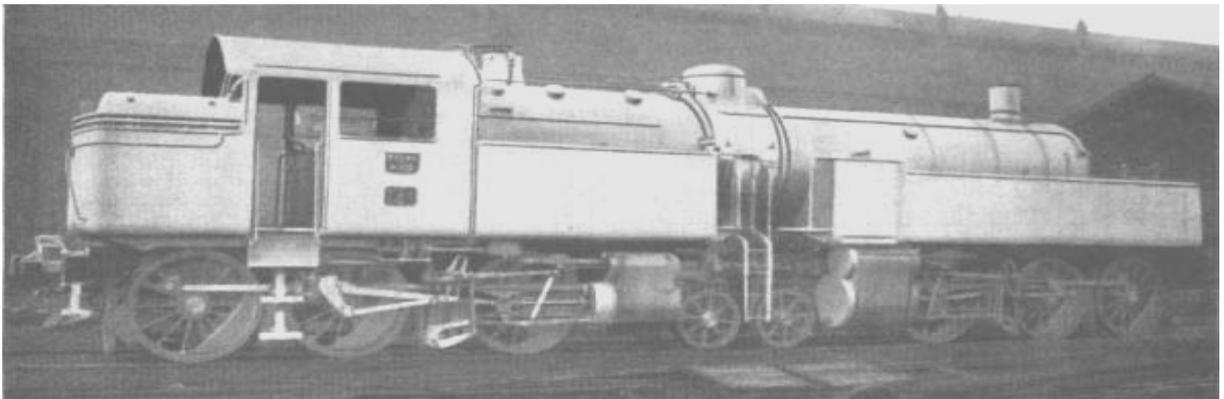


Fig. 78 - Locomotora Du Bousquet exportada a China

Fue construida en trocha internacional, y difería sólo en detalles de las que estaban en servicio en Francia. Parece ser una foto de fábrica (Haine-Saint Pierre)

Configuración Golwé - Este diseño de origen francés se utilizó con moderado suceso en África, pero no tuvo aceptación en otros países. La unidad motriz frontal pivotea debajo de la caldera de manera similar a la locomotora Meyer. Al contrario que las Garratt, su bogie frontal lo hace en el frente de la caldera. La unidad motriz posterior está ubicada debajo del tender, de modo similar a la Garratt, sin embargo, mientras que la Garratt llevaba su carbón y agua directamente sobre el bogie trasero, la Golwé lo hacía sobre el bastidor central. Los cilindros de la unidad motriz trasera estaban colocados debajo de la cabina, al frente de la misma. Un dispositivo automático controlado por un flotante, reducía la admisión de los cilindros traseros para prevenir el patinaje cuando bajaba el nivel de agua del tanque. La caja de fuego quedaba entre las dos unidades motrices, por lo que podía ser de generoso tamaño.

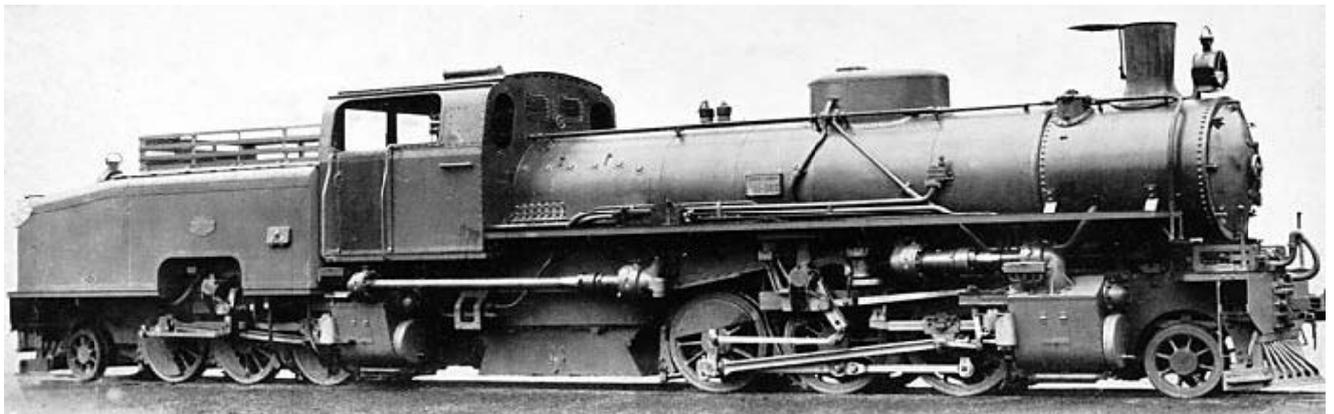


Fig. 79 - Locomotora Golwé.

Generalidades

Cuatro locomotoras de configuración 2-6+6-2 fueron suministradas al Ferrocarril de Costa de Marfil en 1930, y tres más al Ferrocarril del Congo al Océano, en el entonces Congo Francés. Éste último recibió dos más en 1935 y cinco adicionales de configuración 2-6+6-4. Esta repetición de órdenes sugiere que las locomotoras fueron exitosas, pero ambos ferrocarriles adoptaron luego el tipo Garratt.

Configuraciones Mallet rígida y flexible - La configuración Mallet es una de las formas más utilizadas de articular una locomotora. Si bien este concepto se adoptó mayoritariamente en los Estados Unidos, Anatole Mallet (1837-1919) era suizo. Una locomotora Mallet tiene una unidad motriz anterior que pivotea debajo del frente de la caldera, y una unidad motriz posterior rígidamente montada. Esto significa que se puede construir una locomotora más larga y potente, que pueda tomar sin dificultad las curvas. Estrictamente hablando, una locomotora articulada de esta forma sólo es Mallet si es de doble expansión, con los cilindros de alta presión montados en la unidad motriz fija. Mallet eligió esta disposición para que los tubos de vapor de alta presión no tuvieran que ser flexibles.

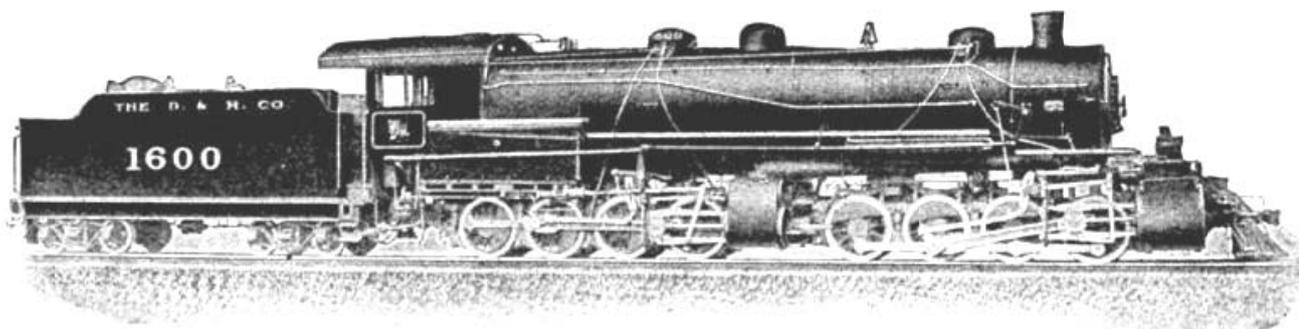


Fig. 80 - Locomotora articulada Mallet compound

La locomotora mostrada es una simple, no flexible, semi-articulada Mallet. La unidad frontal de 8 ruedas motrices tiene un cojinete aproximadamente debajo del primer domo.

Locomotora Mallet de caldera flexible - Si continuamos alargando la caldera, tarde o temprano sobresaldrá demasiado en las curvas, de modo que la respuesta obvia (para mucha gente) es hacer que la caldera se doble en su parte media, ya sea con una junta esférica o, crease o no, con un fuelle metálico.

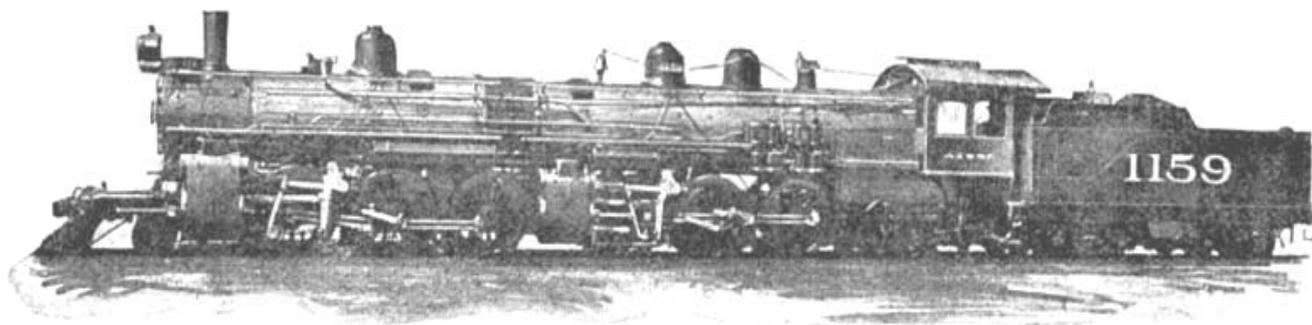


Fig. 81 - Locomotora Mallet de caldera flexible.

Esta idea fue originada por Samuel Vauclain de la Baldwin Locomotive Co. en 1910, y potenciada por el descubrimiento que los gases de combustión no transferían calor al agua más allá de los 6,5 metros de longitud de los tubos. Ese fue el secreto de este aparentemente descabellado diseño: la caldera en sí terminaba antes de la sección flexible, de modo que ésta no estaba sometida a presión, sino que simplemente conducía los gases a un sobrecalentador para el vapor dirigido a los cilindros frontales, de baja presión, y un precalentador del agua de admisión, ubicados en la parte frontal.

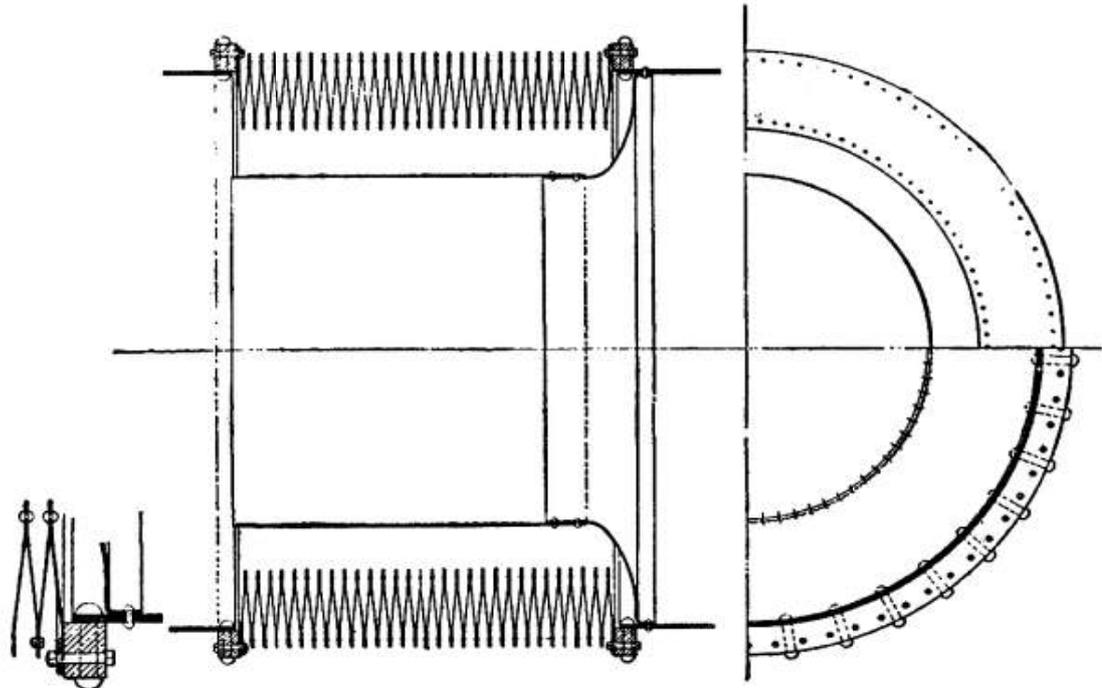


Fig. 82 - Secciones longitudinal y transversal mostrando una conexión tipo fuelle metálico

Dibujo de la parte flexible. La estructura acampanada en el interior de la junta, presumiblemente mantenía los gases de la combustión alejados del fuelle. Éste estaba constituido por 50 aros de acero elástico, remachados en sus bordes interno y externo. El ferrocarril Santa Fe compró seis de estas locomotoras 2-6-6-2 a Baldwin en un periodo de dos años, esperando que rodaran más fácilmente que las rígidas que intentaron reemplazar. No sucedió así, y además presentaron problemas con las juntas.

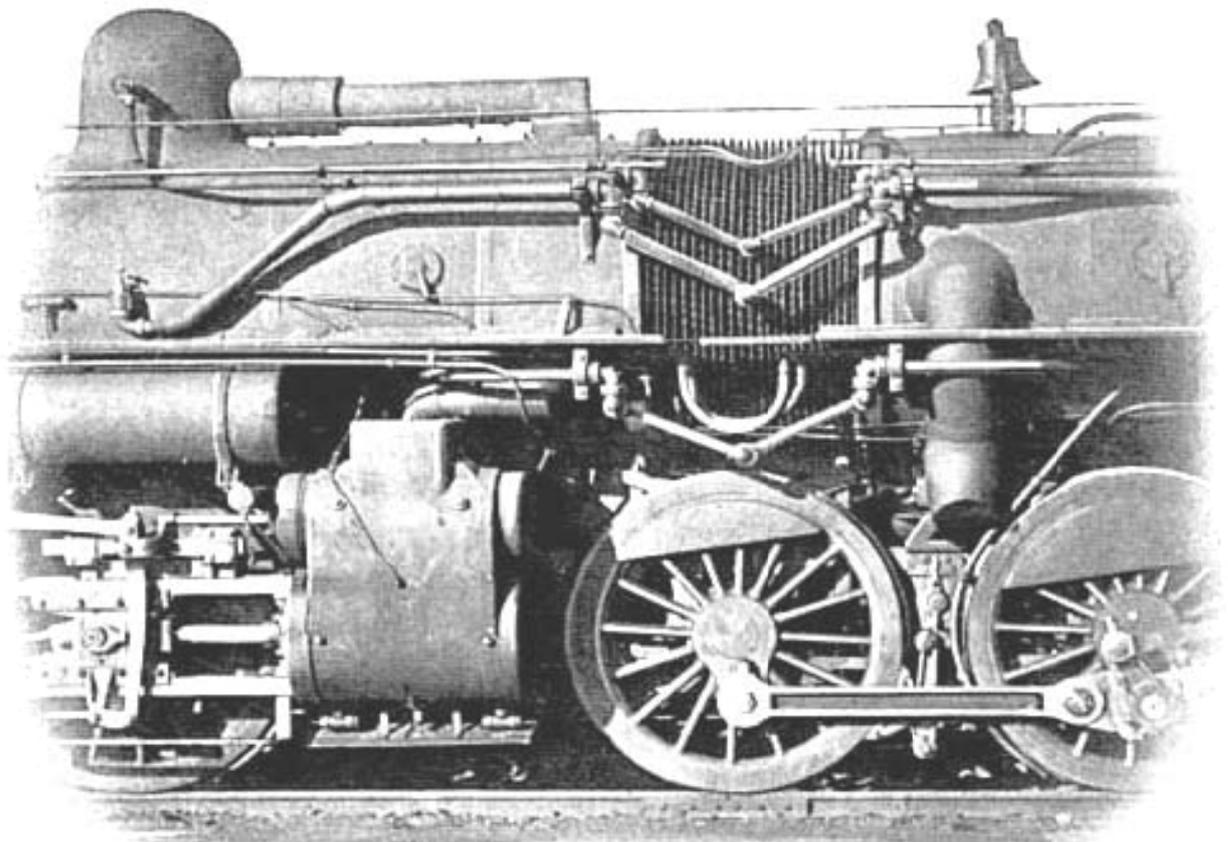


Fig. 83 - Una vista de la junta. Se hacen notar los tubos articulados y las mangueras flexibles requeridos.

La junta trabajaba hasta que las cenizas se acumulaban entre los anillos, que al cerrarse en el lado interior de las curvas, hacían saltar a los remaches.

Generalidades

Locomotora Mallet de caldera articulada - Para resolver el problema de los fuelles, se los reemplazó por enormes juntas esféricas. Trabajaron bien, pero no solucionaron sus pobres condiciones de marcha, y fueron retiradas hacia mediados de la década del '20.

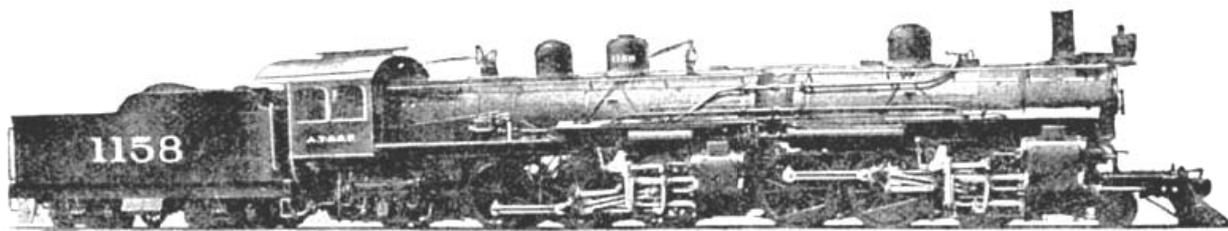
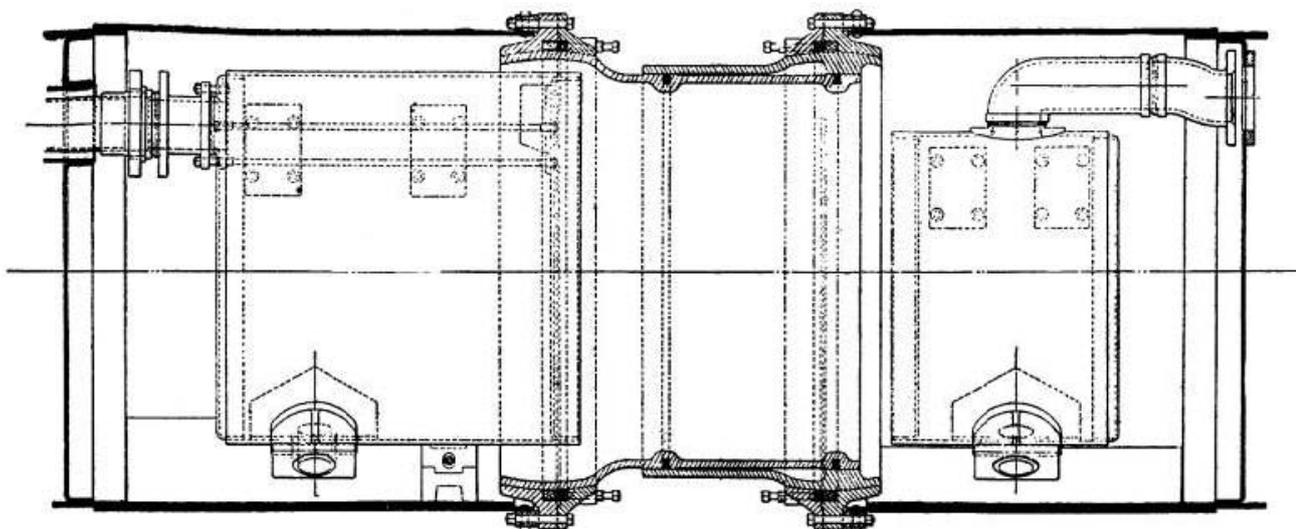


Fig. 84 - Locomotora articulada Mallet con caldera flexible de doble junta esférica



Recalentador

Sobrecalentador

Fig. 85 – Sección longitudinal, mostrando la doble junta esférica y la disposición del sobrecalentador y el recalentador

No hay nada extraño en las locomotoras articuladas, por lo que muchos miles fueron construidas y operaron exitosamente. Las calderas flexibles, en cambio, parecen haber tenido muchos problemas y locomotoras de este tipo fueron excepcionales.

Locomotora Triplex del Ferrocarril Erie (1914) - En una Mallet Triplex, existen tres unidades motrices: la frontal, que puede girar debajo del frente de la caldera, la media, fija sobre el bastidor, y la trasera debajo del tender.

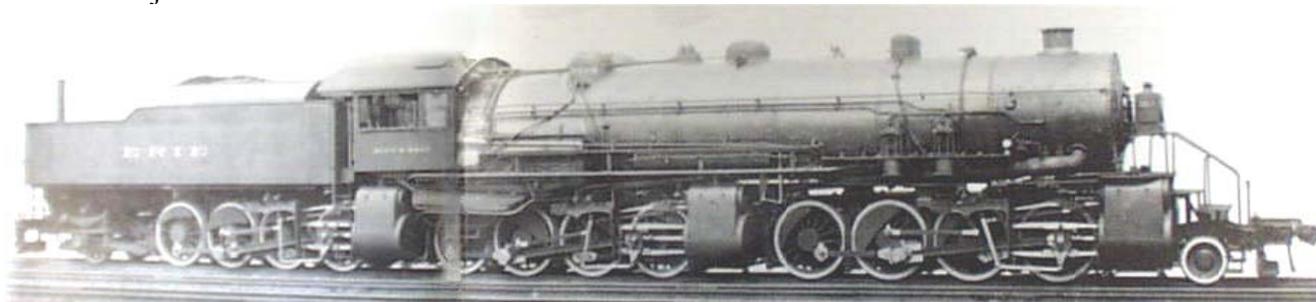


Fig. 86 - Locomotora Matt H. Shay, una triplex utilizada para arrastrar trenes de carga de gran tonelaje en el Ferrocarril Eire. Nótese el tubo trasero de escape en la parte posterior.

Los cilindros de alta presión son los centrales; el vapor del cilindro central derecho pasa a los cilindros delanteros de baja presión, y el del cilindro central izquierdo, a los cilindros de baja presión bajo el tender. El escape de los cilindros delanteros es dirigido al escape en la caja de humo, y el trasero, luego de pasar por un calentador de agua de alimentación, se dirige al tubo de escape trasero.

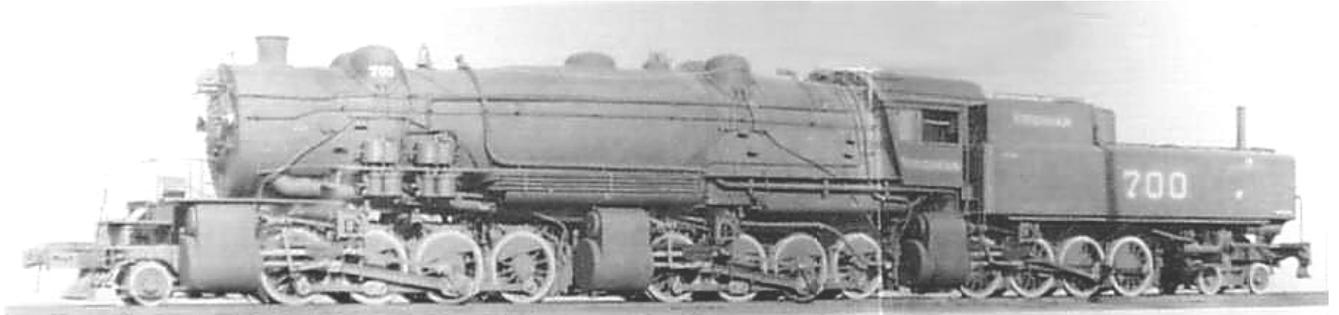


Fig. 87 - Locomotora Triplex del Ferrocarril Virginian (1916)

Hasta donde yo sé, en Argentina no hubo locomotoras Mallet.

