



Perspectiva histórica

---

# Historia de la electrificación

Una larga tradición en la ingeniería de los  
ferrocarriles eléctricos

NORBERT LANG – Puede sorprender que, mucho antes de la globalización, en varios países del mundo occidental se produjeran avances técnicos en paralelo, a pesar de las diferencias de condiciones y mentalidades. Esto es indiscutible para el desarrollo de la electrificación y de los vehículos ferroviarios. Los distintos países han tenido motivos distintos para electrificar los ferrocarriles, como disponer de grandes yacimientos de carbón o de abundantes recursos hidroeléctricos. Pero aun así, muchas innovaciones notables se produjeron de forma simultánea, aunque independiente.

pañía fabricó locomotoras de vapor y para ferrocarriles de montaña y, durante muchas décadas, suministró los componentes mecánicos (carrocería, chasis y mecanismos de rodadura) de prácticamente todas las locomotoras eléctricas suizas. Los dos hijos de Brown, Charles E. L. y Sidney Brown, también fabricaron material para locomotoras eléctricas (Charles Brown sería más tarde cofundador de BBC). Los dos hijos diseñaron juntos la primera locomotora eléctrica para la línea de 40 km Burgdorf-Thun → **imagen del título**. Era una locomotora para mercancías con dos velocidades fijas (17,5 y 35 km/h) accionada por CA trifásica de 40 Hz. La transmisión empleaba engranajes de dientes rectos y los cambios de marcha había que hacerlos con la máquina parada. Dos grandes motores de inducción accionaban los dos ejes mediante un árbol intermedio y bielas de conexión. La ley limitaba la tensión de la catenaria a un máximo de 750 V.

En 1903, CIEM (Compagnie de l'Industrie Electrique et Mecanique), predecesora de ABB Secheron, electrificó el ferrocarril de vía estrecha de St-Georges-de-Commieres a La Mure en Francia empleando corriente continua a la tensión excepcionalmente alta para la época de 2400 V con un sistema de doble cable aéreo de contacto. Casi simultáneamente, pero de forma independiente, Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) y BBC iniciaron un proyecto de electrificación sin precedentes en la red de los Ferrocarriles Federales Suizos (SBB).

#### **MFO: corriente alterna monofásica**

Entre 1905 y 1909, MFO probó una electrificación monofásica de 15 kV/15 Hz en una sección del antiguo ferrocarril suizo "National-bahn" entre Zúrich-Seebach y Wettingen (actualmente parte de la red suburbana de Zúrich). La primera locomotora estaba equipada con un convertidor rotativo y motores de tracción de CC → 3. En 1905 se añadió una segunda locomotora → 4. Utilizaba la misma disposición de ejes (B'B'), pero ambos bogies tenían un motor monofásico de 180 kW con devanados en serie alimentado directamente desde el cambiador de tomas del transformador. (El cambiador de tomas se convirtió en los años siguientes en el método habitual de control de las locomotoras de CA, y así se mantuvo hasta la llegada de la electrónica de potencia.) Los ejes se accionaban

## 1 Primeros hitos

- 1890: Una compañía antecesora de ABB Sécheron en Ginebra suministra los primeros tranvías eléctricos de Francia a la ciudad de Clermont Ferrand.
- 1892: Se instala el primer tren de cremallera eléctrico del mundo en el Mont Salève, cerca de Ginebra, con 500 V de CC.
- 1894: Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) suministra los primeros tranvías eléctricos de Zurich.
- 1896: BBC construye tranvías eléctricos para la ciudad suiza de Lugano. La compañía sueca ASEA, antecesora de ABB, fundada en 1883, inicia sus actividades en la tracción eléctrica con tranvías.
- 1898: BBC equipa los ferrocarriles de montaña Stansstaad-Engelberg y Zermatt-Gornergrat y el Jungfrauabahn a la cima del Jungfrauoch a 3500 m sobre el nivel del mar.
- 1901: ASEA suministra tranvías electrificados a la ciudad de Estocolmo.

con un engranaje reductor, un árbol intermedio y bielas de conexión. La velocidad máxima era de 60 km/h. Los motores utilizaban un estator de polos salientes y conmutación con desplaza-

**El vehículo de tracción eléctrica, en cierto modo la forma más armoniosa y más bella de ingeniería eléctrica y mecánica, presenta siempre problemas de diseño nuevos y muy interesantes de resolver.**