Configuración Garratt

Diagrama de una locomotora Garratt - La Garratt es un tipo de locomotora a vapor articulada en tres partes. Su caldera está montada sobre el bastidor central, y las dos unidades motrices están montadas en dos bastidores separados, uno en cada extremo de la caldera. La articulación permite a locomotoras más grandes, negociar curvas que restringirían el paso de locomotoras de mayor base rígida. Muchos diseños Garratt doblaron el poder de las mayores locomotoras convencionales de sus ferrocarriles, reduciendo la necesidad de la tracción múltiple y consiguientemente de personal.



Fig. 88 - Locomotora Garratt de los Ferrocarriles Sudafricanos, trocha 2' (610 mm), N° SAR NGG 16, preservada en condiciones de operación en el Ferrocarril Welsh Highland (Gales)

Desarrollo - La locomotora articulada Garratt fue desarrollada por Herbert William Garratt, un ingeniero que, luego de su carrera en los ferrocarriles coloniales británicos, fue Ingeniero Inspector del Ferrocarril de New South Wales (Australia) en Londres. Solicitó su primera patente en 1907, luego de observar los vehículos militares articulados de los cañones.

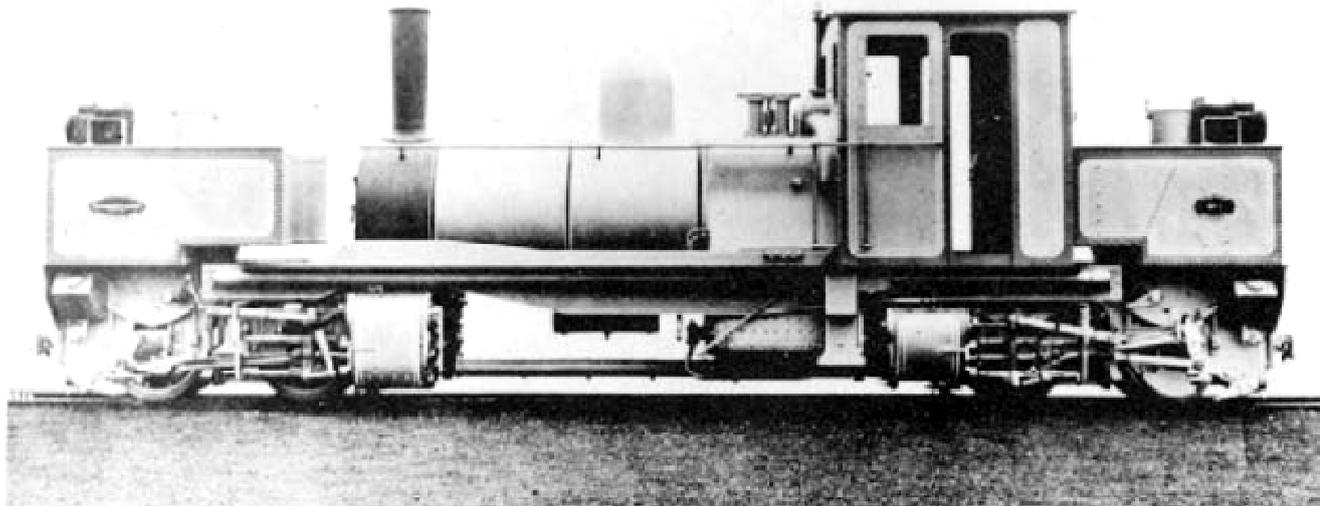


Fig. 89 - Foto de fábrica de la K1, la primera locomotora Garratt construida

Garratt intentó primero acercarse a Kitson & Co., pero su idea fue rechazada, quizás porque la empresa ya se había comprometido con el diseño Kitson-Meyer. Luego se acercó a Beyer, Peacock & Co., quienes se mostraron sólo marginalmente interesados.

Las primeras Garratts - En 1907 Beyer, Peacock & Co. sometió una propuesta para una locomotora Garratt 0-4-0+0-4-0 de trocha 2' al New South Wales Government Railway, pero no prosperó. El año siguiente un diseño para una locomotora de 2' de trocha, tipo Mallet, fue sometido respondiendo una solicitud del Tasmanian Government Railway. Este fue seguido por el diseño de una locomotora Garratt ligeramente más pesada que la propuesta al New South Wales. Esta última propuesta fue aceptada y en 1909 se construyeron dos locomotoras que constituyeron la Clase K.

A diferencia de la patente de Garratt, el Tasmanian Railway insistió en una disposición compund, con los cilindros hacia el interior, a fin de reducir ambas distancias, entre caño de admisión vapor a los cilindros de alta presión, y entre los cilindros de alta presión y los de baja presión. Esto hacía a estas locomotoras innecesariamente complicadas y colocaba los cilindros de alta presión directamente debajo de la cabina, haciéndola incómodamente caliente, especialmente en verano. Esta disposición no fue repetida en diseños posteriores. Sólo una locomotora Garratt más fue construida, también por Beyer, Peacock & Co., con sistema compound.

Dificultades tempranas de diseño y construcción afectaron las conexiones flexibles entre la caldera y las unidades motrices. Esto fue solucionado por los diseñadores de Beyer, Peacock & Co. luego de estudiar las descripciones de las juntas esféricas de vapor utilizadas en las locomotoras Fairlie construidas para el Ffestiniog Railway, seguidas por una visita al FR para observar éstas locomotoras en servicio.

Darjeeling Himalayan Railway - La tercera Garratt (una 0-4-0+0-4-4, como las dos primeras), fue una Clase "D" construida en 1910 para el Darjeeling Himalayan Railway. Al igual que en las clases Garratt tempranas, sus dimensiones y potencia fueron diseñadas para ser aproximadamente equivalentes a dos de las 0-4-0T existentes, si bien en la práctica solo llegaron a un 65% más de carga. Estas clase "D" siguieron la patente Garratt, con cilindros de simple expansión y colocados hacia los extremos. También incorporaban la primera mejora de diseño debida a Beyer, Peacock & Co., colocando los puntos de pivote sobre el eje posterior y no entre dos ejes, como especificaba la patente Garratt.

Esto permitía diseños que evolucionaron en locomotoras más largas y potentes. Si bien técnicamente exitosas, fueron subutilizadas y retiradas en 1954.

Primeras locomotoras de líneas principales - En 1911 Beyer, Peacock & Co. construyó seis locomotoras Garratt 2-6-0+0-6-2 para el Western Australian Government Railways. La clase M fue seguida por la Ms y la Msa. Fueron las primeras Garratts construidas para una línea principal, las primeras construidas en cantidad mayor, y el primer diseño en ser repetido y mejorado.

También fueron el punto de partida para las locomotoras clase G para el Victorian Railways y para el Australian Portland Cement.

Beyer-Garratt - Garratt otorgó su licencia a la firma británica Beyer, Peacock & Co. para construir locomotoras de acuerdo con su diseño patentado. Además de construir locomotoras, Beyer, Peacock desarrolló y negoció ese diseño, otorgando licencias a otros constructores. Luego de expirar la patente original en 1928, Beyer, Peacock continuó ofreciendo este tipo de locomotoras, bajo su marca Beyer-Garratt. Con continuos desarrollos y mejoras, Beyer, Peacock mantuvo su liderazgo con las Garratt, y casi las dos terceras partes de las Garratts construidas (1023 de 1651) salieron de su Planta Gorton Foundry.

Las restantes fueron construidas por empresas licenciadas y un pequeño número sin licencia. Se construyeron Garratts en Inglaterra, Francia, España, Alemania, Italia, Bélgica, Sud África, Brasil, Australia y Argentina.

Últimas Garratts construidas - Las últimas Garratts fueron construidas en 1967/8, ocho trocha 2' (610 mm) para el South African Railways, clase SAR NGG 16. La orden fue colocada con Beyer, Peacock & Co., pero como ésta estaba en proceso de cierre, subcontrató la orden con la Hunslet Engine Co. La subsidiaria de Hunslet en Sud África construyó allí casi toda la serie.

Posteriormente se construyeron dos locomotoras más de este tipo: entre febrero y noviembre de 1994, en los talleres Tranex, de Carupá, se construyó la Livio Dante Porta, y en el año 2006, en los Talleres Girdlestone Rail en Port Shepstone, Sudáfrica, la Ingeniero Naval Héctor Rodríguez Zubieta, ambas 0-4-0+0-4-0, ambas de trocha 500 mm, para el Ferrocarril Austral Fueguino.

Ventajas del diseño Garratt - La principal ventaja del diseño Garratt es que la unidad de la caldera y la caja de humo está suspendida entre las dos unidades motrices. Esto libera, tanto a la caldera como a la caja de fuego, de las restricciones impuestas donde deben ubicarse sobre un bastidor y una unidad motriz., como en los diseños convencionales y en otras articuladas, como las Mallet. Las Garratt pueden tener una caldera de diámetro mayor, lo que incrementa el área de calefacción, y facilita la producción de vapor.

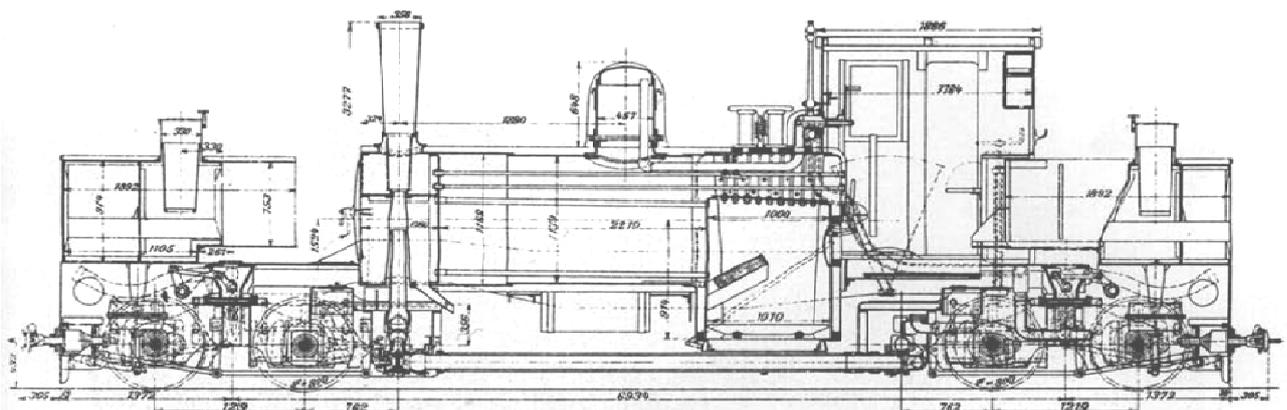


Fig. 90 - Plano de trabajo de la locomotora K1, mostrando como la caldera y la caja de fuego no son afectadas por los órganos motrices

La caldera también puede ser más corta que en otros diseños, para una misma área de calefacción. En algunas locomotoras, la caldera es tan larga que en el extremo del lado de la caja de humo, no hay intercambio de calor. Una caja de fuego mayor facilita una mejor combustión e incrementa el calor disponible en la caldera.

Otra ventaja del diseño Garratt sobre el Mallet, es su geometría. Cuando toma una curva, la unidad de la caldera y la cabina se mueve hacia adentro, como una cuerda de arco, y esto reduce la fuerza centrífuga que podría llegar a volcar una locomotora normal, y por lo tanto permite mayores velocidades.

Generalidades

La unidad frontal articulada de una Mallet tiende a descarrilar cuando la locomotora toma curvas. Mientras que la mayoría de las Garratt fueron designadas para tráfico mixto o de cargas, hubo una cantidad de clases para trenes de pasajeros. Una Garratt tiene el record de velocidad para locomotoras articuladas.

El diseño Garratt tiene otras ventajas cuando se utilizan en ferrocarriles económicos y de trocha angosta. Son máquinas-ténder, por lo que eliminan la necesidad de costosas mesas giratorias o triángulos. No necesitan ser giradas, aumentando su flexibilidad operacional. Dado que las unidades motrices están separadas por la unidad de la caldera, el peso total de la locomotora está repartido sobre las dos unidades, con el resultado de poder pasar sobre puentes que no resistirían el paso de una locomotora convencional o Mallet de peso similar.

Al contrario de la mayoría de las locomotoras convencionales, que han llegado a sus máximas “dimensiones críticas”, las Garratt tienen todavía algunas posibilidades, como mayores ruedas motrices, mayores calderas y mayores potencias disponibles.

Desventajas del diseño Garratt - La mayor desventaja de las Garratt, compartida con todas las locomotoras-ténder, es que el esfuerzo de tracción disminuye a medida que se utiliza el agua del depósito delantero y el agua y el carbón del depósito trasero. Al reducirse el peso sobre las ruedas puede aparecer al patinaje. Para reducir el patinaje, se acostumbraba enganchar un vagón tanque con agua detrás de la locomotora, práctica que permitía también mayor autonomía. El peso del agua y del carbón, necesarios para la adhesión, se podían predecir, por lo que no significaba un problema operacional.

Otra desventaja es que ambas unidades motrices eran controladas por un solo un regulador, por lo que si una unidad motriz patinaba, se debía reducir el vapor para ambas, si el maquinista quería controlarlo.

Las Garratt tenían un problema de seguridad en Australia Occidental, cuando operaban a través de túneles de vía sencilla y de modestas dimensiones. Si la locomotora se detenía dentro de uno de esos túneles la dotación podía quedar atrapada, ya que no había forma de pasar en ningún sentido al lado de los cilindros calientes. Una locomotora normal tiene cilindros calientes en un extremo y una ruta de escape en el otro. Ambos miembros de una tripulación murieron en 1940 cuando una Garratt estándar quedó detenida en el único túnel existente, el Túnel Swan View.

Locomotoras Garratt en Argentina

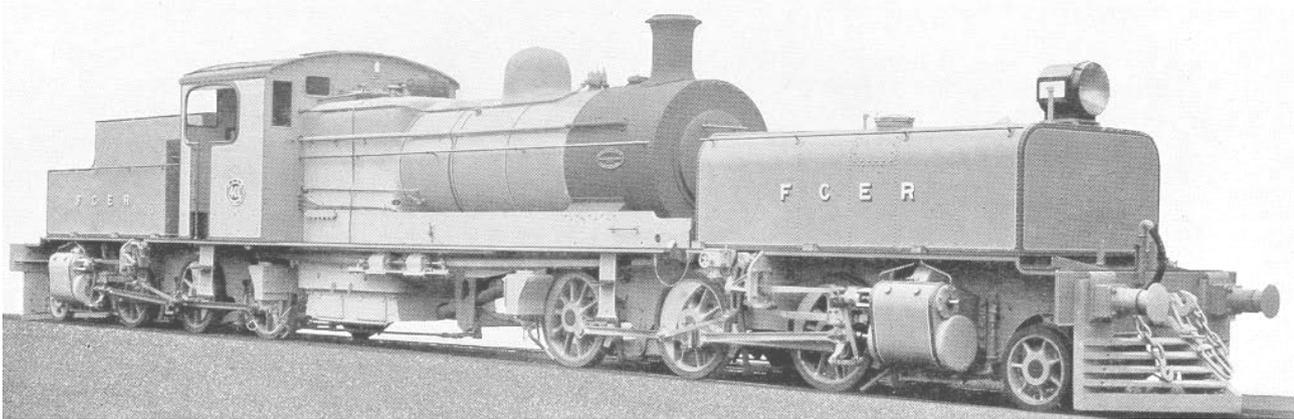


Fig. 91 - Ferrocarril de Entre Ríos (Urquiza) N° 401 (Beyer Peacock 6355/1927)

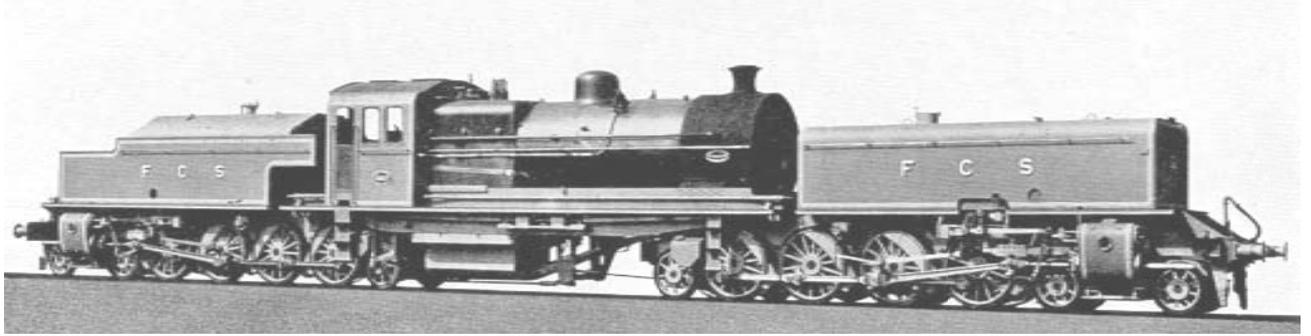


Fig. 92 - Ferrocarril Sud (Roca) N° 4862 (Beyer Peacock 6428/1928)

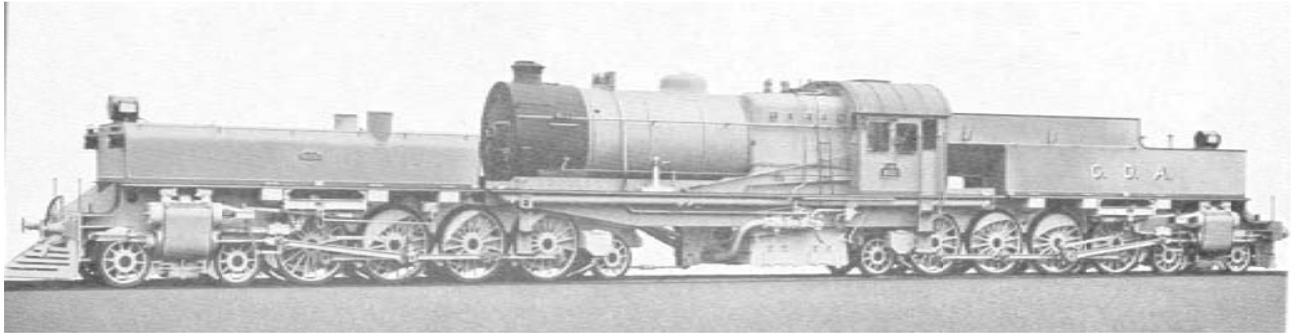


Fig. 93 - Ferrocarril Buenos Aires al Pacífico (San Marín) N° 951 (Beyer Peacock 6532/1929)

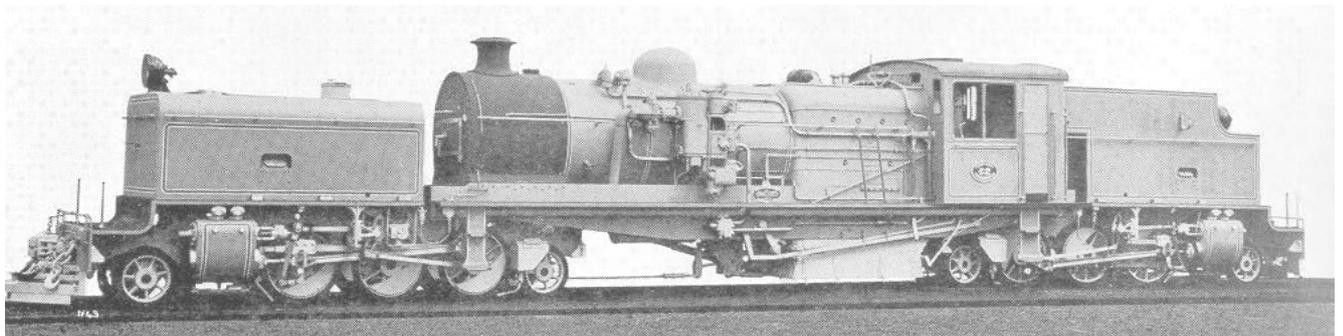


Fig. 94 - Ferrocarril Trasandino N° 62 (Belgrano N° 1562) (Beyer Peacock 6544/1929)

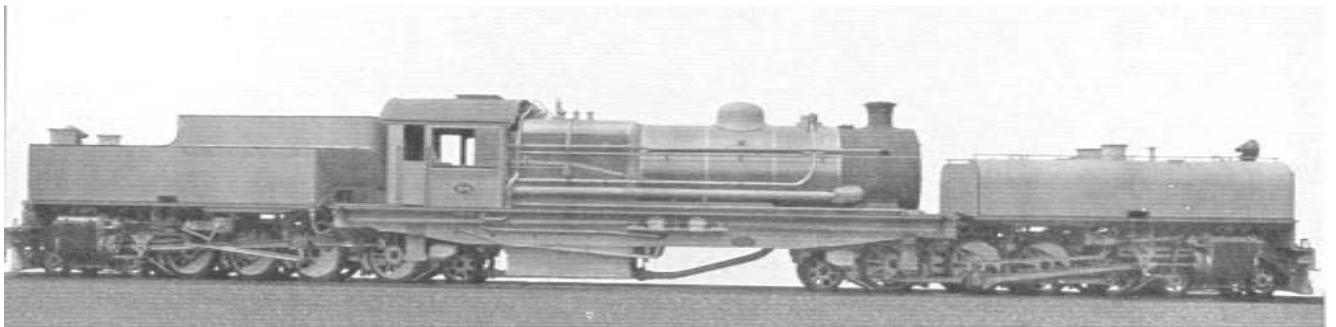


Fig. 95 - Ferrocarril Central Córdoba (Belgrano) N° 1520 (Beyer Peacock 6559/1929)

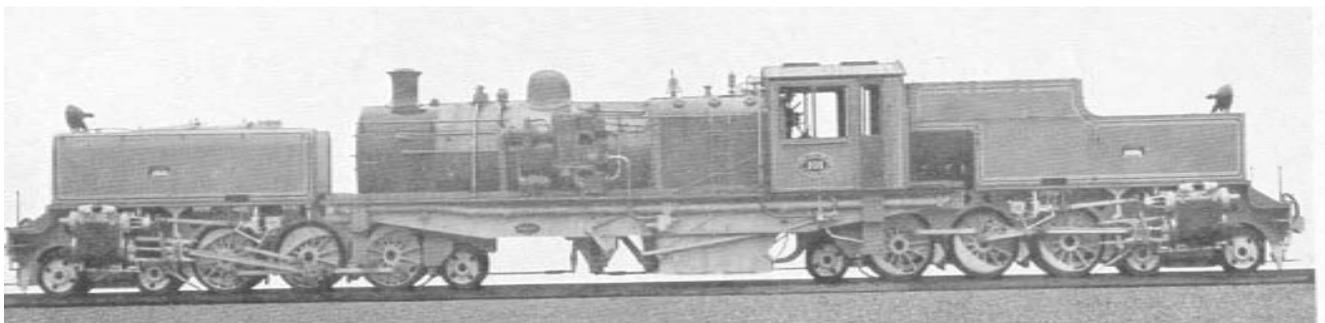


Fig. 96 - Ferrocarril Midland N° 101 (Belgrano N° 9101) (Beyer Peacock 6570/1929)

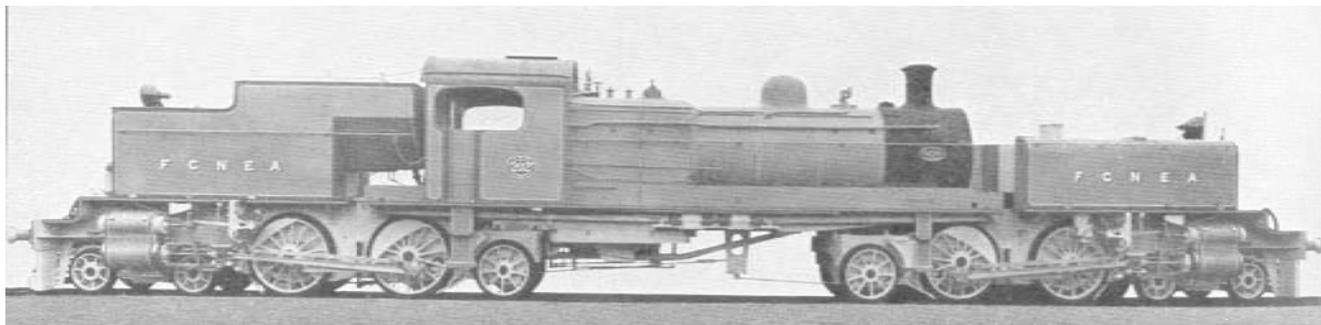


Fig. 97 - Ferrocarril Noreste Argentino (Urquiza) N° 202 (Beyer Peacock 6646/1930)

Las dos últimas locomotoras tipo Garratt construidas para el Ferrocarril Austral Fueguino, tienen la particularidad de tener los cilindros de ambos grupos ubicados hacia el interior.



Fig. 98 - Locomotora Ing. Livio Dante Porta – Ferrocarril Austral Fueguino

Esta es una locomotora muy especial para nuestro ferrocarril, no sólo por haber sido la primera vaporera en brindar servicios en este ramal, sino también porque fue **construida íntegramente en nuestro país**, entre febrero y noviembre de 1994. Los trabajos realizados por TRANEX en sus talleres de Carupá, incluyeron la construcción de cada uno de sus componentes, **sin importar ninguna pieza**, siendo una prueba más del ingenio y la capacidad Argentina en el desarrollo integral de locomotoras a vapor.



Fig. 99 - Locomotora Ingeniero Naval Héctor Rodríguez Zubieta – Ferrocarril Austral Fueguino

Los trabajos de construcción de la nueva locomotora, una 0-4-0+0-4-0, estilo Beyer Garratt de trocha angosta (500mm), se llevaron a cabo en los Talleres Girdlestone Rail en Port Shepstone, Sudáfrica. Fue la última locomotora incorporada al F.A.F., puesta en marcha a partir de octubre de 2006. El largo de la misma es de aproximadamente 7 metros y su peso ronda las 10 toneladas. Cuenta con una potencia de 160 HP.

Configuración Meyer

Diagrama del sistema de articulación Meyer - Meyer es un tipo de articulación de locomotoras. Este diseño no fue nunca tan popular como los Garratt o Mallet. Puede ser considerada como un competidor del siglo XIX para los primeros desarrollos de las Mallet compound y las Failies articuladas.

Diseño y desarrollo - El sistema de articulación Meyer se debe a la inspiración del francés Jean Jacques Meyer (1804 – 1877), quién lo patentó en 1861. La primera locomotora, llamada L’Avenir, fue construida por M.M.Cail en 1868, con el aporte de un subsidio estatal.

No tiene ruedas rígidamente posicionadas con respecto a la caldera, sino que están montadas en bogies colocados directamente bajo el conjunto caldera-cabina (comparable con una moderna locomotora diesel o eléctrica). Comparada con una Mallet, donde el conjunto trasero de ruedas se encuentra fijado al bastidor y sólo el conjunto delantero gira como un bogie, por lo tanto, la caldera sobresale menos que en una Mallet, en curvas del mismo radio.

Las locomotoras Meyer se construyeron como locomotoras-ténder, llevando los depósitos de agua y carbón sobre el bastidor de la caldera y cabina.

Una desventaja del diseño es que la caja de fuego está colocada directamente sobre la unidad motriz posterior, lo que limita su tamaño. Con dos bogies motrices, caños flexibles de vapor debían ser provistos para todos los cilindros. Esto era difícil de lograr con la tecnología del siglo XIX.

Generalidades

Las primeras locomotoras Mallet tenían doble expansión, por lo que el vapor a alta presión era provisto a la unidad motriz posterior, rígidamente unida al bastidor, mientras que los cilindros frontales, que requerían uniones flexibles, recibían vapor a baja presión.

Las locomotoras Meyer fueron mayormente comunes en Europa continental, particularmente en Alemania, y un número considerable de ellas sobrevivió mucho tiempo en ferrocarriles de trocha angosta en Sajonia.

Configuración Kitson-Meyer - Las Kitson-Meyer están estrechamente asociadas con Kitson & Co. de Leeds, pero fueron también construidas por otros fabricantes. El diseño se originó en una idea de Robert Stirling, Superintendente de Locomotoras de la Anglo-Chilean Nitrate & Railway Co. Luego de colocar una orden con Kitson por algunas locomotoras convencionales, les propuso la idea de una locomotora articulada. Kitson más adelante desarrolló la idea, construyendo la primera locomotora en 1894.

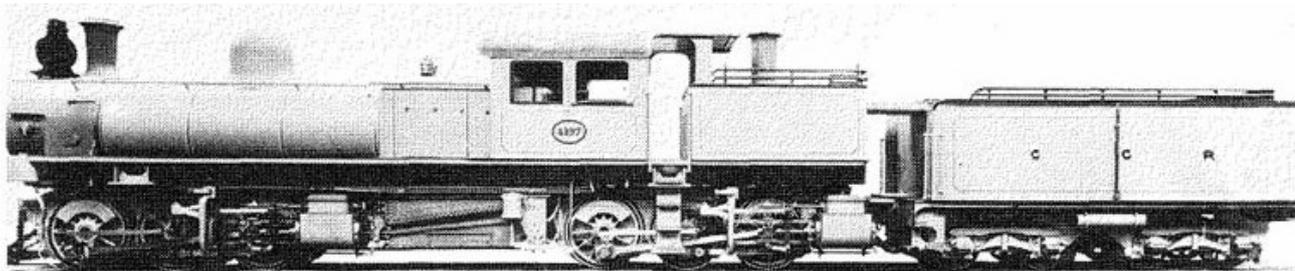


Fig. 100 - SAR clase KM (1904)

El diseño Meyer fue modificado moviendo la unidad motriz posterior más hacia atrás, permitiendo que la caja de fuego, más grande, quedara entre las dos unidades motrices, como en una Garratt. La longitud de la locomotora resultó incrementada, con esa longitud extra detrás de la cabina utilizada para ubicar tanques de agua adicionales. Algunos diseños tuvieron una chimenea auxiliar en la parte trasera, para evitar la necesidad de un tubo de escape a lo largo de toda la locomotora.

Las Kitson-Meyer fueron ampliamente utilizadas en Sud América, particularmente en los ferrocarriles colombianos y chilenos. Fueron especialmente estimadas por ser las locomotoras articuladas que mejor se adaptaron a las líneas con constantes curvas.

A pesar de eso, se construyeron poco más de cien locomotoras Kitson-Meyer, y se acepta generalmente que sufrió la competencia de las Garratt.

Una locomotora Kitson-Meyer sobrevive, en no muy buen estado de conservación en Taltal, un viejo puerto de nitrato en la región de Antofagasta, en Chile, junto con dos coches del Nitrate Railway. Tres Kitson-Meyer del Ferrocarril Trasandino han sobrevivido, una en Tañi Viejo, Argentina, una en Los Andes y una en Santiago, en Chile.

Meyer modificadas - W.G.Bagnall construyó grandes locomotoras industriales de trocha angosta. Generalmente, 0-4-4-0T, como Meyer, pero con una caja de fuego circular que no sobresalía de las pasarelas. Un número de ellas fue destinado a las plantaciones de caña de azúcar en Sud África. La última, N° de construcción WB3024, "Monarch", fue construida en 1953 para el Bowater's Railway en Kent, y ahora está en el Welshpool & Llanfair Light Railway.

Configuración Fairlie - Fairlie es un tipo de locomotora articulada que tiene sus ruedas motrices montadas en bogies. La locomotora puede ser doble Fairlie o simple Fairlie. Estas locomotoras están generalmente asociadas con el Ffestiniog Railway en Gales.

Mientras que las locomotoras Fairlie han casi desaparecido, la gran mayoría de las locomotoras diesel y eléctricas en el mundo siguen un diseño no muy diferente de aquellas – dos bogies con todos sus ejes motrices – y muchas de ellas siguiendo la idea de ser capaces de ser conducidas igualmente bien en ambas direcciones.

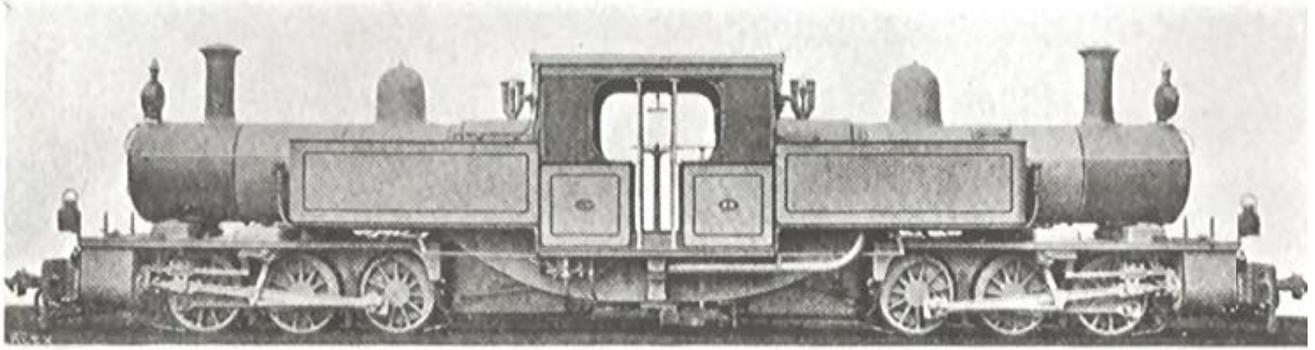


Fig. 101 – Locomotora Fairlie construida por Vulcan Foundry Co. Para los Ferrocarriles de Burma.

Diseño y desarrollo - La locomotora Fairlie fue inventada y patentada por el ingeniero escocés Robert F. Fairlie en 1864. Él se había convencido de que la disposición convencional de las locomotoras era seriamente deficiente. Desperdiciaban peso sobre ruedas no motrices (el máximo esfuerzo de tracción que una locomotora puede desarrollar es función del peso sobre las ruedas motrices), y sobre un tender que no hace más que llevar combustible y agua, sin contribuir al peso adherente de la locomotora. Es más: una locomotora estándar tiene una parte delantera y una trasera, y no está diseñada para funcionar continuamente en marcha atrás, por lo que requiere de mesas giratorias o triángulos en cada terminal.

La respuesta de Fairlie fue una locomotora doble, llevando sobre ella toda el agua y combustible necesarios, y con todos sus ejes motrices. La parte doble fue lograda colocando dos calderas sobre la locomotora, juntadas espalda con espalda, del lado de las cajas de fuego, con las chimeneas en sus extremos (apareciendo bastante convencionales, hasta que se cae en la cuenta que tiene dos frentes).

En el diseño original de Fairlie las dos calderas compartían una caja de fuego común, con dos cámaras de agua separadas, pero se detectó que no trabajaba como se esperaba, y en las locomotoras posteriores las cajas de fuego fueron dos.

El maquinista se ubicaba a un lado de la locomotora, y el foguista al otro, separados por la doble caja de fuego. Había, por supuesto, controles en ambos extremos de la cabina central, para permitir que fuera conducida igualmente bien en ambas direcciones.

La locomotora estaba soportada por dos bogies giratorios con todas sus ruedas motrices; las locomotoras más chicas tenían bogies de cuatro ruedas, y las mayores de seis. Los cilindros estaban en los extremos de cada bogie, hacia los frentes de la locomotora. El vapor era suministrado a los cilindros vía tubos flexibles. Los topes y enganches se montaban a veces sobre los bogies, no sobre el bastidor, de forma de seguir mejor las curvas de la vía.

El agua y el combustible eran llevados en la locomotora, en forma de tanques laterales a lo largo de cada caldera, y con depósitos para el combustible sobre ellos.

Ejemplos de utilización - Las primeras locomotoras Fairlie no fueron exitosas. Se construyeron para el Neath & Brecon Railway y para el Queensland Railway en Australia, habiendo fracasado notablemente, hasta el punto que las últimas mencionadas fueron devueltas al fabricante.

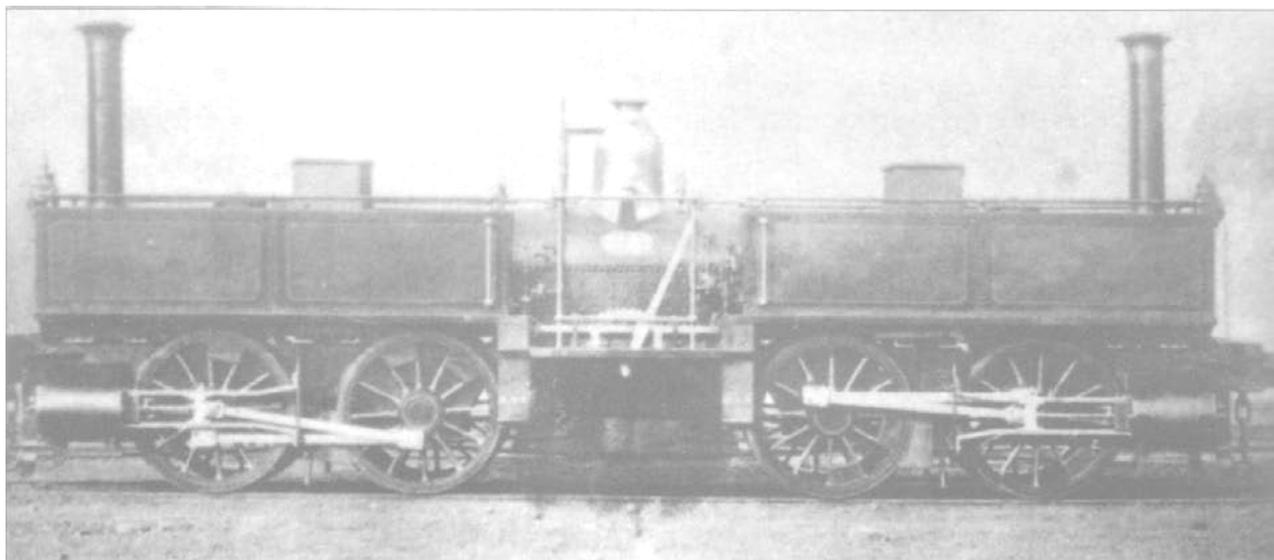


Fig. 102 - *Mountaineer* construida en 1866 para el Neath & Brecon Railway



Fig. 103 - David Lloyd George construida en 1992 para el Ffestiniog Railway

Gales - En 1869 la empresa de Fairlie construyó una locomotora, llamada *Little Wonder* (Fairlie no fue un individuo particularmente modesto) para el Ffestiniog Railway, para el acarreo de pizarra en el norte de Gales, que tuvo un sobresaliente desempeño.

Particularmente importante para una línea de trocha tan angosta como el Ffestiniog, con un ancho de sólo 11' 11½" (597 mm), fue el hecho de que el diseño Fairlie significaba que la caja de fuego y el cenicero no estaban restringidos por el bastidor ni por el ancho de la vía, sino sólo por el gálibo.

La Little Wonder tuvo tal suceso que Fairlie cedió al Ffestiniog Railway Company una licencia perpetua para utilizar la patente Fairlie sin restricciones, a cambio de usar la línea y el suceso de sus locomotoras en su publicidad. El Ffestiniog llegó a poseer un total de seis locomotoras Fairlie.

Otros países - Basado en el suceso de la *Little Wonder* en el Ffestiniog, Fairlie llevó a cabo una serie de exitosas demostraciones en ese ferrocarril en febrero de 1870, ante delegaciones de altos funcionarios de muchas partes del mundo. Esto vendió su invención, y el concepto del ferrocarril de trocha angosta en el que se había basado, a lo largo del mundo.

Se construyeron locomotoras para muchas colonias británicas, para la Rusia imperial, y hasta un ejemplar fue a Estados Unidos. En 1879 la primera línea gubernamental en Australia Occidental, desde Geraldton a Northampton utilizó una Fairlie como uno de sus primeros ítems de material rodante.

La locomotora vendida a Estados Unidos fue encargada por el flamante Denver & Rio Grande en 1872, y fue una pequeña locomotora con bogies de cuatro ruedas, de configuración 0-4-0+0-4-0. La experiencia del ferrocarril con la locomotora fue típica, con la indicación de que, si bien Fairlie había eliminado varios problemas de las locomotoras convencionales, había introducido nuevas complicaciones.

Las únicas locomotoras Fairlie realmente exitosas, aparte del Ffestiniog Railway fueron las utilizadas en Méjico y en Nueva Zelanda.

Méjico - Los Ferrocarriles Mejicanos utilizaron Fairlies en un tramo montañoso de la línea, entre Ciudad de Méjico y Veracruz, en el que 49 enormes 0-6-0+0-6-0 Fairlies con un peso de casi 125 toneladas, fueron importadas de Inglaterra. Las más largas y potentes locomotoras fabricadas hasta esa fecha, fueron utilizadas hasta que la línea fue electrificada en los años '20. Los valores del esfuerzo de tracción eran impresionantes comparados con locomotoras relativamente modernas, como por ejemplo las BR Standard Class 9F.

Nueva Zelanda - En Nueva Zelanda las clases R y S de Fairlies simples y las clases B y E de Fairlies dobles fueron encargadas en 1870 para ser utilizadas en el sistema de trocha angosta (3' 6") construido bajo el programa de "Grandes Obras Públicas" de Julius Vogel, destinado al desarrollo de la región.

Problemas de diseño

Agua y combustible - Fue muy crítica la ausencia de tender, significando que la capacidad de combustible y agua eran muy limitadas. Una locomotora es, de por sí, un lugar abarrotado, y el diseño Fairlie deja todavía menos lugar para colocar los suministros que una locomotora-tender normal, que al menos cuenta con espacio disponible detrás de la cabina. La posición central de esta última significa que es muy difícil agregar un tender. El problema de la limitada cantidad de combustible no sería un problema si se utilizara petróleo en lugar de carbón. Algunas de las grandes Fairlies de Méjico fueron petrolizadas, y lo mismo sucedió recientemente con las del Ffestiniog Railway.

Tuberías de vapor - También fueron problemáticos las tuberías flexibles de vapor desde y hacia los cilindros de cada unidad giratoria motriz, proclives a generar pérdidas y gastos de potencia. Este problema fue solucionado en forma significativa.

Está documentado que los problemas de diseño y construcción encontrados en las conexiones flexibles de las locomotoras Garratt en 1909, fueron solucionados por los ingenieros de Beyer Peacock luego de estudiar las descripciones de las juntas de vapor esféricas usadas en las locomotoras Fairlie construidas para el Ffestiniog Railway luego de una visita para observarlas en servicio.

Bogies motrices - Un problema adicional provenía de los bogies motrices: existe una buena razón para utilizar ruedas portantes en las locomotoras a vapor, ya que sirven en la función de estabilizar la locomotora, reduciendo su tendencia a oscilar en las rectas, y guiándola en las curvas, y por lo tanto, reduciendo los descarrilamientos. Las primeras Fairlies tenían tendencia a una marcha áspera, y eran más propensas a descarrilamientos de lo que deberían ser.

Generalidades

Esto fue parcialmente cierto en la *Little Wonder*, que sufrió tal desgaste que obligó a su reemplazo en menos de veinte años de uso intensivo. Se ha dicho que, literalmente, se hacía pedazos en vías desniveladas. En gran medida el problema no estaba en la utilización de bogies motrices, sino en fallas de diseño y especialmente en la falta de peso en el otro extremo de los bogies, para balancear el peso de los cilindros. Las locomotoras siguientes del Ffestiniog Railway fueron mucho más estables sobre los rieles. Todas las locomotoras Fairlie del Ffestiniog Railway han tenido una buena reputación en cuanto a la suavidad de marcha en la cabina, comparadas con las 0-4-0 construidas por George England.

Visibilidad - El maquinista está a un lado de la caja de fuego, y el foguista al otro. Como resultado, la locomotora es conducida como mano izquierda en una dirección, y como mano derecha en la otra. Esto no favorece la visibilidad de las señales.

Resumen - El diseño de Fairlie estuvo limitado por las restricciones de toda locomotora a vapor: su necesidad de ingentes cantidades de agua y las fuerzas no balanceadas de sus pistones.

Configuración Fairlie simple o Mason Bogie - Una variación del diseño Fairlie que disfrutó de alguna popularidad, especialmente en Estados Unidos fue la Fairlie simple, esencialmente la mitad de una doble Fairlie, con una caldera, una cabina en un extremo, y un solo bogie motriz articulado combinado con un segundo bogie portante bajo la cabina, manteniendo su capacidad para negociar curvas cerradas.

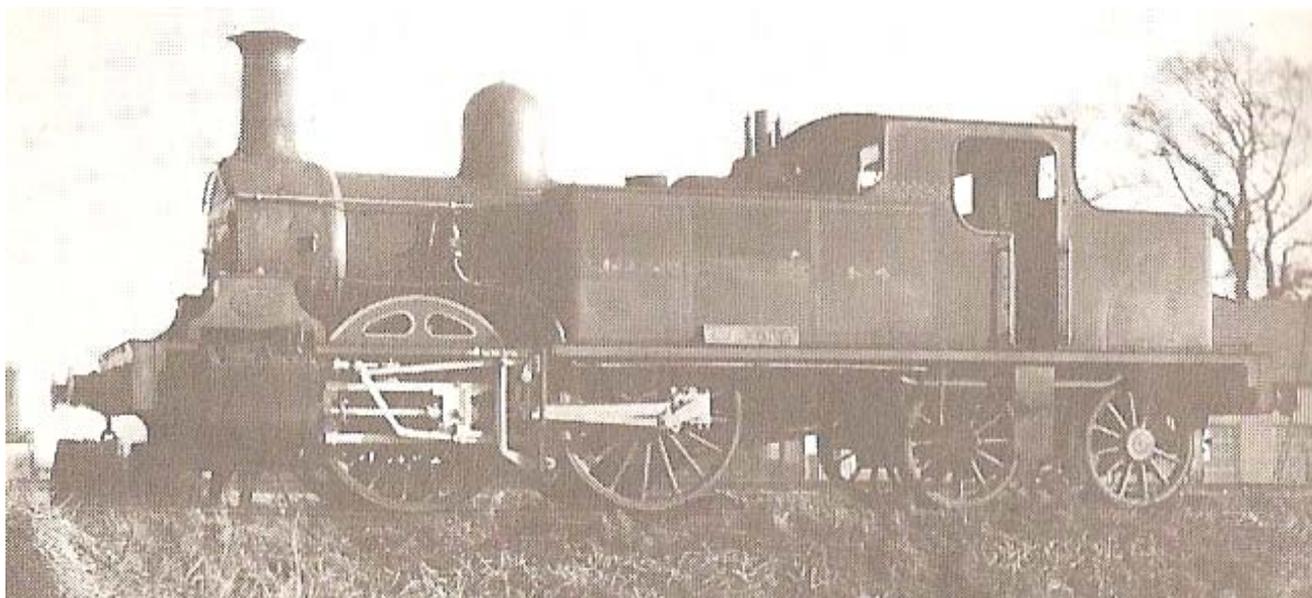


Fig. 104 - Locomotora Fairlie Simple del Ferrocarril Swindon, Marlborough & Andover, del año 1878

Este diseño abandonó la naturaleza bidireccional de la doble Fairlie pero ganó la posibilidad de tener mayor depósito de combustible y tanque de agua detrás de la cabina, y la posibilidad de utilizar un tender acoplado en caso necesario.

La caldera convencional única hizo su mantenimiento más económico y eliminó la separación entre maquinista y foguista. Un número importante fue construido, especialmente por el licenciataria de Fairlie en Estados Unidos, William Mason, quien construyó 146 Mason Bogies. En Inglaterra, una locomotora Fairlie simple 0-4-4T fue usada por el Swindon, Marlborough & Andover Railway, y tres 0-6-4T por el North Wales Narrow Gauge Railways.

Configuración Péchot-Bourdon - La locomotora Péchot-Bourdon fue el último desarrollo del tipo Fairlie. Fue desarrollada por el Capitán Péchot, de la artillería francesa, para operar en ferrocarriles de trocha 600 mm, asociados con campos y fortalezas de artillería.