Karl Sachs

miento de fase. Esta locomotora funcionó tan bien que se adaptó del mismo modo la locomotora anterior. Entre diciembre de 1907 y 1909, todos los trenes regulares de esta línea tuvieron tracción eléctrica. Como no se podían aprobar cables de contacto aéreos centrados sobre la vía por la elevada tensión, se

**P**ara la mayoría de los fabricantes, la tecnología de la electrificación nació con los tranvías.

En 1890, una predecesora de las actividades de ABB en Secheron, Suiza, suministró los primeros tranvías eléctricos de Francia a Clermont-Ferrand → 1. Pronto les siguieron los primeros ferrocarriles eléctricos de cremallera de montaña del mundo. En 1898, otra predecesora de ABB, BBC, equipó varios ferrocarriles de montaña, entre ellos el mundialmente famoso Jungfrauabahn que trepa hasta el Jungfrauoch, a 3500 m de altitud, con un sistema trifásico de 40 Hz (posteriormente de 50 Hz).

Aunque los sistemas de transporte locales y los ferrocarriles de montaña han experimentado también un enorme avance técnico desde aquellos primeros años, este artículo se centrará en los progresos de los ferrocarriles de vía ancha.

#### **Electrificación con distintos sistemas eléctricos**

Es un hecho poco conocido que fue Charles Brown sénior (1827-1905), cuyo nombre persiste en una de las B de ABB, quien fundó SLM → 2 en 1871. La com-

#### **Imagen del título**

La primera locomotora eléctrica para la línea de 40 km Burgdorf-Thun (1899).

3 Locomotora experimental MFO n.º 1 con convertidor rotativo y motores de tracción de CC



4 Locomotora experimental MFO n.º 2 con motores de tracción monofásicos



Walter Boveri, se opuso al funcionamiento de las redes de servicios y ferroviarias a distintas frecuencias. Entre otras cosas, su intervención llevó a alcanzar el compromiso de utilizar  $16\frac{2}{3}$  Hz para los ferrocarriles.

## 2 Abreviaturas de las compañías ferroviarias y de fabricación

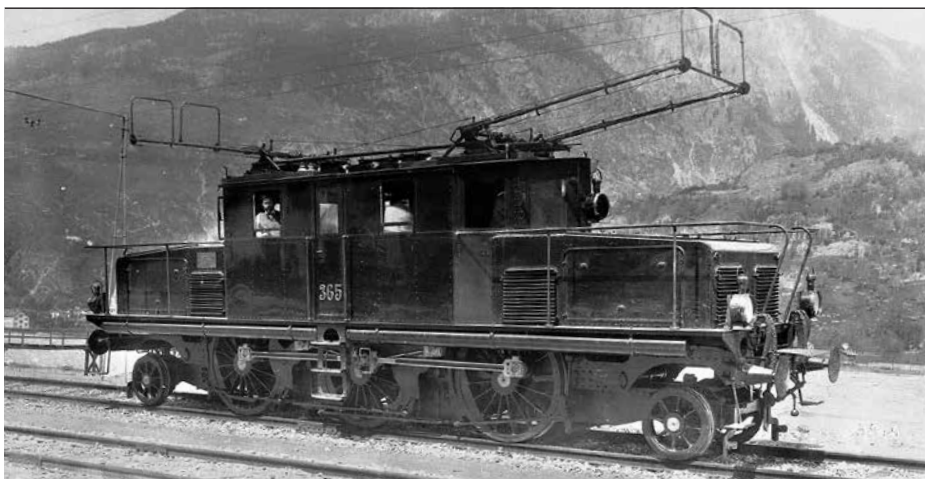
ASEA	Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, Västerås, Suecia (1983–1987). En 1988, ASEA y BBC se fusionaron para formar ABB.
BBC	Brown, Boveri & Cie. AG, Baden, Suiza (1891–1987)
BLS	Bern-Lötschberg-Simplon Railway, Spiez, Suiza.
CIEM	Compañía de la Industria Eléctrica y Mecánica
DB	Deutsche Bahn AG (Ferrocarriles Alemanes)
MFO	Maschinenfabrik Oerlikon AG (1876–1967). Adquirida por BBC.
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen (Ferrocarriles Federales Austriacos).
SAAS	Sociedad Anónima de Talleres de Sécheron, Ginebra, Suiza (1918–1969). Adquirida por BBC.
SBB	Schweizerische Bundesbahnen (Ferrocarriles Federales Suizos).
SLM	Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik, Winterthur, Suiza (Talleres de Locomotoras y Máquinas Suizas, est. 1871). Adquirida por Adtranz en 1998.
SJ	Statens Järnvägar (Ferrocarriles Estatales Suecos; se convirtió en sociedad anónima en 1981).

montaron lateralmente sobre postes de madera. Según lo acordado antes del inicio de la prueba, la electrificación se eliminó después de terminarla y se devolvió la línea a su funcionamiento con vapor (acabó por electrificarse en 1942). Pero la experiencia adquirida había de tener consecuencias de largo alcance.

### BBC: alimentación eléctrica para el túnel del Simplón

A finales de 1905, BBC decidió electrificar por su cuenta y riesgo los 20 km de túnel de vía única del Simplón bajo los Alpes entre Brig (Suiza) e Iselle (Italia), que estaba entonces a punto de terminarse. Un argumento importante a favor de la electrificación era el riesgo que el monóxido de carbono de las locomotoras a vapor representaba para los pasajeros en caso de avería dentro del largo túnel. Pero solo quedaban seis meses hasta la inauguración del túnel. La electrificación se llevó a cabo con un corrien-

te trifásica a  $16\frac{2}{3}$  Hz y 3 kV suministrada desde dos estaciones eléctricas especiales situadas una a cada extremo del túnel. El mismo sistema eléctrico se adoptó también en el ferrocarril de Valtellina en el norte de Italia, en las líneas del Brenner y el Giovi y en la línea que recorría la Riviera italiana. El parque inicial comprendía dos locomotoras de tipo Ae 3/5 (1'C 1') → 5 y dos Ae 4/4 (0-D-0), todas con motores de inducción. La velocidad se controlaba conmutando los polos del estator. Los motores de baja velocidad colocados en posición baja accionaban los ejes por medio de bielas de varias piezas. Las locomotoras registraban valores nominales de 780 kW y 1.200 kW hora respectivamente y una velocidad máxima de 75 km/h. Hasta que se terminaron de construir todas las locomotoras, se alquilaban tres de diseño similar al ferrocarril de Valtelina.



Ya entonces se observó que los motores asíncronos de CA ofrecían varias ventajas para las aplicaciones de tracción, entre ellas la solidez y un mantenimiento más sencillo gracias a la ausencia de conmutador. Pero tenía los inconvenientes de la brusca regulación de la velocidad como consecuencia de la conmutación de los polos y la línea aérea de doble cable trifásica, que aumentaba la complejidad de los cambios de vía. En consecuencia, los motores trifásicos siguieron siendo relativamente raros en aplicaciones de tracción hasta épocas recientes, en que los convertidores electrónicos de potencia han logrado mitigar sus inconvenientes sin comprometer sus ventajas.

En 1908, SBB se hizo cargo de la instalación. En 1919 se añadieron otras dos locomotoras y se prolongó la electrificación hasta Sion. En 1921 terminó la perforación de un segundo túnel. La era trifásica del Simplón concluyó en 1930, cuando se transformó la línea al tipo estándar monofásico de 15 kV/16 2/3 Hz → 6.

#### Electrificación del ferrocarril de Lotschberg

Con pendientes del 2,2 al 2,7 por ciento y curvas de 300 m de radio, el ferrocarril de Thun a Brig vía Spiez, operado por BLS y terminado en 1913, tiene un claro carácter de montaña. La decisión de electrificar el túnel de doble vía de Lotschberg se adoptó desde el principio. Ya en 1910, BLS se decidió a favor del sistema de 15 kV/15 Hz de la prueba de Seebach–Wettingen. La frecuencia se elevó más tarde a 16 2/3 Hz. Por tanto, el BLS abrió el camino, no solo para la electrificación posterior del ferrocarril del Gotardo,

sino también para la electrificación de los ferrocarriles de Alemania, Austria y Suecia, que adoptaron todos este sistema.

En 1910, MFO y SLM suministraron conjuntamente a BLS un prototipo de locomotora de 1250 kW con una configuración de ejes C-C → 7. Tras el éxito de las pruebas, BLS solicitó varias locomotoras Be 5/7 (1'E1') de 1800 kW, y la primera se entregó en 1913. En 1930, SAAS suministró a BLS la primera de seis locomotoras Ae 6/8 (1'Co)(Co1') que empleaban la ya demostrada transmisión con eje único hueco. Estas máquinas arrastraron pesados trenes de pasajeros y mercancías hasta bien pasada la Segunda Guerra Mundial.