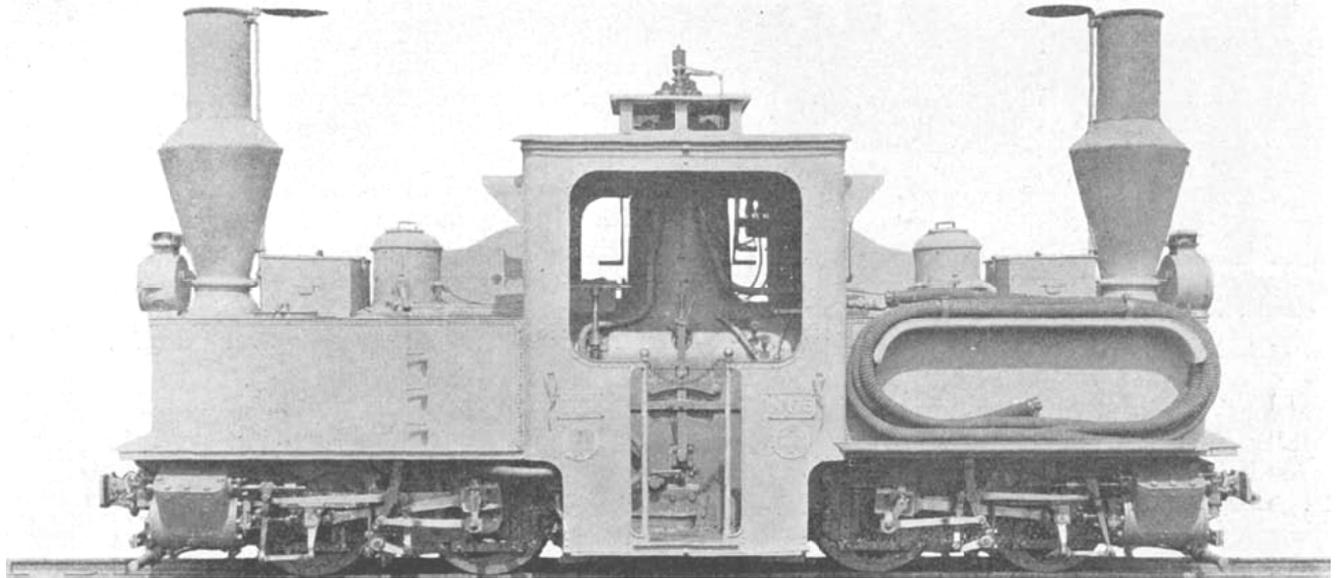


Fig. 105 - Locomotora P echot-Bourdon construida por Baldwin

Se eligió este diseño con la creencia de que, si una caldera o un bogie motriz fuera dañado por la artillería enemiga, la locomotora podría continuar en operación. La principal diferencia entre una Fairlie y una P echot-Bourdon era que esta última tenía un solo domo. Se construyeron en una única configuración: 0-4+4-0. Unos cincuenta ejemplares fueron construidos en 1906, y otros 280 durante la Primera Guerra Mundial, muchas de ellas por la Baldwin Locomotive Works. Se han preservado dos, una en Dresde, Alemania, y otra en Serbia.

Configuración Fairlie modificada - Las Fairlie modificadas fueron introducidas por la North British Locomotive Company en los Ferrocarriles Sudafricanos en 1924. Eran similares, en apariencia, a las Garratt, pero la caldera y los depósitos de agua y combustible estaban montados sobre un único bastidor, bajo el que pivotaban los bogies motrices. Diferían de las Garratt, en las que los depósitos de agua y combustible estaban montados directamente sobre los bogies motrices.

Fairlies actuales



Fig. 106 - Fairlie simple *Taliesin* (la más cercana a la cámara)

Fairlies actualmente en operación - El Ffestiniog Railway en Gales utiliza hasta hoy locomotoras patente Fairlie. Posee tres dobles y una simple en condiciones de servicio. Las Fairlies dobles más nuevas, *Earl of Meirioneth* y *David Lloyd George*, fueron construidas en 1979 y 1992, respectivamente, por el Ffestiniog Railway en sus propios talleres de Boston Lodge. La veterana *Merddin Emrys* de 1879 fue la primera locomotora construida en Boston Lodge. El Ffestiniog Railway también tuvo y operó la locomotora *Taliesin*, una Fairlie simple, desde 1876 hasta 1927. Fue desguazada en 1935, y en 1999 se construyó una réplica en Boston Lodge.

Las Fairlies del Ffestiniog Railway fueron diseñadas para consumir carbón. Luego de ensayos en 1971, comunes a casi todas las locomotoras del Ffestiniog, fueron modificadas para quemar petróleo. En 2005 la *Earl of Meirioneth* fue convertida para quemar carbón, habiendo sido construida petrolera. El suceso de esta conversión resultó en la modificación de la más antigua de las locomotoras, *Merddin Emrys*, a carbonera, en 2007.

La más antigua Fairlie en operación es una Mason Bogie preservada en el Henry Ford Museum en Dearborn, Michigan. Esta locomotora 0-6-4 fue construida en 1873 y todavía presta servicio en trenes turísticos, en la temporada estival.

No operativas - No hay otras locomotoras operativas en la actualidad, si bien dos han sido preservadas en la isla sur de Nueva Zelanda: *Josephine*, una Fairlie doble, en Dunedin, y R28, una Fairlie simple, en Reefton. Una doble Fairlie tipo tranvía ha sido preservada en Alemania, y una de las locomotoras originales del Ffestiniog, *Livingston Thompson*, de 1885, en el Museo Nacional de Ferrocarriles, en York.

Configuración Mason Bogie - La locomotora a vapor Mason Bogie es una locomotora articulada, especialmente apropiada para vías desniveladas y con curvas cerradas, utilizada comúnmente en líneas de trocha angosta en los Estados Unidos. Su diseño es un desarrollo de la Fairlie simple, y es llamada a veces, quizás más propiamente, Mason Fairlie.

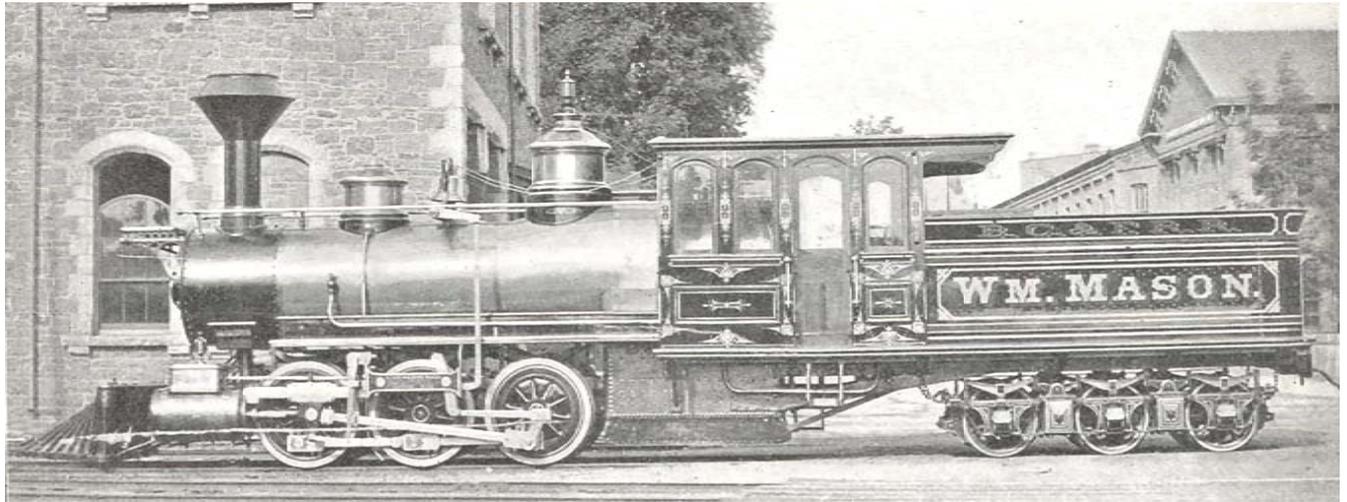


Fig. 107 - La Wm.Mason, una Mason Bogie 0-6-6 de 1874, primera locomotora construida en Estados Unidos con distribución Walschaerts. Obsérvese el trabajo de fileteado.

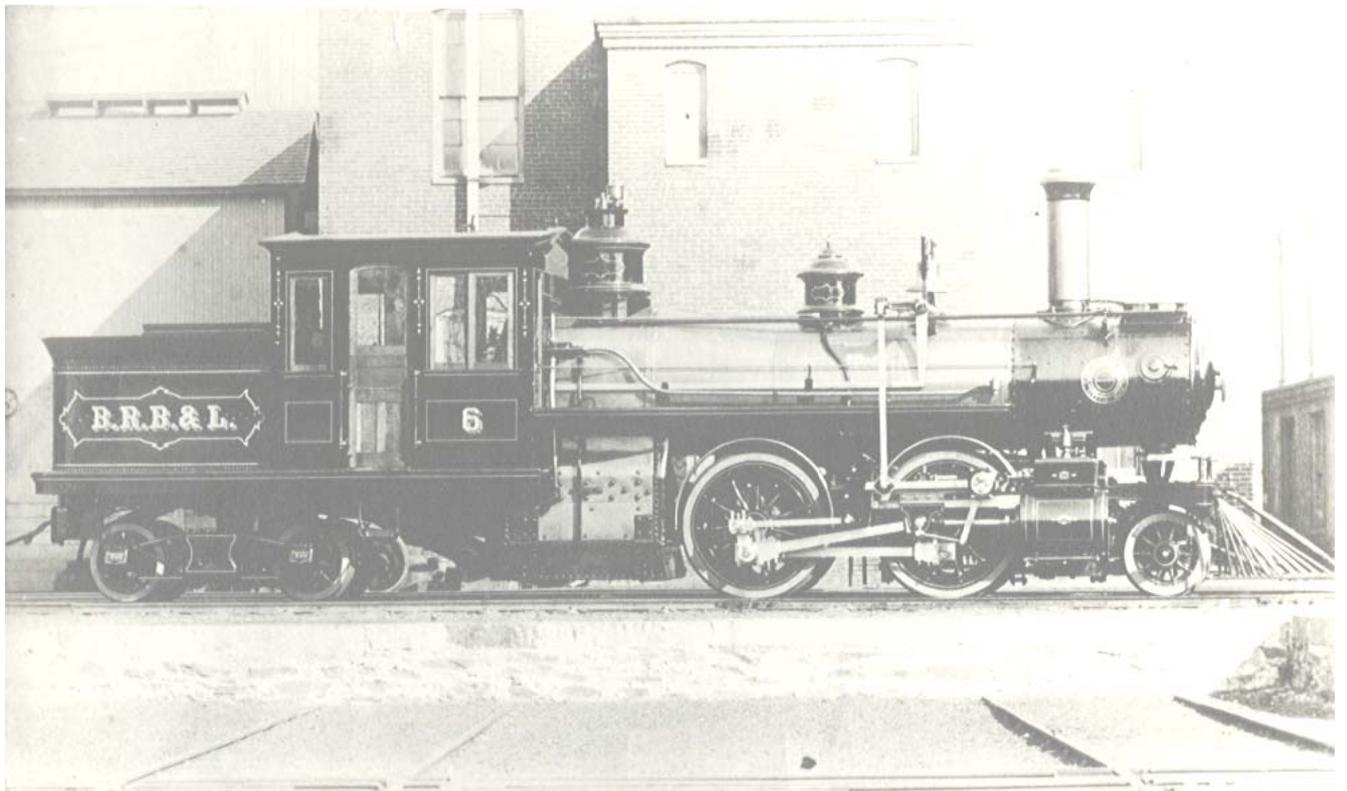


Fig. 108 - Boston, Revere Beach & Lynn, un producto de Mason Machine Works de 1886. Es una Mason Bogie 2-4-4. Nótese la gran caja de fuego permitida por esta configuración, y el eje del cambio de marcha elevado, debajo de la campana, con largas palancas hasta los dados de la distribución.

Concepto y desarrollo - La licenciataria de la patente de las locomotoras a vapor Fairlie fue la firma de William Mason. Era obvio que, a pesar de todas las ventajas del diseño Fairlie, pesaban más sus desventajas. Mason desarrolló y mejoró el diseño, llamado Mason-Fairlie, o más comúnmente Mason Bogie. Locomotoras similares desarrolladas en Inglaterra fueron conocidas como Fairlie Simple.

Generalidades

La idea de Mason fue remover lo que los ferroviarios americanos consideraban la mayor desventaja de las Fairlie, su pequeño espacio para combustible y agua, causado por su diseño doble, no muy útil en América donde siempre existía amplio lugar para colocar una mesa giratoria o un triángulo para su inversión, su pequeña cabina motivada por la doble caldera, y en algún grado por su marcha irregular.

Logró esto quitando una de las calderas de la doble Fairlie y reteniendo sólo uno de los bogies motrices en la parte delantera. Colocó una cabina mucho más grande, y depósitos de combustible y agua detrás, soportados por un bogie portante. Las ventajas del diseño se mantuvieron: una unidad motriz giratoria para una mayor facilidad para tomar curvas cerradas y un gran espacio entre los bogies que permitió utilizar mayores cajas de fuego sin restricciones por la existencia de ruedas.

Las Mason Bogie estuvieron afectadas todavía por uno de los mayores problemas de las Fairlie: las juntas de las tuberías de vapor a la unidad motriz perdían demasiado vapor. Mason posteriormente cambió a un esquema diferente, en el que el punto de pivoteo para la unidad delantera se modificó a una junta esférica hueca, a través de la cual pasaba a los cilindros el vapor vivo, y una disposición deslizante para el escape, sobre la cuna de los cilindros. Si bien mejoró con esto, todavía presentó fallas, y también ocupó la mayoría del espacio disponible entre las ruedas motrices, requiriendo el uso de distribuciones exteriores, generalmente del tipo Walschaerts. Adicionalmente, para lograr espacio extra, el eje del cambio de marcha se colocó sobre la caldera, con largas palancas hasta los dados, una disposición única de las Mason Bogies.

Producción y servicio – Ciento cuarenta y seis Mason Bogie fueron producidas por la firma William Mason entre 1871 y 1890, cuando la empresa construyó su última locomotora, de las cuales 88 fueron unidades de trocha angosta y el resto de trocha estándar. Esta cantidad fue aproximadamente la mitad de las locomotoras construidas durante este período. Sus mayores clientes incluyeron al Boston, Revere Beach & Lynn Railroad, un ferrocarril suburbano que adquirió 32, el Denver, South Park and Pacific Railroad, un ferrocarril general del estado de Colorado, que adquirió 23, y el New York and Manhattan Beach Railroad, otro ferrocarril suburbano, que utilizó 17 locomotoras de este tipo.

Las locomotoras más conocidas fueron las del Denver, South Park and Pacific, que contó con grandes Mason Bogies, mayormente 2-6-6 y 2-8-6, y obtuvo buen rendimiento de ellas. Sin embargo, el otro problema del diseño también se presentaba, esto es, las notablemente deficientes características de rodaje de sus bogies motrices. Su tendencia a oscilar en tramos rectos, así como una resistencia a girar al entrar a las curvas mayor de la prevista. Esto se manifestaba en un desgaste de ruedas y rieles mucho mayor del esperable.

Esta configuración tuvo su posiblemente mayor suceso en el Boston, Revere Beach & Lynn, donde fueron aceptadas hasta el punto de continuar su compra más allá del cierre de la fábrica Mason, encargando locomotoras similares a otros constructores hasta 1914, y utilizándolas hasta la electrificación de la línea en 1928. Debe decirse que, sin embargo, este tipo especial de Mason Bogie no fue realmente exigido, ya que la línea no tenía grandes curvas y no necesitaba de la flexibilidad que las Mason Bogies lograban a costa de su complejidad.

Sobrevivientes - Al menos una Mason Bogie sobrevive en Greenfield Village, parte del Museo Henry Ford, en Dearborn, Michigan, una 0-6-4, construida en 1873 y todavía activa en los meses estivales



Fig. 109 - *Torch Lake* en Greenfield Village

Configuración Forney - Exteriormente similar al Mason Bogie, existe otro diseño, la configuración Forney. Como la Mason Bogie, la Forney tiene ejes motrices debajo de la caldera y un bogie portante debajo de los depósitos de combustible y agua, detrás de la cabina. Sin embargo, las ruedas motrices están fijas al bastidor, y, por lo tanto, no se trata de una locomotora articulada. Fueron razonablemente populares en los ferrocarriles económicos americanos.

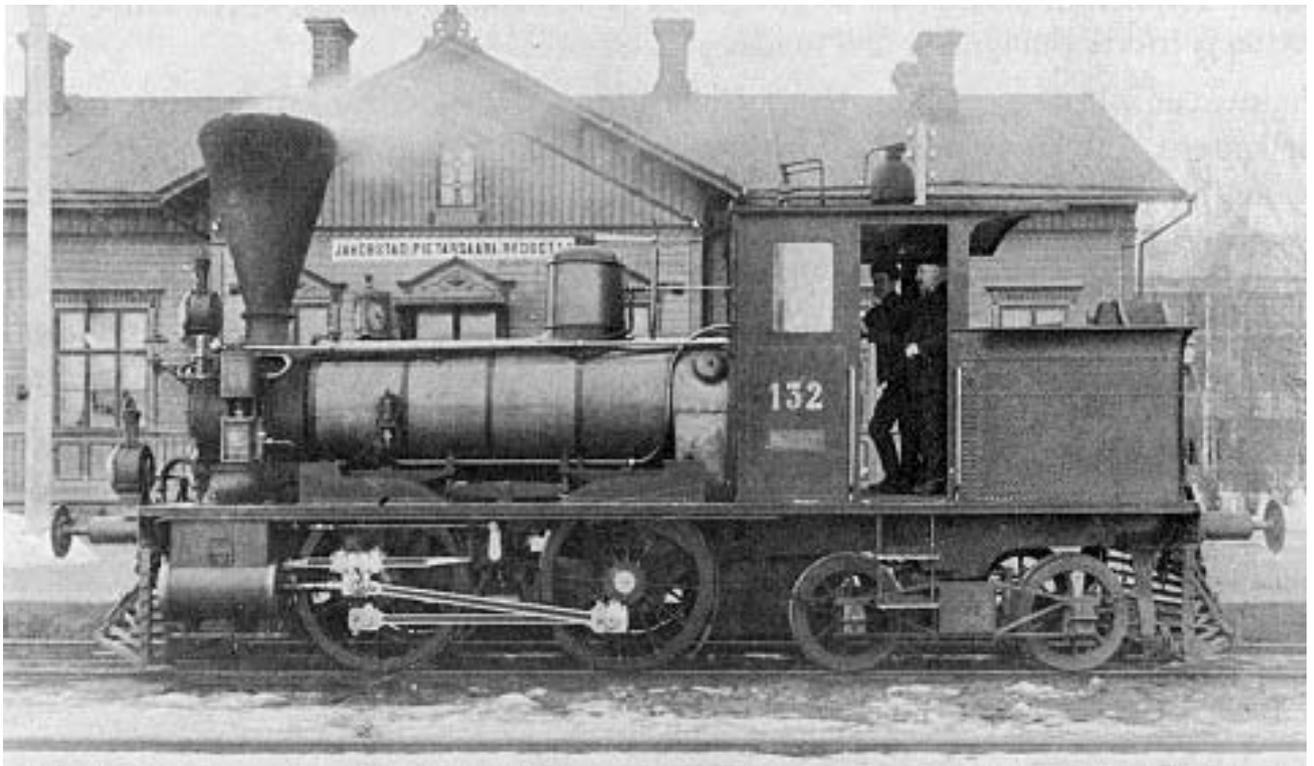


Fig. 110 - Locomotora tipo Forney, construida en 1886 por SLM para los Ferrocarriles Estatales Finlandeses

Generalidades

La configuración Forney es una locomotora-ténder patentada por Matthias N. Forney entre 1861 y 1864, incluyendo las siguientes características:

- Un rodado 0-4-4, que son cuatro ruedas motrices seguidas por un bogie de cuatro ruedas.
- El segundo par de ruedas motrices carece de pestañas.
- El combustible y el agua están colocados sobre el bogie de cuatro ruedas.

La locomotora fue diseñada para correr con la cabina, o los tanques, adelante, como 4-4-0. Con este rodado, con suspensión sobre tres puntos, fue notable por sus excelentes condiciones de marcha, mientras que la ausencia de pestaña en las ruedas interiores le permitía negociar curvas cerradas. La ubicación del agua y el combustible sobre el bogie y no sobre las ruedas motrices, significaba un peso adherente constante, cosa que no ocurría en otros diseños de locomotoras-ténder.

Un gran número de locomotoras Forney fue construido para los ferrocarriles suburbanos, a nivel o elevados, que se construyeron en ciudades como Nueva York, Chicago o Boston. Estos sistemas requerían locomotoras pequeñas, rápidas, con buenas características de marcha, y que pudieran negociar curvas cerradas. Los recorridos cortos significaban que la capacidad de combustible y agua no eran un problema, haciendo a la Forney ideal. Sin embargo, a medida que estos ferrocarriles comenzaron a electrificarse, o fueron reemplazados por subterráneos, hacia fines del siglo XIX, las Forney comenzaron a desaparecer.

Las Forney fueron también populares en los ferrocarriles de trocha 2' (610 mm) en Maine. La utilización de estas locomotoras fue diferente, ya que se corrían con la chimenea hacia delante, como una locomotora convencional, y todas sus ruedas motrices tenían pestaña. Esto fue el resultado de tener estos ferrocarriles radios de curvas comparativamente mayores. Desarrollos posteriores incluyeron la introducción de un bissel anterior, dando un rodado 2-4-4. Esto fue hecho para mejorar sus características de marcha.

Hoy se pueden ver locomotoras Forney en el Museo de Ferrocarriles de Trocha Angosta de Maine, y en el Museo de Transportes Forney.

Locomotoras articuladas con cilindros fijos, bogies y transmisiones con engranajes - Estas locomotoras tuvieron muy buenas razones que justificaban su aparentemente excéntrico diseño. Fueron mayormente utilizadas en campos madereros y otros lugares remotos, donde las vías eran precariamente tendidas, y con curvas muy cerradas y pendientes abruptas.

Algunas fueron diseñadas para correr sobre troncos y no rieles. Los rieles de acero costaban mucho dinero, pero si algo sobraba en los campos madereros eran madera, por lo que era práctica común tender troncos como rieles. Obviamente las ruedas convencionales habrían caído de dichos troncos, por lo que se utilizaban grandes ruedas de llanta cóncava, algo así como ruedas de automóvil sin cubierta. Esto daba poca adhesión, por lo que la única forma de obtener suficiente tracción fue estar seguros de que todas las ruedas eran motrices.

Configuración Shay - El diseño Shay se adaptaba bien a los requerimientos del punto anterior.

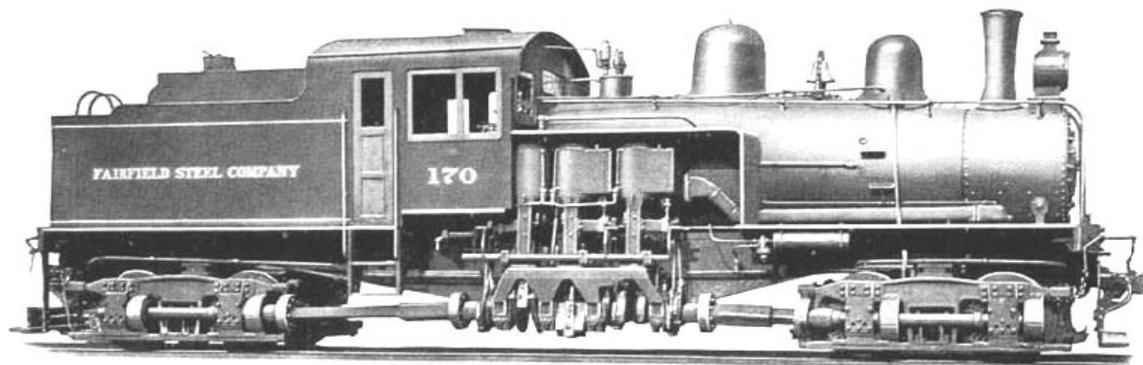


Fig. 111 - Locomotora Shay, con máquina vertical, construida por Lima Co. Nótese el eje motriz a cada bogie, con juntas universales y acoples deslizantes para permitir el giro de dichos bogies.