#### Funcionamiento eléctrico en la línea del Gotardo

A la vista de la escasez de carbón durante la Primera Guerra Mundial, SBB decidió en 1916 electrificar el ferrocarril del Gotardo con el sistema ya probado en la línea de Lotschberg. SBB solicitó a la industria suiza de maquinaria y eléctrica la entrega de prototipos de locomotoras que más tarde podrían convertirse en pedidos. Para garantizar el suministro eléctrico a la línea, empezó inmediatamente la construcción de tres centrales hidroeléctricas de alta presión (Amsteg, Ritom y Barberine).

Walter Boveri, cofundador de BBC, se opuso enérgicamente al funcionamiento de las redes nacionales de servicios y ferroviarias a frecuencias distintas. Entre otras cosas, su intervención llevó a alcanzar el compromiso de utilizar 16 2/3 Hz (= 50 Hz → 3) para los ferrocarriles.

En 1904 se constituyó la "Schweizerische Studienkommission für den elektrischen Bahnbetrieb" (Comisión Suiza para el Estudio de los Trenes Eléctricos) para "estudiar y clarificar los requisitos previos técnicos y financieros para la introducción de un servicio eléctrico en las líneas férreas suizas". Se investigaron distintos sistemas de electrificación de líneas férreas en estudios detallados, considerando las experiencias recientes. Los resultados y las conclusiones se publicaron de forma regular. En 1912, la comisión determinó que un sistema de corriente monofásica con una línea aérea de 15 kV y aproximadamente 15 Hz constituía el sistema preferible para la electrificación de las principales líneas suizas.

Boveri sugirió asimismo la instalación en las locomotoras de rectificadores de arco de mercurio, una tecnología que ya se había probado en aplicaciones industriales. Pero aún no había llegado el momento para la tecnología de los convertidores en los vehículos ferroviarios, pues los voluminosos recipientes de mercurio difícilmente habrían soportado las duras condiciones de trabajo.

La electrificación de la línea del Gotardo progresó tan deprisa que casi no hubo tiempo para ensayar las locomotoras de prueba. Había que hacer los pedidos rápidamente. BBC/SLM suministró 40 locomotoras para trenes de pasajeros (1'B)(B1') y MFO/SLM 50 para mercancías (1'C)(C1'). Ambos tipos estaban equipados con cuatro motores montados en chasis que movían los ejes mediante un árbol intermedio y bielas. Con una potencia nominal de 1500 y 1800 kW hora y velocidades máximas de 75 y 65 km/h, respectivamente, estas locomotoras cumplieron las expectativas y prestaron servicio durante mucho tiempo. De hecho, estas locomotoras del Gotardo se convirtieron en iconos de los trenes suizos. Esto es especialmente cierto para la versión de mercancías de 20 m de longitud con chasis articulado, las llamadas "cocodrilos", que prestaron servicio durante casi 60 años. Este tipo se ha copiado en varias formas en distintos países, y sigue siendo un "must" en todo ferrocarril que se precie.

#### Aportaciones de Secheron

En 1921/22, Secheron, empresa predecesora de ABB, suministró seis locomotoras Be 4/7 (1'Bo 1') (Bo') para los

## La electrificación de los ferrocarriles estatales suecos empezó antes de la Primera Guerra Mundial.

7 Locomotora de pruebas para el ferrocarril de Lotschberg, 1910



ferrocarriles del Gotardo. Estaban equipadas con cuatro ejes movidos individualmente por transmisiones con eje hueco Westinghouse → 9. A pesar de sus buenas cualidades operativas no se encargaron más unidades, ya que SBB desconfiaba inicialmente del motor de eje único. Para rutas menos montañosas, SBB solicitó 26 locomotoras de pasajeros Ae 3/5 1'Co 1') con una transmisión con eje hueco idéntica y una velocidad máxima de 90 km/h. Estas máquinas, que pesaban 81 toneladas, eran considerablemente más ligeras que las de otros tipos. Luego les siguieron diez unidades similares con una disposición de ruedas 2'Co 1' (Ae 3/6 III). Más tarde estos tres tipos serían conocidos como las máquinas de Secheron y se utilizaron principalmente en la Suiza occidental. Las últimas seguían funcionando todavía a principios de la década de 1980, principalmente en los trenes de transporte de coches de los túneles del Gotardo y Lotschberg.

### Actividades de ASEA en el sector ferroviario

Como en Suiza, la electrificación de los ferrocarriles estatales suecos empezó antes de la Primera Guerra Mundial. De 1911 a 1914 se electrificó el llamado ferrocarril Malmbanan o "línea minera", de 120 km. Su objetivo principal era transportar mena de magnetita desde las minas de Kiruna al puerto de Narvik (Noruega), que permanece libre de hielo todo el año

gracias a la Corriente del Golfo. Suecia tiene enormes recursos hidroeléctricos. La central de Porjus suministra electricidad para esta línea de ferrocarril, que funciona con corriente monofásica de 15 kV a 16 2/3 Hz (inicialmente 15 Hz).

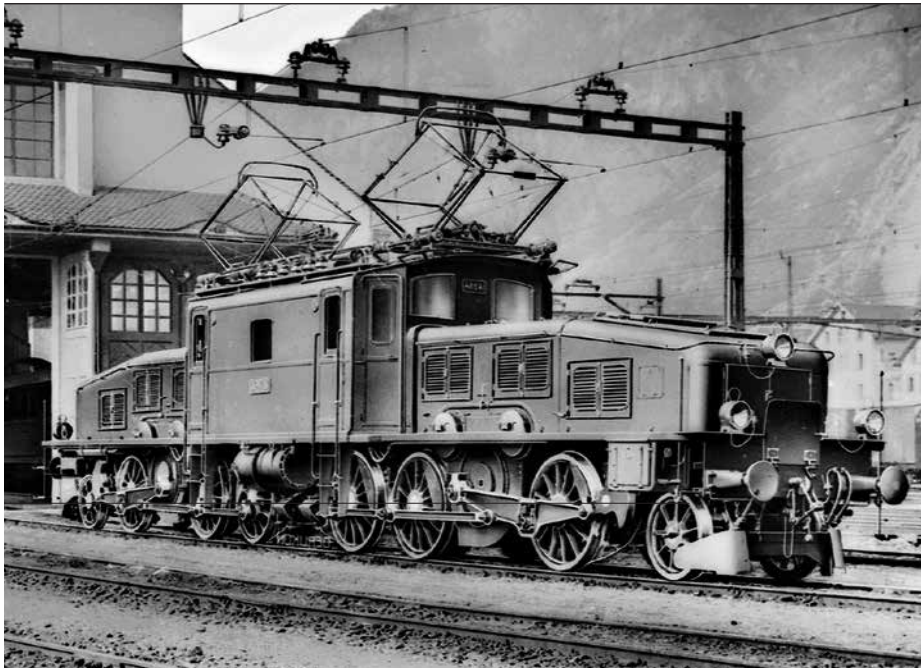
En 1920, la electrificación se había prolongado hasta Lulea pasando por Gellivare, en el Golfo de Botnia. La sección noruega de la línea se electrificó en 1923. Las montañas que se atraviesan son de altura media, y las pendientes, del 1,0 al 1,2 por ciento, son considerablemente menores que las de los ferrocarriles de montaña suizos. Sin embargo, los pesados trenes de mineral exigían mucho de las locomotoras. ASEA suministró el equipo eléctrico para 12 locomotoras articuladas de 1.200 kW (1'C)(C1') con accionamiento por bielas laterales, así como para dos locomotoras exprés similares de 600 kW (2' B 2'). Luego se añadieron locomotoras de 10.650 kW y cuatro ejes para servicios rápidos de mercancías, que se utilizaron casi siempre por parejas. En 1925 se electrificó la línea SJ de 460 km entre Estocolmo y Gotemburgo, y ASEA suministró las locomotoras 1'C1' de 1200 kW.

### Accionamiento de eje único

Después de entregar el servicio eléctrico en la línea del Gotardo, SBB extendió su electrificación ferroviaria a las llanuras y a las montañas del Jura. En 1927 ya había un servicio eléctrico continuo desde el lago Constanza en el este hasta el lago Ginebra en el oeste. BBC/SLM desarrolló las locomotoras para trenes de pasajeros Ae 3/6 II (2'Co1') que llevaban un nuevo accionamiento de eje único. Este concepto de tracción, que recibió el nombre de su inventor Buchli, consistía en una junta universal de doble palanca

## Las locomotoras "Cocodrilo" se convirtieron en un icono entre los trenes suizos.

dispuesta en un solo plano que actuaba entre el motor montado en el chasis y el eje de tracción con muelles → 10. En SBB entraron en servicio 114 locomotoras de este tipo. El diseño fue tan bueno que el límite de velocidad inicial de 90 km/h pudo elevarse a 110 km/h. Este tipo cosechó un rotundo éxito en la industria suiza y recibió pedidos para exportar y acuerdos de licencia para locomotoras similares en Alemania, Checoslovaquia, Francia, España y Japón. En total, se han construido alrededor de un millar de vehículos con transmisión Buchli.