Fig. 112 - Locomotora Shay en servicio. Esta versión tiene un tender con doble bogie.

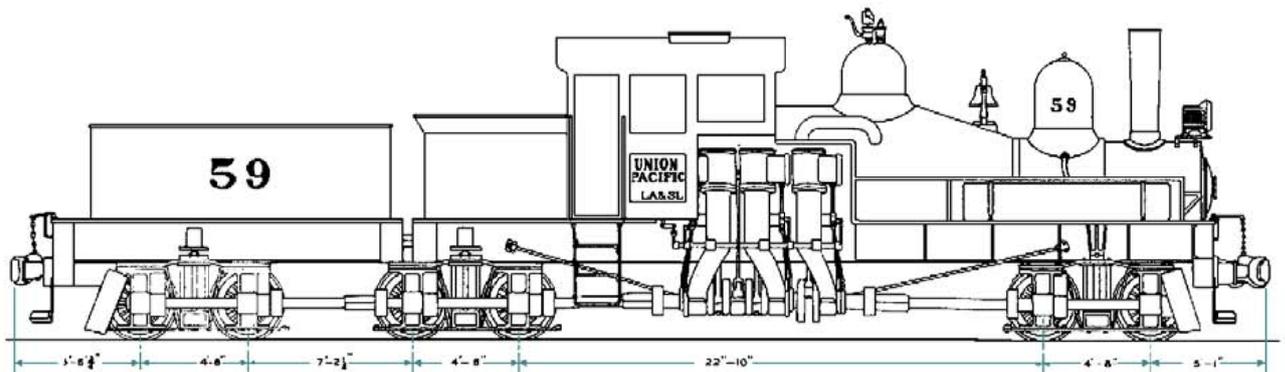


Fig. 113 - Vista lateral de una Shay de tres bogies.

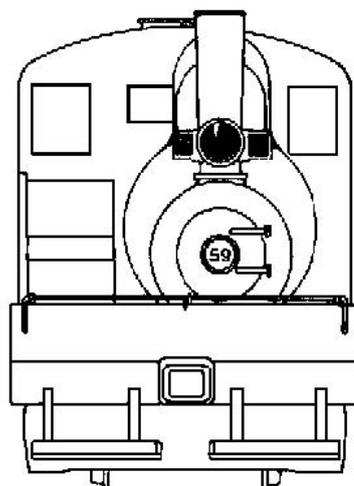


Fig. 114 - Frente de una Shay, mostrando su caldera excéntrica

Generalidades

Configuración Climax - A diferencia de las locomotoras Shay, las Climax tenían los cilindros en la posición usual, accionando un eje transversal que estaba conectado mediante engranajes a ejes cardánicos centrales. Parece una mejor solución que la Shay, pero, ¿trabajaría mejor? Quién sabe...

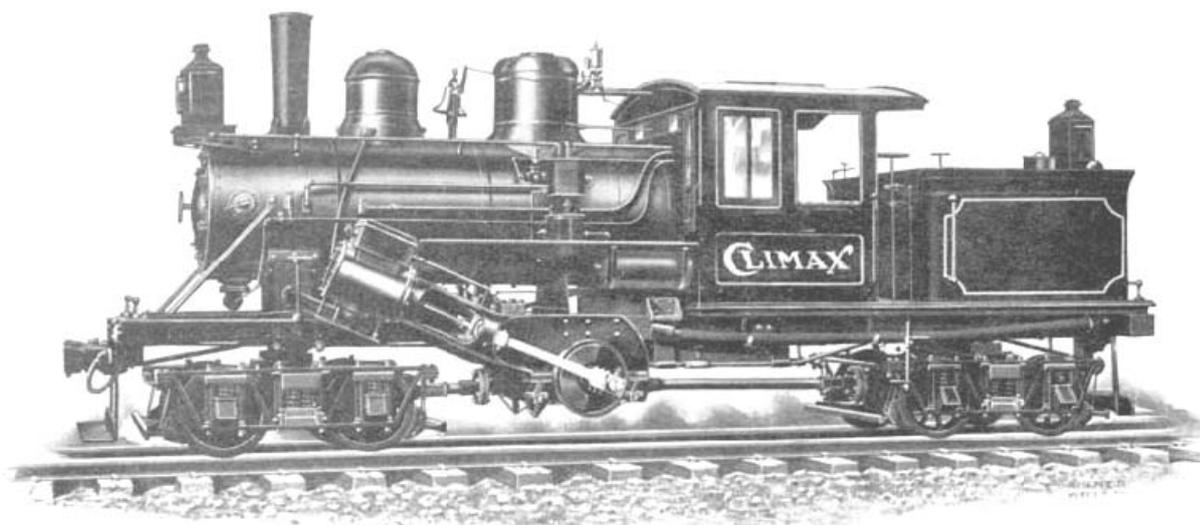


Fig. 115 - Locomotora Climax de dos bogies

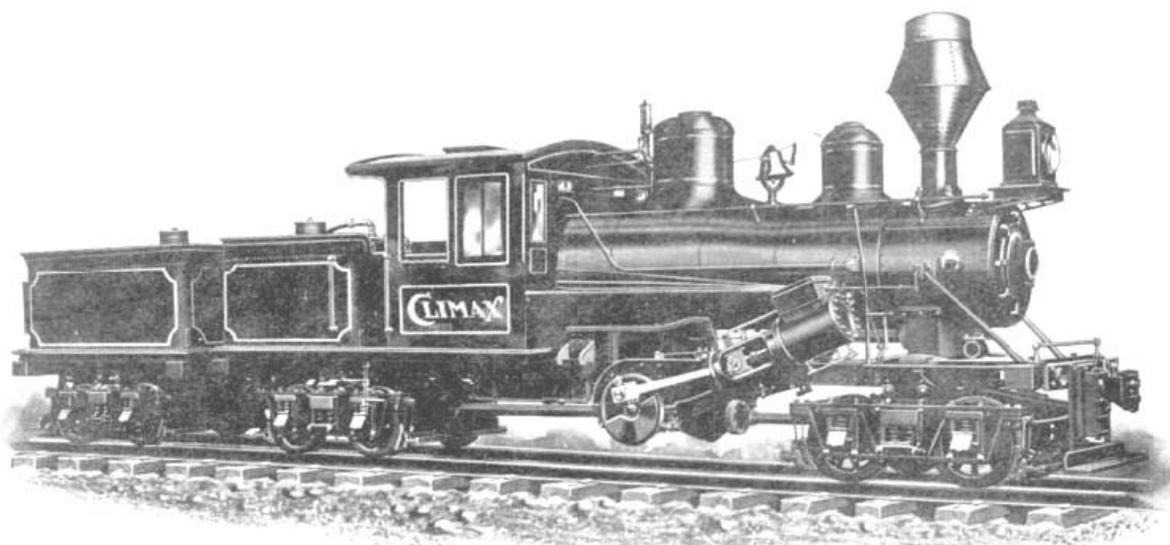


Fig. 116 - Locomotora Climax de tres bogies.



Fig. 117 - Locomotora Climax de 20 toneladas y dos bogies en servicio en West Virginia, donde tenía pendientes de 150 % y radios de 40 metros. Nótese las ruedas cóncavas sobre rieles de troncos.

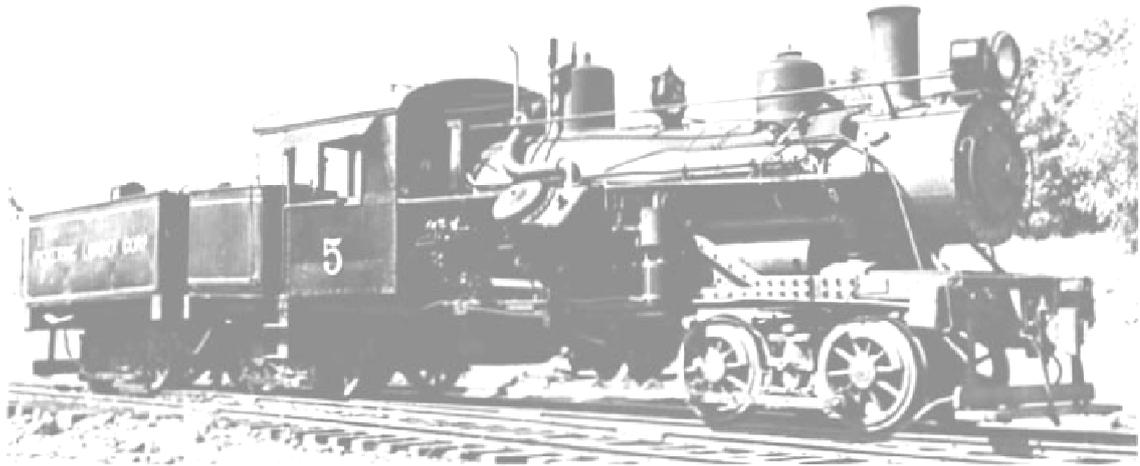
Configuración Heisler

Fig. 118 - Las locomotoras Heisler tenían los cilindros en disposición V-2, debajo de la caldera, y actuando sobre ejes cardánicos sobre la línea central.

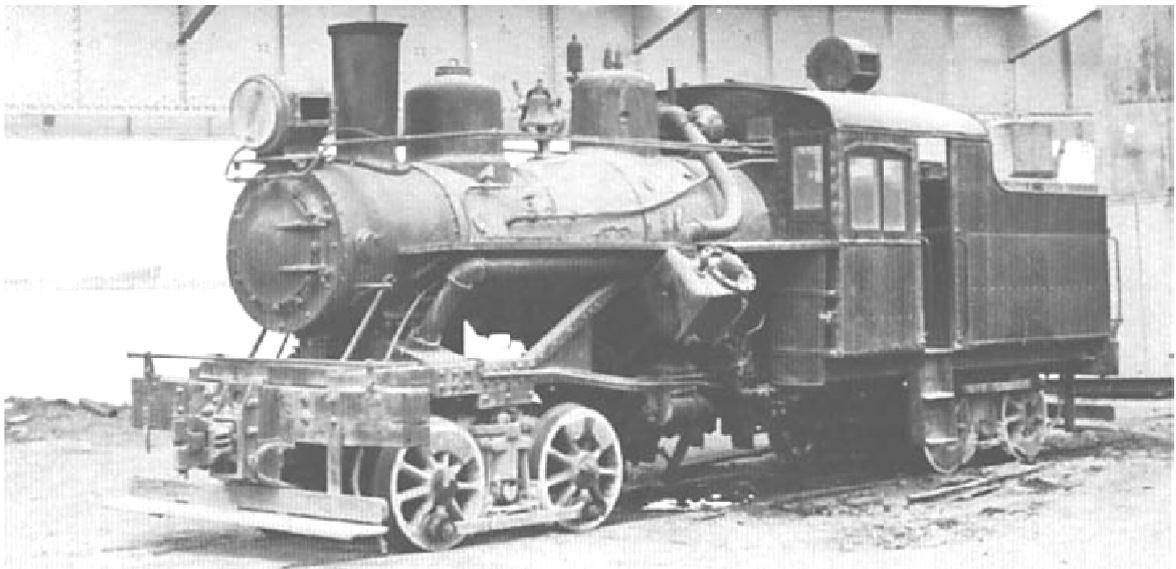


Fig. 119 - Otra Heisler fuera de servicio. Se puede advertir que la configuración V-2 de los cilindros limita el diámetro de la caldera. Es claramente visible la tubería de vapor desde el domo hasta el cilindro, y, hacia el frente, la tubería de escape hacia la tobera de la caja de humo.

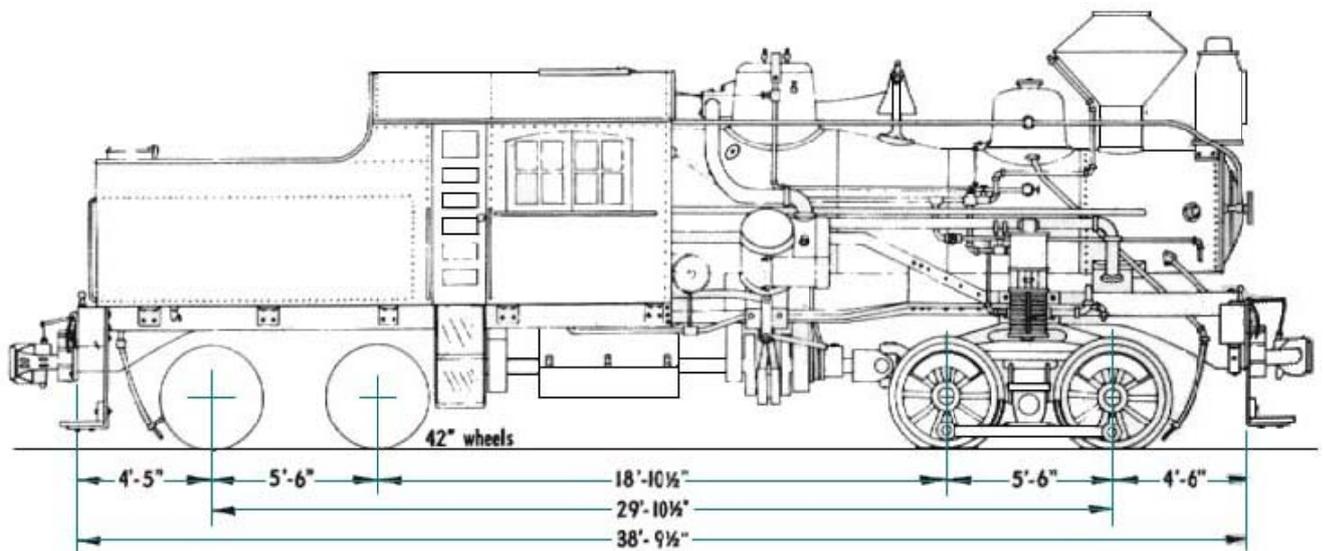


Fig. 120 - Vista lateral de una locomotora Heisler. El eje central hasta los bogies es visible debajo de la caldera.

Generalidades

Las locomotoras Sentinel del Ferrocarril Midland - El Ferrocarril Midland de Buenos Aires compró dos de estas locomotoras en octubre de 1931. Este ferrocarril ya había estado utilizando coches motores a vapor Sentinel Cammell en su tráfico suburbano, pero el incesante aumento del número de pasajeros significó el requerimiento de unidades múltiples. Las locomotoras descritas aquí se basaron en los chasis de los coches Sentinel de dos motores, de los que se habían fabricado cantidades importantes para algunas empresas inglesas, como el London & North Eastern Railway.

Estas locomotoras fueron el resultado de las especificaciones establecida por Liversey, Son & Henderson, una firma de ingenieros consultores.

Sentinel construyó el bastidor de las locomotoras, y Metropolitan Cammell los coches y las carrocerías de las locomotoras. Cada uno de los trenes estaba formado por una locomotora, un coche de primera clase y dos de segunda clase.

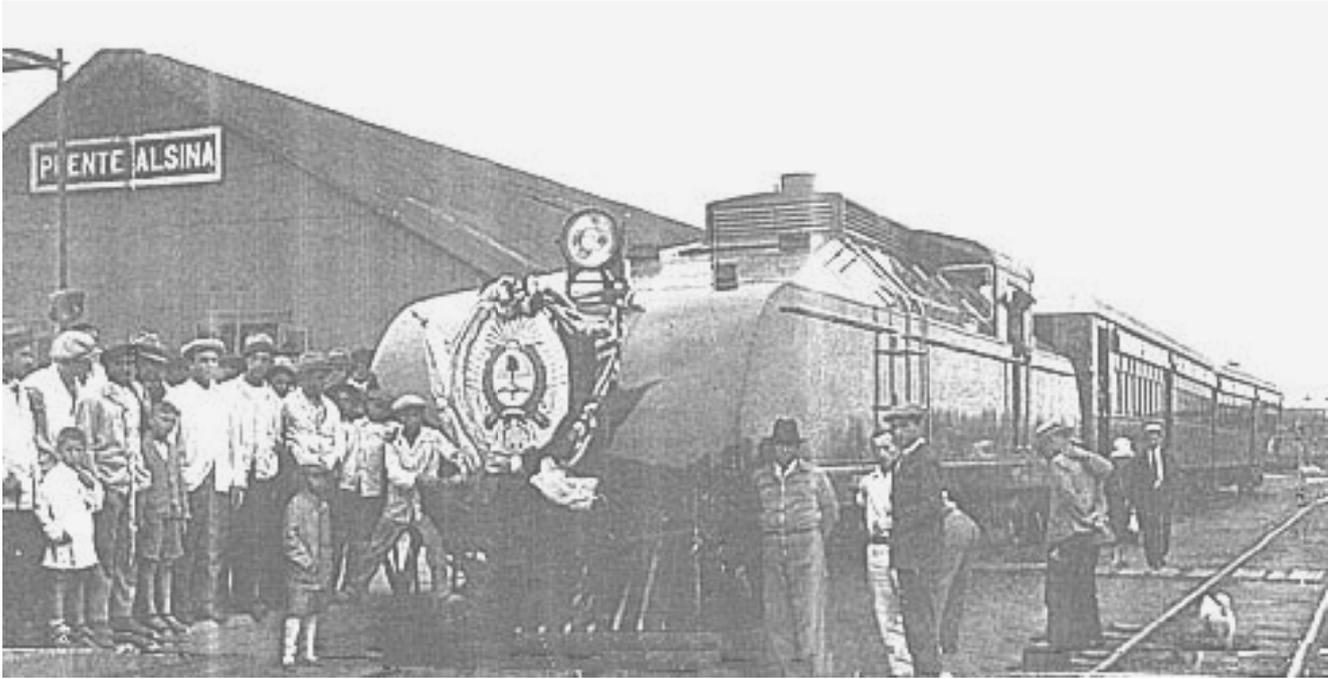


Fig. 121 - Inauguración del servicio con estas locomotoras

Cada locomotora estaba equipada con dos motores de seis cilindros, entregando una potencia máxima de 250 HP, transmitida mediante cardanes, a un eje de cada bogie. Una caldera Woolnough de tubos de agua, trabajando a una presión de 300 psi (21.2 kg/cm²), estaba montada aproximadamente en mitad del bastidor. La caldera estaba alimentada por una bomba Weir, precalentando el agua mediante el vapor del escape, y por un inyector auxiliar. Un turbogenerador J.Stones proveía corriente eléctrica de 24 V, que alimentaba las luces de cabina e instrumental, como asimismo un faro Tonum de 14' (355 mm) de diámetro en cada extremo. He leído que habían sido retiradas del servicio a principios de los años '40, pero amigos rosarinos me han dicho haberlas visto haciendo maniobras en la playa que existía detrás de la ex-estación cabecera del Ferrocarril Santa Fe, hoy Estación de Ómnibus, o llevando pequeños cortes de vagones entre ese lugar y la playa de Sorrento, ya bien entrada la década del '60.

Locomotoras a turbina - En la década del 20, las turbinas de vapor habían reemplazado por completo a las máquinas alternativas, tanto en los buques como en las usinas térmicas. Resultaba claro que las turbinas ofrecían mejoras en la eficiencia térmica, simplicidad y disponibilidad. Inevitablemente hubo intentos para extender su utilización a las locomotoras de vapor. No demostró ser una buena idea.

Ventajas de una turbina de vapor:

- Alta eficiencia a plena carga
- Simplicidad mecánica, con la consiguiente disponibilidad potencial.
- Las locomotoras alternativas convencionales dan un torque variable a lo largo del ciclo, con características sinusoidales. Esto hace más probable el patinaje durante el arranque.

- Las locomotoras de vapor convencionales tienen importantes masas alternativas no balanceadas, como bielas y distribuciones. Esto crea fuerzas hacia delante y atrás que no pueden ser completamente balanceadas sin incrementar desmedidamente las fuerzas verticales sobre los rieles.

Desventajas:

- La alta eficiencia se obtiene únicamente a plena carga. Los buques frecuentemente tienen pequeñas turbinas de maniobra, que pueden funcionar a plena carga mientras las turbinas principales se mantienen detenidas.
- La alta eficiencia se obtiene únicamente cuando el escape se descarga en un ambiente de vacío, generado por un condensador. Éste es un elemento grande y pesado que debe ser arrastrado.
- Las turbinas no pueden funcionar en reversa. Los buques llevan pequeñas turbinas solo para funcionar en reversa, y las locomotoras debían tener lo mismo.

Se construyeron locomotoras a turbina de diferentes diseños, con y sin condensador, con transmisión por engranajes o eléctrica, etc.

La locomotora argentina a turbina de 1923 - Esta locomotora a turbina fue construida por la firma sueca Nohab, bajo licencia de la patente Ljungström, para el transporte de cargas y pasajeros sobre la línea de trocha métrica de Santa Fe a Tucumán, una importante ruta azucarera.



Fig. 122 - Locomotora argentina a turbina. Ésta estaba montada en el frente del tender de condensación, accionando el primer eje acoplado a través de una reducción múltiple de engranajes.

El tramo de 797 kilómetros no tenía agua adecuada (sobre 400 kilómetros no disponía de agua), por lo que era necesaria una locomotora de condensación que no requiriera recarga en todo el tramo. Su diseño derivaba de la primera locomotora Ljungström construida, su potencia nominal era de 1800 HP, y su velocidad de diseño 65 kilómetros por hora.

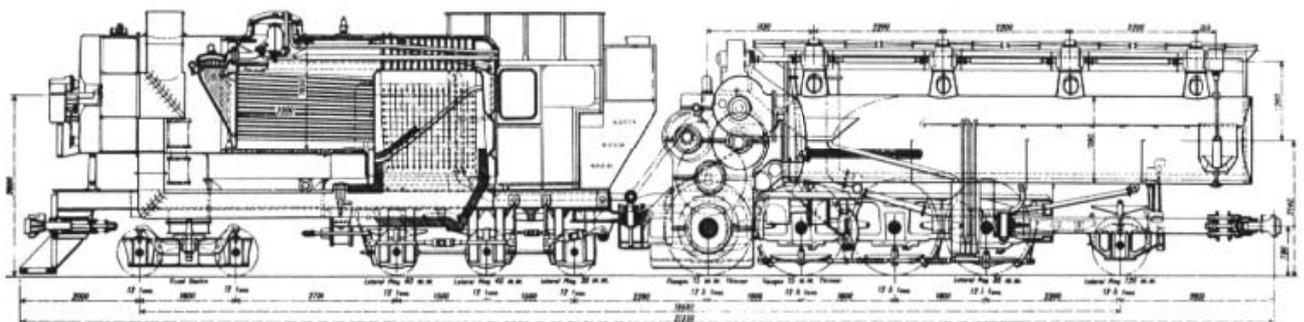


Fig. 123 - Vista en corte de la locomotora a turbina

La caldera quemaba petróleo y su construcción era convencional, excepto por un precalentador de aire en el frente de la caja de humo, que llevaba su temperatura a 300°C. Al contrario de la primera locomotora Ljungström, los cuatro ventiladores del condensador soplaban hacia abajo. Esto fue con la intención de dar una mejor distribución del aire de enfriamiento dentro del condensador, ya que debía operar con temperaturas ambientes superiores a los 30°C, habituales en esa ruta.

La locomotora fue finalizada en 1931 y recibió el número de fabricación 1731. No pudo ser probada convenientemente en Suecia, por no disponer de tramos de vía adecuados. Para su transporte marítimo fue desmantelada, y luego del viaje vuelta a montar en los talleres de Tafi Viejo, de los Ferrocarriles del Estado.

Generalidades

Las pruebas finales de aceptación fueron realizadas como corridas de prueba entre Tucumán y Santa Fe. Para probarla en todas las condiciones climáticas, se programaron viajes en primavera, verano, otoño e invierno.

El 13 de marzo de 1926 fue intentada por primera vez la ruta Tucumán-Santa Fe. El viaje de ida tomó 22 horas, y el de regreso 20.45 horas. La prueba resultó, en general, satisfactoria, habiendo arrastrado 1200 toneladas sobre los tramos más difíciles, a pesar de algunos problemas con cajas recalentadas, descarrilamientos y rotura de enganches. El tren más pesado permitido era de 1780 toneladas, sin la locomotora. No fue posible confirmar la potencia nominal garantizada de la locomotora, 1325 kW, ya que no pudo excederse la velocidad de 40 kilómetros por hora. La operación exitosa del sistema de condensación fue sin embargo confirmada, habiendo perdido sólo un 3 a 4% de su capacidad por pérdidas.

Sus primeras operaciones fueron muy exitosas, mostrando un importante ahorro de combustible sobre sus competidoras tradicionales. Sin embargo, en el largo plazo, el mantenimiento de esta complicada locomotora demandó grandes esfuerzos al personal local, y sufrió estos efectos. La tubería de vapor articulada, que llevaba el vapor a la presión de caldera desde el primer vehículo hasta el tender donde estaba la turbina montada, fue particularmente problemático. Además el calentador de aire regenerativo y la maquinaria auxiliar del condensador también causaron frecuentes fallas.

En mayo de 1929 el eje de la turbina se partió. No pudo ser reparado y la locomotora fue desactivada. Para reemplazarla, los Ferrocarriles del Estado encargaron una nueva locomotora con pistones convencionales y con condensador, según un nuevo desarrollo de la firma Henschel & Sohn. La condensación se realizaba a presión atmosférica, no intentando mejorar la potencia con la creación de vacío: la función única del condensador era conservar el agua, lo que hacía en forma casi tan eficiente como su predecesora a turbina. El consumo de combustible era aproximadamente igual al de las locomotoras convencionales. Era de un diseño relativamente simple y durable, mucho mejor adaptado a las condiciones de operación requeridas, y luego de su buen resultado fueron encargadas a Henschel seis más, ligeramente más grandes, con los mismos buenos resultados.

El eventual destino de la locomotora a turbina no se conoce con certeza, pero es probable que haya sido el soplete.

Locomotoras a vapor con condensador - Hacia fines de la década del '20, el Ferrocarril Central Norte compró una serie de locomotoras N° 7025-7034, rodado 2-8-2 (clase C12), fabricadas por Henschel & Sohn, la última de las cuales tuvo la particularidad de ser la primera locomotora que circuló en nuestro país provista de un sistema condensador para recuperación del vapor de escape, especialmente desarrollado por la empresa constructora y que denominó "Sistema Argentino", y que posteriormente empleó para locomotoras provistas al ferrocarril de Irak y luego para locomotoras de guerra alemanas de rodado 2-10-0, destinadas a operar en el frente ruso. Este desarrollo resultó exitoso, permitiendo la operación de trenes en aquellas secciones de la línea caracterizadas por la escasez o mala calidad del agua para alimentación de la caldera. En determinadas oportunidades, la 7034 (que entró en servicio en 1932) realizó recorridos superiores a los 700 kilómetros sin reabastecerse de agua en estaciones intermedias, mostrando inclusive una importante economía en el consumo de combustible, debido a la recirculación de agua precalentada procedente del condensador.

El éxito de la 7034 determinó que en el año 1938 se adquiriera una partida de seis poderosas locomotoras rodado 4-8-2, N° 8000-8005 (clase C15), equipadas con el mismo sistema de condensación, las que fueron utilizadas en la desértica sección Cruz del Eje-San Juan.

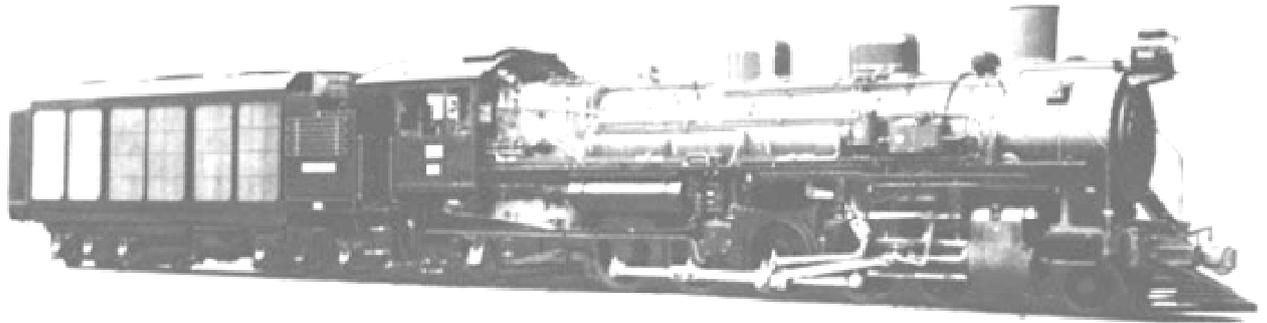


Fig. 124 - Foto de fábrica de una locomotora C15

Sin embargo, luego de la Segunda Guerra Mundial, la 7034 fue desprovista de su equipo condensador, que carecía de repuestos adecuados como consecuencia del bloqueo comercial que impedía la adquisición de éstos en Alemania, y durante la década del '50 ocurrió otro tanto con las grandes 4-8-2, que fueron incorporadas con números 883-888 a la clase C14.

Otros ejemplos de locomotoras inusuales - Han existido en el mundo otros tipos de locomotoras inusuales, que, con suertes diversas, han tratado de paliar algún inconveniente del diseño tradicional, pero sin haber llegado nunca a la Argentina. Entre estos raros ejemplos se pueden mencionar:

Colocación de la cabina en lugares inusuales

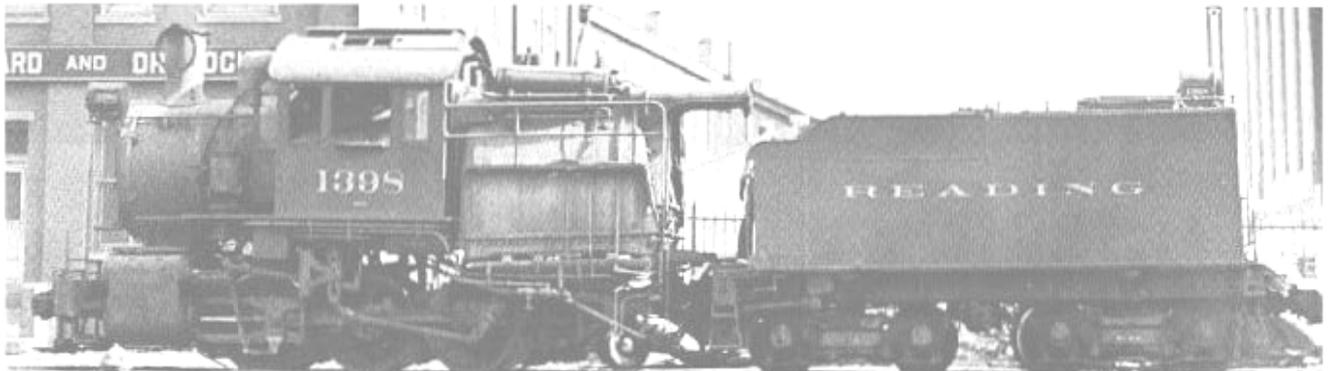


Fig. 125 - Colocación sobre la caldera, motivada por las enormes cajas de fuego necesarias para quemar ciertos tipos de antracita, que requerían incluso la presencia de dos foguistas, y el hogar provisto de dos puertas.

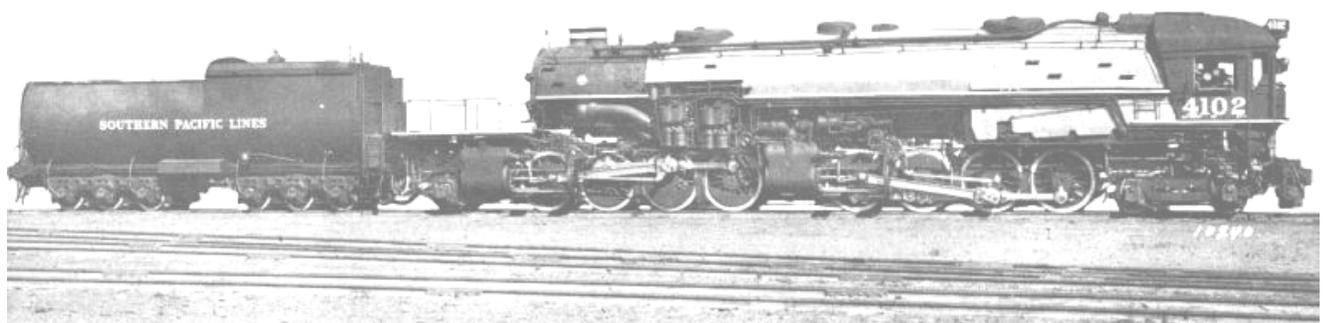


Fig. 126 - Cabinas en el extremo frontal, en locomotoras destinadas a marchar a través de largos túneles, sin que el humo perjudicara a la dotación.

Locomotora Timken 1111 - La locomotora Timken 1111, también llamada Timken Four Aces (Timken Cuatro Ases) fue una locomotora a vapor rodado 4-8-4, construida en 1930 por American Locomotive Company (ALCO), para servir como unidad de demostración de los nuevos rodamientos de rodillos cónicos producidos por Timken Roller Bearing Company. Fue la primera locomotora construida totalmente con rodamientos de rodillos sellados en lugar de cojinetes de fricción o de una mezcla de ambos tipos.

Generalidades

Diseño y construcción - Timken eligió una configuración 4-8-4 para demostrar que sus rodamientos podían ser utilizados en cualquier tipo de servicio ferroviario, especialmente en cargas pesadas y trenes rápidos de pasajeros. Un total de 52 diferentes fabricantes de repuestos acordaron proveer sus productos para la locomotora consignados hasta que la locomotora completara 100.000 millas (160.000 km). Los nombres de estos fabricantes fueron grabados en una placa que se colocó en el tender durante toda la duración del período de demostración.

El montaje tuvo lugar en la planta de ALCO de Schenectady, Nueva York, anteriormente perteneciente a la Schenectady Locomotive Works.

Demstraciones en servicio - Las primeras demostraciones de esta locomotora en servicio fueron en trenes de carga en el New York Central Railroad. Luego de esta primer demostración, fue utilizada por otros trece ferrocarriles de primera línea, incluyendo el Chesapeake & Ohio Railroad, el New Haven Railroad y el Pennsylvania Railroad (PRR).

Este último utilizó la locomotora en servicios de pasajeros, en los que remolcó veinte coches atravesando las montañas Allegheny, sin utilizar ayuda y arribando a su destino con algunos minutos de adelanto.

En algunas de las estaciones en los recorridos de demostración, se mostraban publicidades en las que la locomotora era arrastrada por sólo tres hombres (o como en Chicago, por tres mujeres). Estas publicidades fueron diseñadas para mostrar que los rodamientos de rodillos producían tan poca fricción que la locomotora podía ser fácilmente movida a mano.

En agosto de 1931, la locomotora, que ya había acumulado algo más de 90.000 millas (145.000 km), fue enviada al Northern Pacific Railroad, el quinceavo ferrocarril en utilizarla.

Remolcando un coche dinamómetro, el Northern Pacific consiguió mantener una velocidad de 88 mph (142 km/h), llevando el tren de pasajeros North Coast Limited hasta Willow Creek, Montana. Sin embargo, mientras estaba en servicio para el Northern Pacific Railroad, la 1111 sufrió una grave falla en el cielo del hogar. Timken demandó su reparación al Northern Pacific, mientras éste se negó a reparar una locomotora que no le pertenecía. El arreglo final llevó a la venta de la 1111 al Northern Pacific.

Uso posterior y destino - El Northern Pacific compró la 1111 a Timken el 8 de febrero de 1933, cuando ya había logrado la marca de 100.000 millas. La renumeró 2626, clasificándola internamente como clase A, y la utilizó en servicios de pasajeros entre Seattle y Yakima, Washigton, y posteriormente entre Seattle y Missoula, Montana. El Northern Pacific utilizó esta locomotora durante 23 años antes de retirarla del servicio activo. Su último viaje fue el 4 de agosto de 1957, llevando un tren de pasajeros desde Seattle hasta Cle Elum y vuelta.

En un esfuerzo para preservar la locomotora, Timken Company trató infructuosamente de adquirirla y llevarla a su casa matriz en Canton, Ohio, por sus propios medios. Infortunadamente, la locomotora fue víctima del soplete antes que Timken y el Northern Pacific llegaran a un acuerdo.



Fig. 127 - Locomotora Timken 1111

Locomotora ACE 3000 - Dibujos y especificaciones técnicas - En 1980 se formó una nueva corporación en los Estados Unidos: **American Coal Enterprises (ACE)**. Para la mayoría de nosotros, la primera mención de este grupo fue un artículo en el número de diciembre de 1980 de la revista *Trains Magazine*. Estaba dirigida por el financista Ross Rowland, también conocido por la restauración y operación de las locomotoras Nickel Plate 2-8-4 759, Reading 4-8-4 2101 y C & O 4-8-4 614, y fue fundada para desarrollar una locomotora a carbón, práctica para los modernos ferrocarriles americanos.

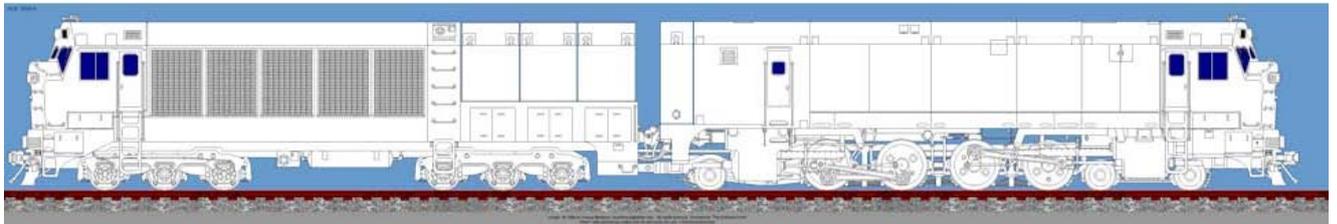


Fig. 128 - Dibujo de la locomotora ACE 3000 de Joshua Moldover

El principal propósito de este proyecto era cambiar a los ferrocarriles americanos del uso de combustible diesel importado al uso de carbón existente en abundancia en los Estados Unidos, lo mismo que en muchos otros países. Los combustibles derivados del petróleo (nafta, diesel oil, etc.) habían sufrido aumentos de precios astronómicos, a partir de los embargos de los años '70, mientras que el precio del carbón se mantenía estable en el tiempo. El principal logro del diseño debía ser el desarrollo de una locomotora a vapor que fuera tan simple de operar y económica de mantener como una locomotora diesel eléctrica.

A principios de los años '80, se llevó a cabo una reunión para evaluar la posibilidad de reintroducir las locomotoras a carbón en los ferrocarriles americanos. Estuvieron presentes en esa reunión Ross Rowland, William Withuhn, Bill Benson y Livio Dante Porta, entre otros tecnólogos expertos. Todos coincidieron que el momento era el adecuado, y se hicieron planes para desarrollar un prototipo usando tecnología de avanzada. Porta ya había considerado la posible necesidad de una locomotora avanzada para quemar carbón durante muchos años, y tenía las bases del diseño listas/ Creía que en el desarrollo de esa locomotora debía realizarse sobre la base del paso a paso. Él era básicamente el único hombre que, en los últimos 40 años, había ideado varias mejoras significativas en locomotoras a vapor, y supervisado su implementación en locomotoras en servicio, y era la única persona en esa reunión con experiencia en el diseño del vapor.

Especificaciones Técnicas

General	Locomotora a vapor, para quemar carbón, movimientos recíprocos. Consta de dos secciones: la unidad motriz y la unidad de soporte. Longitud total: 34,15 metros. Peso total: 295 toneladas. Cumple con los límites de la AAR en cuanto a gálibo para intercambio irrestricto, y puede inscribirse en curvas de 100 metros de radio.
Elementos de confort y seguridad	Doble cabina de seguridad con excelente visibilidad en ambos sentidos. Frente de cabina inclinado 2,5°, diseñado para desviar obstáculos en caso de colisión. Pantallas de computadora en las cabinas permiten monitorear todas las funciones de la máquina. Aire acondicionado y sanitarios en cada una de las cabinas. Cabinas removibles para un fácil mantenimiento o reparación.
Disposición	Rodado 4-8-2, 4 cilindros compound con movimientos recíprocos totalmente balanceados, sistema Withuhn. Bielas de acoplamiento interiores actuando sobre ejes cigüeñales, que mantienen ambos grupos de cilindros en sincronización, para un perfecto balanceo y un óptimo flujo de vapor para la expansión compound. Bastidor de construcción soldada, equipado con apoyos para criques, evitando el uso de grúas para mantenimientos mayores.
Cilindros	Dos cilindros de alta presión y dos de baja presión, todos montados exteriormente para facilidad de mantenimiento y con cubiertas con vapor saturado para mantener sus temperaturas de operación dentro de los límites requeridos. Camisas de cilindros reemplazables tipo diesel, y aros de pistón múltiples manufacturados con tolerancias diesel. Contra vástagos para prevenir desgastes desparejos de cilindros y aros.
Condensador	Del tipo de doble eyector, montado en la unidad de potencia. El vapor deja el cilindro de baja presión y se expande en una turbina de baja presión que provee potencia para el cargador, la bomba de alimentación y el generador. La presión absoluta en el condensador es de 3 psi (0.2 km/cm ²). El vapor que escapa de la turbina es dirigido al eyector de la unidad motriz, donde se mezcla con agua fría (65°C) del tender, en un proceso similar al de un inyector. El agua caliente (88°C) descargada del eyector es dirigida a los radiadores, enfriados por ventiladores, ubicados en la unidad de soporte, junto con un tanque auxiliar de 38 m ³ , que le permiten una autonomía de 1.600 km entre reaprovisionamientos, a plena potencia. El agua es pre-tratada antes de ser cargada en el tender, o tratada a bordo con un sistema que permite lavar la caldera sólo una vez al año.
Caldera	De tubos de humo, hogar Belpaire, construcción totalmente soldada, incluyendo virotillos soldados, con el sistema de Porta de combustión en fase gaseosa, sobrecalentador tipo "E", presión de operación de 300 psi (21,1 kg/cm ²), economizador de tubos aleteados incorporado en la caja de humo. El conjunto de la caldera diseñado para ser removido de la locomotora como una unidad. Hogar diseñado para operar con una amplia variedad de carbones con bajo contenido de azufre. Una parrilla de sacudidas proveería una remoción continua de cenizas. Tiro producido por ventiladores accionados por vapor. Separadores de chispas ciclónicos en el escape. El proceso de combustión, en combinación con el uso de carbón con bajo contenido de azufre y los separadores ciclónicos en el escape, permitirían que la locomotora cumpliera con los límites de emisión requeridos por EPA.
Cojinetes	Timken a rodillos tipo AP, sellados para permitir 250.000 millas (400.000 km), entre revisiones, sin lubricación adicional, equipando todos los ejes, bielas y elementos de la distribución.
Distribución	Tipo Walschaerts, correderas cilíndricas de 15" (381 mm) de diámetro y 9" (228 mm) de carrera, en todos los cilindros. Los cilindros de baja presión están provistos de correderas de doble pistón. Los pistones de las correderas incorporan aros finos múltiples, y los distribuidores tienen cubiertas con vapor saturado para lograr una buena lubricación y una mayor duración.

Almacenaje de combustible	El carbón se carga en tres contenedores separados, cerrados, de 11 ton de capacidad. Estos contenedores se diseñaron para ser asegurados a vagones playos y cargados en boca de mina con carbón sin procesar, y provisto de tapas herméticas en su parte superior para eliminar fugas de polvo. Estos contenedores podían ser cargados en la locomotora utilizando autoelevadores. La capacidad de combustible permitía una autonomía de 500 millas (800 km) sin reabastecerse, a plena potencia. Tapas herméticas con cremallera permitían instalar nuevos contenedores y retirar los parcialmente vacíos sin caída de carbón.
Manejo de cenizas	La ceniza se almacena en un contenedor removible de 5 toneladas de capacidad, diseñado para ser retirado utilizando un autoelevador y asegurado a un vagón playo para su disposición. Alternativamente, se provee con conexiones para permitir el arrastre de las cenizas con chorros de agua. Se ha adaptado la tecnología utilizada actualmente en la industria naval, en buques diseñados para consumir carbón.
Ruedas motrices	Ruedas de disco, tipo Scullin, de 54" (1371 mm) de diámetro, sin llantas separadas. Diseñadas para una vida útil de 250.000 millas (400.000 km). Las ruedas de pequeño diámetro permiten una operación óptima en todo el rango de velocidades, por estar perfectamente balanceada su parte motriz, permitiendo además su mantenimiento en las instalaciones para locomotoras diesel existentes. Su diseño permite el torneado de las ruedas utilizando tornos bajo piso tipo Hegenscheidt, sin desmontar las ruedas ni las bielas de acoplamiento.
Controles	Basados en microprocesadores. Controles completamente automáticos del regulador, admisión y patinaje, basados en ingresos desde un pedestal basado en los estándares de locomotoras diesel, con 8 puntos para el regulador y control de reversa. Alimentación de carbón y agua diseñada como autorregulada, utilizando vapor vivo o de escape para su accionamiento. El sistema de microprocesadores admite ajustes menores para una operación óptima. Los controles electrónicos permiten la operación múltiple, ya sea con otras locomotoras ACE como con locomotoras diesel. Incorpora dentro de su lógica el "patinaje controlado", que permite desarrollar el máximo esfuerzo de tracción a bajas velocidades. Purgadores de acción rápida, accionados electrónicamente, permiten un alivio instantáneo de la presión en los cilindros para control de patinajes no deseados. También se provee un "freno dinámico", creando contrapresión en los cilindros para obtener efectos de frenado.
Dimensiones de la unidad de soporte	Longitud: 57' (17,37 m). Peso total: 300.000 lb (136 ton). Capacidad de enfriamiento 35.000.000 BTUH
Dimensiones de la unidad motriz	Longitud: 55' (16,76 m) Peso total: 350.000 lb (159 ton). Peso adherente: 240.000 (109 ton).
Potencia	3000 HP nominales en el gancho, 4000 HP en el gancho, entre 20 y 80 mph (32 y 128 km/h)
Eficiencia térmica	15% promedio, 18% máxima.
Esfuerzo de tracción	70.000 lb (31.800 kg) continuos entre 0 y 24 km/h. Capacidad de superar 100.000 lb (45.400 kg) en el arranque, con motores de vapor colocados en los bogies de la unidad de soporte.
Servicio	Suministro de arena, lubricantes y agua desde el nivel del piso. Diseño apto para utilizar las instalaciones de servicio de locomotoras diesel.

Epilogo - Cuando los hombres que asistieron a la primera reunión de ACE, veían la oportunidad para una aplicación rentable del poder del vapor moderno en los Estados Unidos.

Generalidades

La propuesta de la ACE 3000, de concepto simple, incluyendo una serie de complicados subsistemas, incluyendo bombas especiales de alta presión, ventiladores para el tiro, y controles computarizados. Esto era difícilmente compatible con el expresado intento de construir una locomotora a vapor simple, resistente y confiable.