Desde el punto de vista del diseño, un motor de corriente alterna monofásico es, en gran medida, idéntico a uno de CC. Pero el control de la velocidad y la potencia es más sencillo con CC.

Pronto, otros trenes internacionales mayores y más pesados de las líneas del Gotardo y el Simplón requirieron locomotoras más potentes. Entre 1927 y 1934 se construyeron 127 locomotoras Ae 4/7 (2'Do1') desarrolladas a partir del tipo descrito anteriormente y con la misma transmisión Buchli de BBC. A pesar de que un famoso crítico del diseño suizo afirmaba que estas máquinas tenían "cara de mono", fueron un rasgo característico en las líneas de SBB durante muchas décadas. Algunas siguieron en servicio hasta los años noventa del siglo XX.

#### **Tendencias de posguerra: locomotoras con bogies**

La mayoría de locomotoras descritas hasta ahora presentaban combinaciones de ejes portantes y ejes motores, una característica heredada del diseño de las locomotoras de vapor. Pero en 1944 BBC/SLM rompió con esta tradición y entregó a BLS la primera locomotora con bogies Ae 4/4 (Bo'Bo') de altas prestaciones con todos los ejes motores. Estas máquinas de 3000 kW alcanzaban una velocidad máxima de 120 km/h. A partir de ese momento, prácticamente todas las compañías ferroviarias se decantaron por las locomotoras con bogies. En 1946, SBB recibió la primera de 32 locomotoras exprés ligeras Re 4/4, a las que siguieron 174 Re 4/4 II mucho más potentes para trenes expresos. Estas últimas siguen en servicio. Con un peso de 81 toneladas y una potencia nominal de 4000 kW, alcanzan 140 km/h.

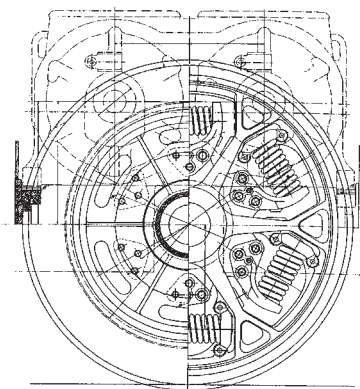
También ASEA se decidió a desarrollar locomotoras con bogies. La primera Bo'Bo' tipo Ra se presentó en 1955 → 11. Con sus paneles laterales remachados, las ventanas de ojo de buey y la "cara de niño", la máquina era un reflejo de las tendencias de diseño estadounidenses. Como sus equivalentes suizas, estaba equipada con dos motores de tracción por bogie. Gracias a su peso de solo 60 toneladas, alcanzaba una velocidad de 150 km/h. Estas locomotoras resultaron muy eficaces y funcionaron hasta la década de los 80. En 1962 se presentaron las primeras locomotoras de rectificador tipo Rb, seguidas en 1967 por las de tiristores del tipo Rc. Estas últimas también se entregaron a Austria (tipo 1043) y Estados Unidos (tipo AEM-7, construidas bajo licencia por General Motors).

#### **De la tecnología de rectificador a la de convertidor**

Desde el punto de vista del diseño, un motor de corriente alterna monofásico es, en gran medida, idéntico a uno de CC. Pero el control de la velocidad y la potencia es más sencillo con CC. Aunque algunos países decidieron electrificar sus líneas principales con CC a una tensión de 1500 V o 3000 V, otros prefirieron adquirir locomotoras con rectificadores a bordo que convertían la alimentación de CA en CC. Uno de los inconvenientes de la electrificación con CC es que la tensión de la línea debe ser relativamente baja, ya que no se pueden utili-

En la actualidad, ABB cuenta con acuerdos estratégicos con varios agentes importantes del mercado de material móvil y suministra componentes de vanguardia para una amplia variedad de usos.