Todo esto como consecuencia de tratar de diseñar una locomotora a vapor que fuera aceptable para la dirección de los ferrocarriles. Si bien una típica locomotora diesel eléctrica moderna contiene mucho más complicados subsistemas que los previstos en la ACE, los diseños iniciales de las diesel habían sido logrados usando los vastos conocimientos de General Motors, y habían sido perfeccionadas a lo largo de muchos años de trabajo hasta convertirse en ampliamente aceptadas por los ferrocarriles. ACE era sólo una pequeña empresa con recursos técnicos y financieros limitados. La mayor esperanza de ACE era vender el concepto de su locomotora a vapor lo suficiente para persuadir a posibles inversionistas masivos. Eso le hubiera permitido obtener los recursos técnicos para dedicarse a cumplir con el proyecto en un tiempo razonable. Porta y David Wardale acordaron con Rowland que nada vendería mejor el concepto que una locomotora quemando carbón y consumiendo carbón. Estos hombres pensaban que una avanzada locomotora de Segunda Generación de Vapor (SGS) podía ser construida dentro de de las restricciones de tiempo y de presupuesto. Pero esto no fue lo que los ferrocarriles americanos estaban esperando, y el único argumento de ventas fueron catálogos, diagramas, y planos de lo que podría ser construido. Tal vez de otra forma la locomotora podría haber conseguido el interés necesario para financiar el proyecto ACE y lograr exitosamente el renacimiento del vapor en los Estados Unidos.

9. Listado de las trochas mundialmente utilizadas, ordenadas de menor a mayor - Como trochas menores a la mínima, se pueden mencionar las utilizadas por las locomotoras de vapor vivo, o “live steam” (esas maquinatas capaces de llevar a su maquinista y algunos pasajeros “a caballo”, o ubicados sobre pequeños vagones), en instalaciones especiales ubicadas en clubes y asociaciones formadas con ese fin. De acuerdo con la escala en que están construidas, se han estandarizado las siguientes:

Escala $\frac{1}{2}$ " al pie (1:24): Trocha $2\frac{1}{2}$ " o 64 mm

Escala $\frac{3}{4}$ " al pie (1:16): Trocha $3\frac{1}{2}$ " u 89 mm

Escala 1" al pie (1/12): Trocha $4\frac{3}{4}$ " o 122 mm (en Estados Unidos); Trocha de 5" o 127 mm en Europa

Escala $1\frac{1}{2}$ " al pie (1/8): Trocha $7\frac{1}{4}$ " o 184 mm

A continuación, listado de trochas utilizadas en servicio público, ordenadas por trocha, país y ferrocarril. Los identificados en rojo ya no existen.

Ferrocarriles de trochas mínimas, por trocha y por país - Con anchos desde 1' (305 mm) y hasta 26" (643 mm)

Trocha		País	Ferrocarril
Métrica (mm)	Inglesa		
305	1'	Estados Unidos	Sonora Short Line (California)
		Reino Unido	Ruislip Lido Railway (1,5 km)
		Rusia	Krasnoyarsk Child Rly
311	$1\frac{1}{4}$ "	Reino Unido	Fairbourne & Barmouth
381	1' 3"	Austria	Viena (4 km)
		Francia	Rhin (3 km)
		Alemania	Liliputbahnen Stuttgart-Killesberg (2 km)
			Leipzig-Auensee (2 km)
		Japón	Dresden (6 km)
		Reino Unido	Ravenglass & Eskdale Light Rly (11 km); Romney, Hythe & Dymchurch Light Rly (22 km); Bure Valley Rly; Duffield Bank ; Perrygrove Rly
Estados Unidos	Parques de diversiones		
385	$1' 3\frac{5}{32}$ "	Hungría	Vasutortenet Park, Budapest
400	$1' 3\frac{3}{4}$ "	Decauville	
		Francia	Primer Ferrocarril Decauville
		Hungría	Fábricas de porcelana
		Suiza	Fábricas de ladrillos
406	1' 4"	Estados Unidos	Parques de diversiones
		Reino Unido	Great Laxely Mines
450	$1' 5\frac{2}{3}$ "	Decauville	
		China	Minas de carbón de Tangshan
		España	Líneas industriales
		Otros países	Aparentemente, muchos otros países
457	1' 6"	Reino Unido	Woolwich Arsenal; Chatham Dockyard; Crewe Locomotive Works; Horwich Locomotive Works
480	1' 7"	España	Mina Arrayanes
483	1' 7"	Estados Unidos	Swanton Pacific (2 km)
		Reino Unido	Líneas industriales
500	$1' 7\frac{5}{8}$ "	Decauville	
		Argentina	Tren del Fin del Mundo (8 km)
		Colombia	Tranvía Santiago Quinta
		Francia	Tarn (3 km)
		Alemania	Parkeisenbahn Vatterode
		Hungría	T.R.Kszentmikl y otras fábricas de ladrillos

Generalidades

		Indonesia	Pagonan
		Méjico	Tranvía a caballo de Yucatan
		Rusia	Ferrocarriles rurales
		España	Líneas industriales
		Suiza	KWO-Stollenbahn (5 km)
		Otros países	Aparentemente, muchos otros países
508	1' 8"	Australia	F.C. Maderero Gwalia – Western Australia (110 km)
		Estados Unidos	F.C. Minas de cobre de Arizona
		Filipinas	Benguet Mine
		Indonesia	Aneka Tambang
		Reino Unido	F.C. Mina de carbón Brora
520	1' 8 1/2"	España	Ferrocarriles industriales
		Rusia	Ferrocarriles industriales
533	1' 9"		Ferrocarriles Industriales
540	1' 9 1/4"	Estados Unidos	Sistema Hunt
		Suecia	Tranvías a caballo
550	1' 9 2/3"	España	
		Rusia	Planta Bryansk
558/559	1' 10"	Irlanda	Destilería Guinness
		Méjico	Mina El Progreso
		Rep. Dominicana	
560	1' 10"	Suecia	Planta Sandwik
565	1' 10 1/4"	Rep. Checa	Usti n. Labem: ferrocarriles industriales
571	1' 10 1/2"	Rusia	Ferrocarriles recreativos
575	1' 10 3/8"	Rusia	Ferrocarriles de minas
576	1' 10 5/8"	Japón	Ferrocarril a caballo Gumma (siglo XIX)
578	1' 10 3/4"	Reino Unido	Ferrocarriles Industriales (p.ej. Dinorwic)
580	1' 10 13/16"	Hungría	Minas Dorogi
584	1' 11"	Reino Unido	Penrhyn, Cornwall
597	1' 11 1/2"	Brasil	Paulista; Mogiana; Douradense: San Pablo-Minas; Perus-Pirapora; Tranvía Cantareira
		Reino Unido	Vale of Rheidol Rly; Welsh Highland Rly; Ffestiniog Rly; Ashover; North Wales NG Rly; Lynton & Barnstaple
600	1' 11 5/8"	Decauville	
		Alemania	Ferrocarriles rurales; Ferrocarril del Parque de Berlín; Ferrocarril Mecklenburg-Pommer (1892-1969) (200 km)
		Angola	(310 km)
		Argentina	F.C. Provincial Correntino (208 km)
		Austria	(3 km)
		Bielorrusia	Ferrocarriles rurales
		Bélgica	Adele; Ploegsteert; Maldegem (museo) (4 km); Rail Rebecq Rognon; Chemins de Fer de Sprimont
		Bulgaria	(152 km)
		Camerún	(145 km)
		Colombia	Tranvía Santiago – La Pirámide
		Congo DR	(1.025 km)
		España	
		Finlandia	(2 km) (Museo)
		Francia	Calvados (400 km)
		Grecia	Agrinion-Krionerion; Sarakli-Stavros; Volos-Milies
		Hungría	Almamell-Kemence (3 km)
		Indonesia	Plantas azucareras (797)
		Italia	Ferrocarriles rurales
		Japón	Chib-Ken y Narita Rlys (siglo XIX)
Letonia	Ferrocarriles rurales		
Lituania	Ferrocarriles rurales		

		Paraguay	Puerto Pinasco; Puerto Max
		Perú	Calyati (50 km)
		Polonia	Znin 1894- (78 km); Bydgosc-Wyrzyskie 1895- (256 km); Bialowieza; Ptusza-Tarnowka; Wigry
		Portugal	Barril; Minas de Pejao; Transpraia
		Rusia	Minas de carbón
		Suecia	Helsingborg; Munkedals; Kosta Lessebo; Gripenberg; Anneberg Ormaryd; Lindfors; Malma
		Suiza	SATEB (2 km); SchBB Schinz nacher Baumschulbahn (3 km)
		Ucrania	Ferrocarriles rurales
		Uzbekistán	Ferrocarriles rurales
603	1' 11 ³ / ₄ "	Reino Unido	Ffestiniog & Blaenau Rly
610	2'	Antigua & Barbuda	(13 km)
		Australia	(4000 km)
		Corea del Sur	Tranvías de Pusan (9,5 km)
		Fiji	(644 km)
		Hong Kong	Sha Tau Kok (12 km)
		India	(3265 km)
		Indonesia	Toelagan; Kremboong (22 km)
		Japón	Mina Kishu; Tateyama; Aso; Mamurogawa; Musashino Mura
		Kazakstán	Tselinograd PRLY (2 km)
		Rusia	Dobryanka; Lysva; Chermoz
		Sud África	(314 km)
		Reino Unido	Volks Electric Rly (1883-1884) (2 km); RAF Fauld; Groudle Glen Rly (1 km); Ashover (12 km); London Post Office Rly
		Estados Unidos	Maine; Edaville; Sandy River; Gilpin Tramway (42 km); Chicago Tunnel Co.
Venezuela	Bolívar (220 km)		
615	2' 1 ¹ / ₅ "	Congo	(136 km)
620	2' 2 ² / ₅ "	Eslovenia	(2 km)
630	2' 2 ² / ₃ "	Alemania	Ferrocarriles rurales
		Rusia	Ferrocarriles rurales
635	2' 1"	Japón	Iwafune Rly (siglo XIX)
643	25" 5 ⁵ / ₁₆ "	Cuba	Caribbean – Morón (83 km)
		Suecia	(15 km)

Ferrocarriles de trochas angostas, por trocha y por país - Con anchos desde 2' 2" (650 mm) y hasta 2' 9¹/₂" (850 mm)

Trocha		País	Ferrocarril
Métrica (mm)	Inglesa		
650	2' 1 ¹⁹ / ₃₂ "	España	
660/661	2' 2"	Alemania	Nunkircher Eisenwerke (32 km)
		Australia	Mount Morgan Gold Mining
		Brasil	Tranvía Raposos-Nova Lima
666	2' 2 ⁷ / ₃₂ "	Japón	Tranvías de Hongo; Tranvías a caballo de Yamanashi (Siglo XIX)
670	2' 2 ¹ / ₃ "	Indonesia	Kadhipaten (7 km)
680	2' 3"	Australia	Otway Ranges
		Reino Unido	Tal-y-Llin (11 km); Coris (1,2 km); Campbeltown & Macrihanish
693	28"	Cuba	Simón Bolívar (15)
		Suecia	Kroppa; Domnarvent (28 km)
700	2' 3 ¹ / ₂ "	Decauville	
		Alemania	Canteras en Bavaria; Turberas en el Norte, en su mayoría empresas holandesas
		Argentina	?
		Dinamarca	
		España	

Generalidades

		Francia	Chemin de fer d'Abreschviller (82 km)
		Holanda	Ferrocarriles industriales
		Indonesia	Ingenios azucareros; Salinas
		Suecia	
710/710	2' 4"	Reino Unido	Snailbeach (15 km)
		Rusia	
716	2' 4 ³ / ₁₆ "	Polonia	Ingenio Kruszwica (1881-1923) (40)
720	2' 4.3"	Bélgica	Tranvía Zaman (10)
		Indonesia	Loenggadjah; Karangsoewung; Sindanglaut (31 km)
724/725	2' 4 ¹ / ₂ "	Reino Unido	Glyb Valley Tramway
		Rusia	
730	29"	Suecia	Ferrocarriles Industriales
737	2' 5 ¹ / ₆₄ "	Japón	Tranvía a caballo Shinagawa (Siglo XIX)
742	30" (Suecas)	Suecia	Ferrocarriles industriales
750	2' 5 ¹ / ₂ "	Alemania	
		Argentina	Viejo Expreso Patagónico; Ferrocarril Industrial Rio Gallegos-Rio Turbio; Ferrocarril Patagónico Puerto Madryn-Alto de las Plumas
		Australia	En Victoria
		Bielorrusia	
		Bolivia	Tranvías de Cochabamba
		Chile	Tranvía Santiago Yungay
		Ecuador	El Oro-Bahía Chome (180 km)
		Egipto	(347 km)
		España	(43 km)
		Estonia	
		Filipinas	Mina Benguet
		Finlandia	Museos (2 km)
		Grecia	(22 km)
		Indonesia	Ingenios azucareros (223 km)
		Italia	Ferrocarriles rurales (71 km)
		Japón	Ferrocarriles madereros
		Kazakstán	
		Kyrgyzstan	
		Letonia	
		Lituania	
		Noruega	Tertitten - Urskog-Hølandsbanen (51 km)
		Paraguay	Puerto Casado (160 km)
		Polonia	
		Rusia	
		Sierra Leona	
		Suecia	Ferrocarril minero Glava
Suiza	WB (14 km); IRR/Internationale Rhein-Regulierung (23 km)		
Tayikistán			
Turquía	(246 km)		
Ucrania			
Uruguay	Piriapolis (43 km)		
753	2' 5 ⁵ / ₈ "	Japón	Tranvía de Fuhoku (Siglo XIX)
760	2' 5.9"	Denominada Trocha Bosnia . Equivale a la mitad de una vieja unidad austríaca, el "klafter de Viena"	
		Albania	(34 km)
		Antigua & Barbuda	(64 km)
		Austria	(339 km)
		Bolivia	(32 km)
		Bosnia	
		Bulgaria	(245 km)
		Croacia	
Rep. Checa			

		Haití	(40)
		Hungría	(222 km)
		Italia	Valgardena-Val di Fiemme (29 km)
		Rumania	(370 km)
		Serbia	
		Eslovaquia	(6 km)
		St. Kitts & Nevis	(58 km)
		Suecia	Ferrocarriles industriales
		Ucrania	Líneas Transcárpatos
762	2' 6"	Australia	Puffing Billy (25 km); Minas de oro de Walhalla
		Barbados	Hasta 1900
		Brasil	(13 km)
		China	
		Chipre	(113 km)
		Corea del Norte	(665 km)
		Corea del Sur	Pusan
		Cuba	(150 km)
		Estados Unidos	Parques en Portland, Oregón; Ferrocarriles mineros en Montana, Arizona, Nevada, California; Plantaciones azucareras en Luisiana.
		India	(3.265 km)
		Indonesia	Plantaciones de caucho; Pongkor
		Japón	Kinki Nippon (27 km); Seibu; Kurobe Valley (20 km) Sangi Hokusei (20 km); Kintetsu Utsube (6 km); Kintetsu Hachioji (1 km)
		Mauricio	(16 km)
		Mozambique	(148 km)
		Nepal	(52 km)
		Nigeria	(213 km)
		Pakistán	(900 km)
		Perú	Patillos
		Reino Unido	Welshpool & Llanfair; Pentewan; Oakhill Brewery; Alford & Sutton Tramway; Leek & Manifold; Hoo Ness Island; Chattenden & Upnor; Bowaters Paper Mill; Sittingbourne & Kemsley Rly
		Rep. Dominicana	(140 km)
Sierra Leona	(500 km)		
Sri Lanka	Kelani Valley Rly (141 km)		
Taiwán	Alishan Forestry Rly (86 km); Industria azucarera		
Venezuela	Maracaibo		
785	30" (Prusianas)	Alemania	F.C. Rhein-Sieg; Ferrocarriles industriales (acerías Krupp en Rheinhausen)
		Dinamarca	
		Polonia	Tranvías de Silesia (hasta 1952) (188 km)
787	2' 7"	Alemania	Broelthal
		Finlandia	
		Suecia	Kroppa
791	2' 6.9"	Dinamarca	Faxe Jernbane (1985-1995)
792	32" (Suecas)	Suecia	Tranvías a caballo; Madereras
794	2' 7 ¹ / ₄ "	Reino Unido	Neath Abbey
800	2' 7 ¹ / ₂ "	Alemania	Museumsfeldbahn Leipzig-Lindenau (2 km)
		Bélgica	Ferrocarriles industriales
		Brasil	Santos; Tranvías de Itatinga
		España	Ferrocarriles Industriales
		Georgia	
		Polonia	Accesos a Marki y Wilanow
		Reino Unido	Snowdon Mountain (8 km)
		Suiza	WAB (19 km); PB (5 km); BRB (8 km); MG (9 km); MTGN (10 km); BOB (7 km); Funicular Riffelalp-Tram
		Ucrania	

Generalidades

802	2' 7" (Suecas)	Suecia	Fredriksberg; Degerfors; Voxna (222 km)
813	2' 8"	Reino Unido	Neath Abbey-Levenseat
820	2' 8 ¹ / ₄ "	Brasil	Tranvías Urbanos Rio de Janeiro
826	2' 8 ¹ / ₂ "	Reino Unido	Volks Electric Rly (1884-) (2 km); Brighton & Rottingdean
838	2' 9"	Japón	Kamaishi Iron Rly (Siglo XIX)
		Reino Unido	Tranvías de Seaton
		Santo Tomé	
850	2' 9 ¹ / ₂ "	Italia	Porlezza-Menaggio (12 km); Ponte Tresa Italia-Luino (12 km), hasta 1950
		Suecia	Ferrocarriles Industriales

Ferrocarriles de trochas métricas, por trocha y por país - Con anchos desde 2' 10" (864 mm) y hasta 4' 1" (1.245 mm)

864	2' 10"	Reino Unido	John Brodgen & Sons; Bridgend
869	2' 10 ⁷ / ₃₂ "	Alemania	Fabrica de concreto Itzehoe
875/876	2' 10 ¹ / ₂ "	Reino Unido	Cornwall
		Rusia	
880	2' 11 ¹ / ₆₄ "	Alemania	Bernau (20 km)
		Japón	Nakaya Ryokan, hasta 1960
884/885	35 ³ / ₄ " (Suecas)	Rusia	Demidoff's Mining & Iron Works
		Suecia	Tranvías a caballo
889	2' 11"	Reino Unido	London Brick Co.; Hunts
891	36" (Suecas)	Denominada Trocha de Tres Pies Suecos	
		Rusia	
		Suecia	Spitsbergen; Roslagsbanan; etc. (3.024 km)
900/901	2' 11 ¹ / ₂ "	Alemania	Doberan (15 km); Borkun Light Rly (7 km); Minas de lignito, particularmente en Alemania Oriental
		Australia	Minas de lignito en Victoria
		Austria	Tranvías de Linz
		China	Ferrocarriles mineros (18 km)
		Estados Unidos	Tranvías de Detroit
		Indonesia	Tjoekir (19 km)
		Irlanda	Tranvías de Cork
		Islandia	
		Noruega	Spitsbergen-Ny Alesund (2 km)
		Polonia	Chorzow, hasta 1964 (4,2 km); Tranvías de Cracovia, 1901-1953; Ferrocarriles mineros
		Portugal	Tranvías de Lisboa y Braga
		Reino Unido	Butterworth & Brooks
		Rusia	Minas de carbón
		Serbia	Kolubara
		Suecia	Minas en Kiruna
Suiza	Funiculares		
Ucrania	Funicular de Kiev		
910	2' 11 ¹ / ₂ "	España	Soller
		Uruguay	(42 km)
914	3'	Azerbaiyán	Shusha
		Colombia	Medellín; Pereira (3.236 km)
		Cuba	(91 km)
		El Salvador	(602 km)
		España	Palma-Soller (32 km); Irún-Elizondo (56 km)
		Estados Unidos	Denver & Rio Grande Western; Rio Grande Southern; East Broad Top (8 km); East Broad Top (42 km); White Pass & Yukon; Hawaii; Cumbres & Toltec; Durango & Siverton; Denver & Rio Grande; Sumpter Valley
		Filipinas	Tranvía de Corregidor (11 km)
		Georgia	Bakuriani (37 km)
Guatemala	(1.019 km)		

		Guyana	(187 km)
		Honduras	(277 km)
		Indonesia	Mina de Freeport
		Irlanda	Ballymena, Cushendall & Red Bay (158 km)
		Isla de Man	Isla de Man Rly (48 km); Manx Electric Rly (29 km)
		Japón	Tranvía rural Otaru. Koiwai; Kyushu Rly;
		Méjico	Pachuca
		Nueva Zelanda	Dun Mountain Rly
		Noruega	Spitsbergen-Longyear
		Panamá	(160 km)
		Perú	(300 km)
		Reino Unido	Tranvía a caballo Douglas – Isla de Man; TA Ulster (68 km); Londonderry & Lough Swilly (50 km); Marland; Ravenglass & Eskdale; Strabane & Letterkenny (32 km); Southwold
		Singapur	
		Ucrania	Skvira
		Venezuela	Carenero, La Ceiba, La Guaira, Macuto (184 km)
925	3' 0,4"	Alemania	Tranvías de Chemnitz
950	3' 1,4"	Denominada Trocha Métrica Italiana . De acuerdo con una ley del 28/VII/1879, las únicas trochas legales en Italia eran 1.500, 1.000 y 750 mm, medidos en el centro de las cabezas de los rieles, esto es 1.445, 950 y 700 entre rieles	
		Albania	(12 km)
		Eritrea	(307 km)
		Hungría	Convertidos a 1.000 mm
		Italia	Cerdeña; Roma; Otros Ferrocarriles(2.557 km)
		Somalia	(123 km)
		Libia	(165 km)
955	3' 1,6"	Suiza	Funiculares
964	3' 2"	Rusia	Nytva
972	3' 2 ¹ / ₄ "	Mauricio	
		Reino Unido	Dorking Greystone Lime Co.
978	3' 2 ¹ / ₂ "	Reino Unido	New British Iron Co.
980	3' 2 ⁹ / ₁₆ "	Georgia	Tbilisi (Funicular) (0,5 km)
988	3' 2,9"	Suiza	Funiculares
990/991	3' 3"	Alemania	Primer tranvía Siemens es Lichterfeld
		Egipto	(11 km)
		Rusia	Contratistas ingleses
1.000	3' 3 ³ / ₈ "	Alemania	(800 km); Brotalbahn
		Argelia	(256 km)
		Argentina	F.C. Belgrano (9.860 km)
		Austria	(16 km)
		Bangladesh	(1.914 km)
		Bélgica	SNCV (4.900 km); De Lijn (65 km); Metro Charleroi (35 km); Han caves (3,5 km); Ferrocarril Turístico
		Benín	(578 km)
		Bolivia	Oriental; Andina; Antofagasta-Bolivia; Arica-La Paz (3.652 km)
		Brasil	(20.100 km)
		Burkina Faso	(620 km)
		Camboya	(612 km)
		Camerún	(858 km)
		Chile	(3.642 km)
		China	(600 km)
		Colombia	Ferrocarril de Girardot
		Congo DR	(125 km)
		Costa de Marfil	(650 km)
		Dinamarca	Museo Skjoldenaesholm; Skagensbanen, Horsens-Trring, Bornholm, etc.; Tranvía de Aarhus; Kolding-Egtved (1898-1930); Horsens-Bryrup,