9 Tracción con eje único hueco de Sécheron (Sécheron)

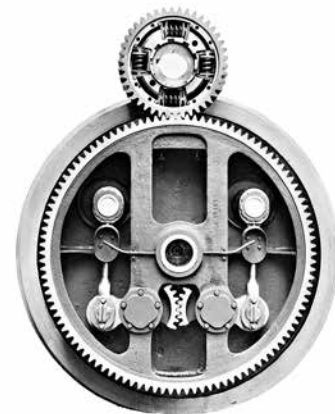


Los muelles ayudan a desacoplar los movimientos del eje y el motor y reducen el desgaste de la vía.

zar transformadores. Esto provoca mayores pérdidas de conducción que exigen más subestaciones. Por tanto, los fabricantes buscaron durante mucho tiempo formas de combinar la tracción en CC con electrificación en CA (véase la primera locomotora Seebach-Wettingen de MFO ya descrita). Hasta que no se desarrollaron los tubos de mercurio de ánodo simple al vacío (los llamados ignitrones o excitrones) no se construyeron locomotoras de rectificador en un número apreciable (principalmente en los Estados Unidos y en algunos países del bloque oriental).

La revolución de los semiconductores en la electrónica cambió todo esto, y los componentes de estado sólido pronto se abrieron camino hasta las locomotoras. Entre 1965 y 1983, BLS adquirió 35 locomotoras Re 4/4, de la serie 161 → 12. Los motores de tracción no se alimentaban con CA monofásica, sino con CC con rectificación de media onda suavizada por una reactancia. El rectificador de diodos de estado sólido refrigerado por aceite se alimentaba desde el cambiador de tomas del transformador. Estas locomotoras tenían dos motores de tracción por cada bogie, conectados en paralelo para reducir el riesgo de deslizamiento en pendientes pronunciadas. Las locomotoras tienen una potencia nominal de casi 5 MW por hora y han demostrado su extraordinaria capacidad. Se modificó una máquina con convertidores basados en tiristores y se probó con éxito en Austria en la línea de Semmering. Como resultado, OBB encargó a ABB en Viena

10 Mecanismo de eje único Buchli fabricado por BBC (BBC 12395)



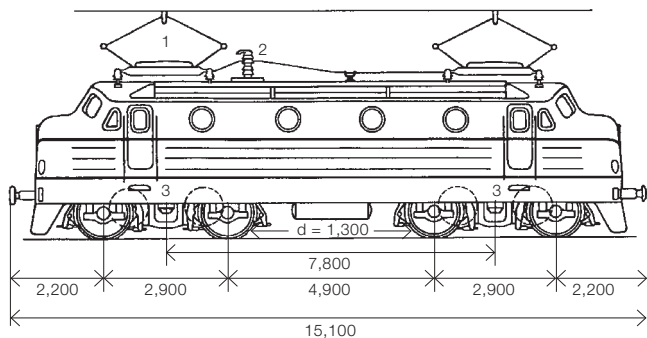
El árbol motor va unido al piñón superior y el eje al inferior.

216 locomotoras de un diseño similar (tipo 1044).

La combinación de convertidores de frecuencia y motores asíncronos demostró ser especialmente ventajosa. Ha permitido aplicar un concepto de accionamiento esencialmente uniforme y prácticamente independiente del tipo de corriente suministrada por la catenaria. Se abrió así el camino a cierta normalización y también ha facilitado la construcción de locomotoras capaces de trabajar con distintas tensiones y frecuencias para trenes internacionales. Además, el uso de sólidos motores trifásicos de inducción ha ahorrado costes de mantenimiento gracias a la ausencia de conmutadores y ha ofrecido al tiempo una mayor densidad de energía que ha permitido utilizar motores más pequeños o más potentes. Ejemplos de locomotoras de BBC y ABB que emplean este sistema son las E120 de DB, la Re 4/4 de Bodensee-Toggenburg y los ferrocarriles Sihltal (Suiza), la Re 450 y Re 460 de SBB y la Re 465 de BLS.

#### Trenes de alta velocidad

Entre 1989 y 1992, los ferrocarriles alemanes (DB) pusieron en servicio 60 trenes ICE (tren interurbano rápido) basados en la tecnología del E120. ABB participó en su desarrollo. Los trenes constaban de dos coches automotores con motores de inducción trifásicos controlados por convertidor y de 11 a 14 coches intermedios de pasajeros. Durante un prueba en la línea de alta velocidad recién terminada entre Hamburgo y



Frankfurt, uno de estos trenes alcanzó una velocidad de 280 km/h.