Generalidades

			Haderslev Amts, Aabenraa Amts, Als Amts.
		Yibuti	(97 km)
		Eslovaquia	(46 km)
		España	FEVE; Eusko Tren; FC Vascos (1.628 km)
		Etiopía	(474 km)
		Finlandia	Tranvía de Helsinki (75 km)
		Francia	(21.000 km)
		Gibraltar	
		Grecia	(892 km)
		Guadalupe	(2 km)
		Guinea	(806 km)
		Hungría	Perecesi; Tranvía de Szombathely
		India	(14.766 km)
		Indonesia	Campos petrolíferos
		Israel	Haifa-Jerusalén (1891-1915) (87 km)
		Italia	Tranvías y pequeños ferrocarriles: Domodossola Locarno, Génova Casella, L'assunta Collalbo, Trento Mezzana (80 km/183 km)
		Kenia	(2.040 km)
		Letonia	Hasenpoth (501 km)
		Lituania	Memel, Tilsit (115 km)
		Madagascar	(1.020 km)
		Malasia	(1.800 km)
		Mali	(642 km)
		Malta	
		Méjico	San Luis Potosí
		Myanmar	(3.878 km)
		Noruega	Museo Thamshavn (26 km); Grakallbanen; Bjornoya island
		Nueva Zelanda	Funicular Wellington (0,6 km)
		Pakistán	(445 km)
		Paraguay	Tranvías de Asunción (hasta 1996); Azucarera Tebicauri (60 km)
		Polonia	Tranvías
		Portugal	REFER (188 km)
		Puerto Rico	Ponce (96 km)
		Reunión	(6 km/125 km)
		Rusia	Tranvías; Canteras
		Senegal	(1.034 km)
		Singapur	(38 km)
		Somalia	(106 km)
		Suecia	Tranvías de Kiruna, Ulricehamn y Goerhenburg
		Suiza	(1.659 km) (Tranvías y Funiculares)
		Surinam	(86 km)
		Tailandia	(3.940 km)
		Tanzania	(2.710 km)
		Togo	(570 km)
		Túnez	(1.650 km)
		Ucrania	Tranvías
		Uganda	(1.300 km)
		Vietnam	(2.684 km)
1.003	3' 3 ¹ / ₂ "	Reino unido	Furness Mining Co.
1.009	3' 3 ³ / ₄ "	Bulgaria	Tranvías de Sofia
1.016	3' 4"	Estados Unidos	Splint Jellico Coal Co.; Elk Valley Coal & Coke Co.; Defiance Coal Co.
		Venezuela	Santa Bárbara (59 km)
1.029	3' 4 ¹ / ₂ "	Australia	Rubicon Foresr (1907-1950)
		Reino Unido	Hudson & Co.
1.039	42" (Suecas)	Suecia	Ferrocarriles Industriales
1.050	3' 5 ¹ / ₄ "	Egipto	Beersheba-Al Qusaymah (5 km)
		Israel	Hedjaz Rly

		Jordania	Hedjaz Rly; Aqaba Rly (786 km)
		Líbano	
		Arabia Saudita	Hedjaz Rly
		Siria	(232 km)
		Turquía	(42 km)
1.054/ 1.055	3' 5 ¹ / ₂ "	Argelia	(1.081 km/107 km)
		Reino Unido	Associated Portland Cement Co.
1.064	3' 5 ⁷ / ₈ "	Polonia	Línea Czestochowa-Herby (hasta 1911)
1.067	3' 6"	Denominada CAP o Cape Gauge o Trocha del Cabo , por la ciudad homónima de Sud África	
		Angola	(2781 km/98 km)
		Australia	(16.703 km)
		Barbados	(1900-1937)
		Bélgica	Antwerp
		Botswana	(712 km)
		Canadá	Terranova; Toronto & Nipissing; etc. (1.120 km)
		Chile	Tocopilla; Taltal
		Taiwan	(4.600 km)
		Congo	(797 km)
		Congo DR	(3.968 km)
		Costa Rica	San José (950 km)
		Rep. Dominicana	
		Ecuador	Quito (965 km)
		Estonia	Tranvías de Talinn (39 km)
		Ghana	(953 km)
		Guyana	(29 km)
		Haití	(180 km)
		Honduras	(508 km)
		Hong Kong	Tranvías (16 km)
		Indonesia	(6.389 km)
		Isla de Man	Snaefell Mtn Rly (8 km)
		Japón	(25.315 km)
		Liberia	(152 km)
		Malasia	Tranvía de Penang (21 km)
		Malawi	(789 km)
		Mozambique	(3.140 km)
		Namibia	(2.341 km)
		Holanda	Interurbano Arnheim
		Nueva Zelanda	(4.716 km)
		Nicaragua	(373 km)
		Noruega	Sulitjelmabanen, etc., (todos antes de su retrochado)
		Panamá	Ciudad de Panamá
		Perú	Arequipa
		Filipinas	(378 km)
		Polonia	Fábrica de durmientes de Czeremcha
		Rusia	Sakhalin; Livny
		Sierra Leona	Marampa (84 km)
		Sud África	(20.324 km)
		Corea del Sur	Tranvías de Pusan (9,5 km)
		Sri Lanka	Colombo
		Sudán	(4.800 km)
Swaziland	(297 km)		
Suecia	Sistema Blekinge, Sundsvall-Torpshammar, Matfors-Vattjom (608 km)		
Tanzania	(960 km)		
Reino Unido	East Cornwall; Cantera Caldon Low; Severn & Wye; Tranvía Wolverton & Stony Stratford; Muelle Southend (2 km); Snaefell Mountain; Rothesay & Ettrick Bay; Jersey; Tranvías		
Estados Unidos	Explotaciones madereras; Tranvías en Portland, Tacoma, Denver, Los		

Generalidades

			Ángeles, Oakland, y San Francisco (a cable)
		Venezuela	Bolivar, Tachira, Central, Gran, El Palito
		Zambia	(1.266 km)
		Zimbabwe	(2.745 km)
1.090	3' 7"	Reino Unido	Tranvía de Middleborough
1.093	44"	Suecia	King - Uttersburg - Ridrarhyttan, Frykstad, Kristinehamn-Sjndan (58 km)
1.100/ 1.101	3' 7 ⁵ / ₁₆ "	Alemania	Tranvía de Braunschweig, Kiel, Lbek
		Brasil	Tranvías Rio de Janeiro, Santa Teresa; Cantagalo
		Francia	París-Orleans; Mont Cenis
		Italia	Varese (47 km)
		Reino Unido	Fell
1.106	3' 7 ¹ / ₂ "	Austria	Linz-Gmunden
1.118	3' 8"	Nueva Zelanda	Tranvías de Napier
		Reino Unido	Sidmouth Harbour Co.
1.130	3' 8 ¹ / ₂ "	Canadá	Portage Rly
1.143	3' 9"	Reino Unido	Colin Dunlop, Broseley wagonway-wooden
1.149/ 1.150	3' 9 ¹ / ₄ "	España	Galdames a Sestao (32 km)
		Estados Unidos	Arcata & Mad River
		Suiza	Funiculares
1.160	3' 9 ² / ₃ "	España	Galdames a Sestao (ex Bilbao River & Cantabrian) (22 km)
		Rusia	
1.168	3' 10"	Reino Unido	Butterley Co.
1.170	3' 10"	Martinica	(1 km)
1.188	48" (Suecas)	Indonesia	Tranvías de Yacarta (40 km)
		Suecia	Norberg-Åmänningen; Väsman-Barken; Åtvidaberg-Bersbo (45 km)
1.200	3' 11 ¹ / ₄ "	Italia	Génova-Granarolo (81 km)
		Suiza	Rheineck-Walzenhausen (2 km) (cable)
1.217	4' (Suecos)	Suecia	Hudiksvall; Uddevalla-Vänernsberg-Herrljunga; Borås; Söderhamn (165 km)
1.219/ 1.220	4'	España	Ferrocarril de Tharsis a Huelva (69 km)
		Estados Unidos	Honolulu; Canton; Laredo; Pueblo; San Antonio; Springfield; Delaware & Hudson
		India	Nalhati-Azimganj
		Nueva Zelanda	Tranvías de Gisborne y Wellington (58 km)
		Reino Unido	Metro de Glasgow (10 km); Surrey Iron Rly; Padarn Rly; Redruth & Chacewater Rly; Tranvía Stratford & Moreton; Tranvía Kilmarnock & Troon
		Rusia	Fábrica Kalatinsky, Urales
1.238	4' 0 ³ / ₄ "	Reino Unido	Saundersfoot (Cerrado en 1939)
1.245	4' 1"	Reino Unido	Península Keweenaw

Ferrocarriles de trochas medias, por trocha y por país - Se entiende por ferrocarriles de trochas medias a los de trochas desde aproximadamente 4' 1" (1.245 mm) hasta la trocha internacional. Si bien técnicamente son trochas angostas, estos ferrocarriles fueron construidos generalmente dentro de altos estándares, permitiendo mayores cargas y velocidades que las líneas de trochas más angostas.

Trocha		País	Ferrocarril
Métrica (mm)	Inglés		
1.270	4' 2"	Reino Unido	Tranvía Forest Peak
		Rusia	Funicular Sochi
1.321	4' 4"	Reino Unido	Penydarren; Fordell
1.350	4' 5 ¹ / ₈ "	Brasil	Santos
1.365	4' 5 ³ / ₄ "	Brasil	Tranvías Sao Cristovao Rio de Janeiro
		España	Tranvías de Bilbao (80 km)
1.372/ 1.375	4' 6"	España	
		Japón	Hakodate (11 km); Tranvías de Yokohama y Tokio (12 km); Keio (84 km); Metro Shinkuji, Tokio (24 km); Línea Tokyu Setagaya (5 km)
		Reino Unido	Primitivos ferrocarriles escoceses

1.391	4' 6 ³ / ₄ "	Japón	Tranvías Akita (Siglo XIX)
1.410	4' 7"	Estados Unidos	Mount Washington
1.416	4' 7 ³ / ₄ "	Reino Unido	(Tranvías del área de Glasgow; Esta trocha fue adaptada para permitir que los vagones de trocha británica standard pudieran operar sobre parte del sistema tranviario (particularmente en la zona de Govan, para llegar a varias industrias no servidas directamente por ferrocarril). Esto era conseguido rodando las pestañas de las ruedas de los vagones rodando en las ranuras de los rieles estilo tranvía, y no las llantas rodando sobre la cabeza de los mismos)
1.422/ 1.424	4' 8"	Nueva Zelanda	Tranvías de Dunedin (62 km)
		Reino Unido	Liverpool & Manchester
		Rusia	Ferrocarriles Industriales
1.432	4' 8 ³ / ₈ "	Argelia	(4290 km)
		Hong Kong	Metro (87 km)
		Reino Unido	Metro de Londres

Trocha Estándar o Internacional 1435 mm (4 ft 8½ in), por país

		Denominada Trocha Standard, Trocha Internacional, o Trocha Stephenson	
1.435	4' 8 ¹ / ₂ "	Albania	(670 km)
		Alemania	(44.770 km)
		Arabia Saudita	(1.390 km)
		Argentina	Ferrocarril Urquiza (2.900 km)
		Australia	(17.621 km)
		Austria	(5.394 km)
		Bielorrusia	(60 km)
		Bélgica	SCNB, Tranvías de Bruselas (3.568 km)
		Brasil	Amapá-Jari (194 km)
		Bulgaria	(4.055 km)
		Canadá	(77.387 km)
		Chile	(150 km)
		China	(73.000 km)
		Colombia	Metro de Medellín (150 km)
		Corea del Norte	(4.250 km)
		Corea del Sur	(3.044 km)
		Croacia	(2.592 km)
		Cuba	
		Dinamarca	(2.770 km)
		Egipto	(4.763 km)
		Eslovaquia	(3.507 km)
		Eslovenia	(1.201 km)
		España	(1.016 km)
		Estados Unidos	(284.818 km)
		Francia	(34.322 km)
		Gabón	(649 km)
		Grecia	(1.565 km)
		Guinea	(239 km)
		Guyana	(110 km)
		Holanda	(2.828 km)
		Hong Kong	KCR, Tranvías, Ma On Shan (110 km)
		Hungría	(7.508 km)
India	Tranvías de Calcuta		
Irán	(5.240 km)		
Iraq	(2.457 km)		
Irlanda	Dublín & Kingstown		
Israel	(700 km)		
Italia	(18.166 km)		
Jamaica	(294 km)		

Generalidades

Japón	Shinkansen (2.503 km); Keisei Electric Rly (83 km); Shin-Keisei; Hokusou Kaihatsu; Keihin Kyuko; Subterráneos de Tokyo: líneas Marunouchi, Ginza y Asakusa; Kintetsu (200 km); Keihan; Hankyu; Hanshin; Nishi Nippon; Hakone Tozan
Líbano	
Liberia	(328 km)
Liechtenstein	(19 km)
Lituania	(16 km)
Luxemburgo	(272 km)
Malasia	Metro (56 km)
Marruecos	(1.893 km)
Mauricio	(170 km)
Mauritania	(690 km)
Méjico	26.612 km)
Mónaco	(2 km)
Nicaragua	(3 km)
Noruega	(4.223 km)
Nueva Zelanda	Tranvías (215 km)
Panamá	(78 km)
Paraguay	(1.053 km)
Perú	(1.501 km)
Polonia	(23.857 km)
Portugal	(12 km)
Reino Unido	(16.584 km)
Rep. Checa	(9.434 km)
Rep. Dominicana	(375 km)
Rumania	(10.860 km)
Rusia	Kaliningrad, Zarubino (140 km)
Singapur	Suburbanos (83 km)
Siria	(1.766 km)
Suecia	(11.330 km)
Suiza	(3.677 km)
Surinam	(80 km)
Tailandia	SkyTram
Trinidad-Tobago	(640 km)
Túnez	(2.115 km)
Turkmenistán	Sarakhs (8 km)
Turquía	(8.429 km)
Ucrania	(210 km)
Uruguay	(3.000 km)
Vaticano	(0,4 km)
Venezuela	(542 km)
Vietnam	(381 km)
Yugoslavia	

Origen de la trocha estándar o internacional - La importancia de un culo de caballo...

Este tipo de temas me encanta. La importancia de un culo de caballo. El ancho de vía en los ferrocarriles de Estados Unidos es de 4 pies y 8,5 pulgadas. Es un número bastante extraño. ¿Por qué se usa precisamente esa anchura? Pues porque así es como se hace en Gran Bretaña, y las vías americanas fueron construidas por ingleses expatriados.

¿Por qué los ingleses usaban ese ancho?

Porque los primeros ferrocarriles fueron construidos por las mismas personas que habían construido los antiguos tranvías y esta es la anchura que usaban.

¿Y porqué ellos usaban tal cifra?

Porque utilizaban las mismas plantillas y herramientas que se usaban para construir carruajes que usaban ese espacio entre ruedas.

Bien. ¿Y por qué los carruajes usaban esa extraña cifra de espacio entre ruedas?

Porque si hubiesen usado otra cualquiera se hubiesen roto en algún viejo camino inglés, ya que esa es la distancia entre las roderas.

Así pues, ¿Quién construyó esos viejos caminos con roderas?

Las primeras carreteras de larga distancia en Europa (e Inglaterra) fueron construidas por el Imperio Romano para sus legiones y han sido usadas desde entonces.

¿Y las roderas en dichos caminos?

Los carros de guerra de las legiones romanas formaron las roderas iniciales, que cualesquiera otros tenían que imitar por miedo a destruir las ruedas de sus carruajes. Ya que los carros fueron hechos para (o por) el Imperio Romano, eran todos iguales en cuanto a espacio entre ruedas.

El ancho de vía estándar en Estados Unidos, de 4 pies y 8,5 pulgadas, deriva de las especificaciones originales para un carro de guerra romano. Especificaciones y burocracias viven para siempre. Así pues, la próxima vez que te den unas especificaciones y te preguntes qué culo de asno las parió, puede que estés exactamente en lo cierto, ya que los carros de guerra romanos se hicieron con el ancho justo para acomodar los traseros de dos caballos.

Con lo que tenemos la respuesta a la pregunta original.

Y ahora otra vuelta de tuerca... Hay una interesante coda a la historia acerca de anchos de vía y culos de caballo. Cuando vemos una Lanzadera Espacial en su rampa de lanzamiento, notaremos dos grandes cohetes unidos a los lados del principal tanque de combustible. Son los llamados SRB (Solid Rocket Boosters) y son construidos por Thiokol en su factoría de Utah.

Los ingenieros que los diseñaron habrían preferido hacerlos algo más anchos, pero los SRBs han de ser enviados por tren desde la fábrica hasta el lugar de lanzamiento. La línea férrea pasa por un túnel en las montañas y los SRBs han de caber a través de ese túnel, el cual es ligeramente más ancho que el propio ancho de la vía, la cual es aproximadamente del ancho de dos traseros de caballo.

Así pues, el diseño de los cohetes impulsores del más avanzado sistema de transporte del mundo fue determinado hace dos mil años por el ancho del culo de un caballo.

Una curiosidad más.

Si alguien hace un viaje por ferrocarril y atraviesa la frontera entre España y Francia podrá observar cómo se realizan unas maniobras para adaptar los trenes al distinto ancho de vía. Europa tiene un ancho, España y Portugal tienen otro.

El caso es que en los comienzos del ferrocarril el rey español, posiblemente Fernando VII, aunque ni lo aseguro ni me tomo la molestia de confirmarlo, decidió que para evitar invasiones por ese medio lo mejor era estrechar el ancho de vías (estaba cerca Napoleón y sus invasiones) como una forma más de ponerle puertas al campo. Este Rey fue una autentica mierda como rey y como persona por lo cual tampoco es de extrañar que haya hecho algo semejante.

Con los años la tecnología consiguió solventar el tema y si bien yo siempre pasaba en horas de la madrugada por esa frontera (Irún - Hendaya) creo que el trámite no duraba más de quince minutos. Ahora, afortunadamente, ya no se habla de invasiones a no ser las de vikingas que tanto entusiasmo despertaron desde los años sesenta en la vieja Piel de Toro.

Un aporte a la cultura o a la hípica, vaya uno a saber. Lo que sí no deja de asombrarme es que aún hoy muchas de las carreteras y caminos por los que circulamos fueron trazados por los romanos. ¡Qué nenes por Dios!!

Generalidades

Ferrocarriles de trochas medias superiores a la internacional, por trocha y por país - Se entiende por ferrocarriles de trochas medias superiores a la internacional a los de trochas desde la trocha internacional hasta la trocha de $4' 10\frac{7}{8}''$ (1.495 mm)

1.440	4' 8,7''	Alemania	Tranvías de Munich y Rostock
		Austria	Tranvías de Viena (300 km)
		Brasil	Amapa
		España	Ferrocarril de Langreo, Asturias (64 km)
1.445	4' 8,9''	Francia	Metro de París
		España	Metro de Madrid
1.447/ 1.448	4' 9''	Italia	Mayoría de tranvías
		Denominada Trocha de Compromiso	
1.450	4' 9''	Estados Unidos	New Jersey & Ohio; Pennsylvania Rly
		Reino Unido	Lancashire
1.458	4' 9,4''	Alemania	Tranvías de Dresde
1.473	4' 10''	Alemania	Tranvías de Leipzig
1.495	4' 10 ⁷ / ₈ ''	Estados Unidos	Camden & Amboy, New Jersey & Ohio, y muchos otros...
		Canadá	Tranvías y Subterráneos de Toronto

Ferrocarriles de trochas mayores a la internacional, ordenados por trocha y por país - Se entiende por ferrocarriles de trochas anchas a los de trochas mayores de $4' 10\frac{7}{8}''$ (1.495 mm).

Trocha		País	Ferrocarril
Métrica (mm)	Inglesa		
1.511	4' 11 ³ / ₈ ''	Ucrania	Tranvías de Kiev
1.519/ 1.520/ 1.524/ 1.525	5'	Denominada Trocha Rusa	
		Afganistán	Khairaton, Torgundi (12 km)
		Armenia	(830 km)
		Azerbaiyán	(2.090 km)
		Bielorrusia	(5.488 km)
		Cuba	Ferrocarril Nuevitas-Puerto Príncipe (hasta 1.900) (73 km)
		Eslovaquia	(106 km)
		Estados Unidos	Ferrocarriles del Sudeste; Rampa en Pittsburg (0,4 km)
		Estonia	(1.030 km)
		Finlandia	(5.924 km)
		Georgia	(1.570 km)
		Alemania	(40 km)
		Hungría	(35 km)
		Kazajistán	(14.460 km)
		Kirguizistán	(370 km)
		Letonia	(2.400 km)
		Lituania	(2.100 km)
		Moldavia	(1.318 km)
		Mongolia	(1.750 km)
		Corea del Norte	(10 km)
		Panamá	(78 km)
		Polonia	LHS (397 km); Tranvías de Varsovia (hasta 1.950)
		Rumania	(45 km)
		Suecia	Haparanda (2 km)
		Tayikistán	(480 km)
		Turquía	(123 km)
Turkmenistán	(2.120 km)		
Ucrania	(23.350 km)		
Uzbekistán	(3.460 km)		
1.524	5'	Hong Kong	Tranvía (1,4 km)
1.549	5' 1''	Reino Unido	London & Blackwall Rly; Eastern Counties Rly; Northern & Eastern Rly (130 km)

1.575/ 1.576	5' 2"	Estados Unidos	Tranvías de Columbus, Norfolk, Trenton y Filadelfia.
		Irlanda	Dublín & Drogheda
1.581	5' 2 ¹ / ₄ "	Estados Unidos	Tranvías de Baltimore (21 km) y Filadelfia; Wilmington
1.588	5' 2 ¹ / ₂ "	Denominada Trocha de Tranvías de Pennsylvania	
		Estados Unidos	Tranvías de Filadelfia, Nueva Orleans y Pittsburg
1.600	5' 3"	Denominada Trocha Irlandesa	
		Alemania	Badische Staatsbahn
		Australia	Victoria, Australia del Sur (7.970 km)
		Brasil	(5.290 km)
		Estados Unidos	Altoona
		Irlanda	(2.810 km)
		Nueva Zelanda	
Reino Unido	Irlanda del Norte		
1.638	5' 4 ¹ / ₂ "	Estados Unidos	Baltimore
1.645	5' 4 ³ / ₄ "	Rusia	Locomotora Cherepanovs
1.668/ 1.674	5' 5 ² / ₃ "	Denominada Trocha Ibérica . Igual a una braza, antigua medida española.	
		Austria-Hungría	
		España	(11.791 km)
		Portugal	(2.613 km)
1.676	5' 6"	Denominada Trocha India	
		Argentina	Ferrocarriles Mitre, Roca, Sarmiento, San Martín (18.829 km)
		Bangladesh	(978 km)
		Canadá	
		Chile	EFE; FEPASA; Tranvías de Santiago y Valparaíso (3.974 km)
		Estados Unidos	BART; Missouri Pacific; Texas RR (760 km)
		India	(59.865 km)
		Irán	(92 km)
		Pakistán	(7.718 km)
		Paraguay	Asunción-Encarnación (hasta 1911) (440 km)
		Reino Unido	Arbroath & Forfar
Sri Lanka	(1.948 km)		
1.680	5' 6 ¹ / ₈ "	Brasil	Maua-Fragoso, 1854
1.740	5' 8 ¹ / ₂ "	Estados Unidos	Gualala Lumber Company (California)
1.750	5' 8 ¹ / ₈ "	Francia	Línea de Sceaux (1846-1893)
1.760	5' 9 ¹ / ₄ "	Indonesia	
1.800	5' 10 ¹ / ₈ "	Alemania	Funicular Obsfelderschmiede-Lichtenhain
1.829	6'	Estados Unidos	Erie & Lackawanna; Atlantic & Great Westwern RR; Ohio & Mississippi RR
		Rusia	St. P. -Pavlovsk
1.880	6' 2"	Reino Unido	Ulster Rly
1.945	6' 4 ⁵ / ₈ "	Holanda	1839-1864
2.000		Reino Unido	Funicular CairnGorm Mountain Railway
2.134	7'	Islas Azores	
2.140	7' 0 ¹ / ₄ "	Portugal (Azores)	Puerto de Ponta Delgada
		Reino Unido	Great Western Railway de Brunel, hasta su conversión a trocha standard en mayo de 1892. Puertos de la Isla de Portland (Inglaterra) Holyhead (Gales) y Port Erin (Isla de Man)
		Sud África	Puertos de East London y Table Bay
2.440	8'	Estados Unidos	Explotaciones madereras en Oregon, hacia 1880
2.743	9'	Japón	Funicular Kyoto-Lake Biwa
3.000		Alemania	Proyecto de Hitler, nunca construido
5.486	18'	Reino Unido	Tranvía eléctrico Brighton & Rottingdean Seashore
6.000		Estados Unidos	Grúas de pórtico de Charlestown
8.200	26' 11"	Austria	Funicular Laerchwand
9.000	29' 6 ² / ₁₆ "	Rusia	Transbordador Krasnoyarsk