En 1990, ABB suministró el primero de los 20 trenes de alta velocidad basculantes X2000 a SJ para el servicio rápido entre Estocolmo y Gotemburgo. Emplean convertidores GTO y motores de inducción y alcanzan 200 km/h. Este tipo se está usando ahora en otras líneas de Suiza, lo que permite acortar la duración de los viajes hasta un 30%.

### La normalización del negocio del ferrocarril

Ningún producto de la industria mecánica o eléctrica gozó de tanto prestigio entre el gran público como los vehículos ferroviarios, y aunque se exportaban, las administraciones preferían generalmente comprar a proveedores nacionales. Esto empezó a cambiar a finales de los años 80 y durante los 90 del siglo XX. En particular, la prefabricación de componentes acortó los plazos de entrega. Además, los subgrupos prefabricados permiten llevar a cabo el montaje final casi en cualquier sitio. Para la industria, este cambio, combinado con la liberalización de los mercados, se ha traducido en la transición desde la fabricación completa para un mercado local hasta la entrega de componentes para un mercado mundial.

### La actividad ferroviaria de ABB en la actualidad

Después de la fusión de ASEA y BBC para formar ABB, las correspondientes actividades de sistemas de transporte se combinaron en una empresa independiente dentro del Grupo ABB. En 1996,

ABB y Daimler Benz fusionaron sus actividades ferroviarias bajo el nombre ABB Daimler-Benz Transportation (Adtranz). Adtranz adquirió además en 1998 las empresas suizas SLM y Schindler Wagon. En 1999, ABB vendió su participación en Adtranz a DaimlerChrysler, que más tarde vendería su división ferroviaria a Bombardier. Por tanto, en la actualidad ABB ya no construye locomotoras completas, pero continúa suministrando componentes de altas prestaciones para aplicaciones de tracción exigentes.

Desde 2002, ABB mantiene una estrecha colaboración estratégica con Stadler Rail. Stadler es un fabricante de material móvil que opera internacionalmente surgido de una pequeña empresa suiza que fabricaba originalmente tractores diésel y eléctricos de baterías para obras ferroviarias y líneas industriales. La empresa es actualmente un importante proveedor internacional de trenes de pasajeros para los servicios de cercanías e intercity. Asimismo, suministra tranvías, metros y otros tipos de trenes a clientes de todo el mundo. En los últimos años, ABB ha desarrollado nuevos componentes para distintas tensiones y frecuencias de catenaria, así como para aplicaciones de tracción diésel-eléctricas. ABB suministra transformadores, convertidores de tracción, sistemas de a bordo de alimentación eléctrica y cargadores de baterías utilizados en los trenes Stadler.

En la actualidad, ABB cuenta con acuerdos estratégicos con varios agentes importantes del mercado de material móvil y suministra componentes de vanguardia para una amplia variedad de



usos que cumplen las exigencias más estrictas. Inspirada en el espíritu de sus fundadores, ABB se mantiene al frente del desarrollo de soluciones innovadoras para un mercado en constante evolución.

Este artículo se publicó originalmente en ABB Review 2/2010 y fue actualizado por personal de ABB Review para este aniversario.

### Norbert Lang

Archivero  
ABB Suiza  
nl@norbertlang.ch

### Lecturas recomendadas

- Bugli, Ralph W. (ed.). (1983) Electrifying Experience. A Brief Account of The ASEA Group of Sweden 1883–1983.
- Haut, F. J. G. (1972) Die Geschichte der elektrischen Triebfahrzeuge. Vol. 1.
- Huber-Stockar, E. (1928) Die Elektrifikation der Schweizer Bundesbahnen
- Machefert-Tassin, et al. (1980) Histoire de la traction électrique, 2 vols.
- Sachs, K. (1973) Elektrische Triebfahrzeuge. 3 vols.
- Schneeberger, H. (1995) Die elektrischen und Dieseltriebfahrzeuge der SBB, Vol. I: Baujahre 1904–1955.
- Teich, W. (1987) BBC-Drehstrom-Antriebstechnik für Schienenfahrzeuge, Mannheim.
- (1988–2016) ABB Review.
- (1924–1987) ASEA Journal (ed. ing.).
- (1914–1987) BBC Mitteilungen
- (1928–1943, 1950–1987) BBC Nachrichten
- (1921–1970) Bulletin Oerlikon.
- (1929–1972) Bulletin Secheron