

- Scheele. «Memoire sur le tungstène.» Hacia 1782.
- Morveau (Química) y Duhamel (Metalurgia). «Traité détaillé du wolfram», 1786, en la *Encyclopedie methodique*, editada por Panckoucke en París, de 1781 á 1832.
- De Elhuyar y de Suvisa (hermanos Juan y Fausto). *Análisis químico de Wolfram* (entre 1785 y 1787).
- L. N. Vauquelin y Hecht. *Étude sur le tungstène de la Haute-Vienne*, 1805.
- Carrière. «Sur la decouverte de la schéelite dans le gite de Framont (Vosges).» B. S. G. 2, 1852, tomo X, pág. 15.
- Alluand. «Aperçu géologique et minéralogique sur le département de la Haute-Vienne», 1860.
- Caron. «Des effets produits par l'introduction du tungstène dans la fabrication du bronze et de la fonte.» (*Ann. de Chim. et Phys.* (3), 1863, tomo LXXVIII, pág. 143.)
- Le Guen. «Amélioration des fontes par l'addition du wolfram.» (*Ann. de Chim. et Phys.* (3), 1863, tomo LXIX, pág. 280.)
- Mallard. «Sur les gisements stannifères du Limousin», página 338. (*Ann. de m.* 6, 1865, tomo X, pág. 321.)
- Wurtz (Ch.-Ad.). «Dictionnaire de chimie pure ya pliquée, article sur tungstène», París, 1868-1886.
- Adolphe Carnot. «Sur quelques minéraux de bismuth et tungstène de Meymac. (Corrèze)» *Compt. r. Acad. Sciences*, 1874, tomo LXXIX, págs. 302-306, 477-479, 637-640.
- Silliman. «On an association of gold with scheelite in Idaho.» (*Ann. J. of Sc. and Arts*, 3, 1877, tomo XIII, pág. 451.)
- Philipps et Schwebel. «Sur le bronze de tungstène.» (*Deuts. Chem. Gesell.*, 1880, tomo XII, pág. 2234) y (*Bull. de la Société chimique*, 1880, tomo XXXIV, pág. 453.)
- Philipps. «Sur le bronze de tungstène.» (*Bull. de la Société chimique*, 1882, tomo XXXVIII, pág. 253.)
- Mining Journal*. «East Pool's wolfram, 1883, pág. 966. London.»
- D'Achiardi, 1883, tomo II, pág. 610.
- Annales de Chimie et de Physique*. París. Artículos de Laurent (2), 67-219; Malaguti (2), 60-271 y de Marignhac (3), 69-41.
- Poggendorf. *Annal.* Berlín. Artículos de Wöhler (2), 350 y de Zettnew, 130, 162.
- Profesor Dr. Rammelsberg y Dr. Julius Philipp, artículos del Boletín de la *Berliner Chemisch Gesellschaft*, (15), 499-510.
- George von Knorre. *Beiträge zur Kenntniss der Wolframverbindungen* (compuestos de wolfram), tesis del doctorado sobre análisis de bronce al tungsteno, Leipzig, 1883.
- Otto von der Pfordler. *Beiträge zur Kenntniss des Molybdäns und Wolframs*, tesis del doctorado sobre observaciones y análisis.
- J. Bernstein-Kohan. El wolfram y el organismo animal (en alemán), Giessen, 1883.
- Corleis Ehreinfried. *Über die Schwefelverbindungen des Wolframs* (de los sulfuros de tungsteno). Twunken, 1885.
- Gobierno americano. *Mineral resources of the United States*, 1886, pág. 218 y siguientes.
- Joly. *Le tungstène*, 1888.
- R. Wille. *Wolframgeschosse* (proyectiles de tungsteno). Berlín, 1890-1891.
- Ed. Fuchs y L. de Launay. «Traité des gites minéraux et métallurgiques.» París, 1893, (ver tomo II, págs. 161-162 y 169-174 para el tungsteno).
- A. Lacroix. «Minéralogie de la France et de ses colonies», 1893-1902, págs. 10-11 y 314-315 del tomo III y págs. 275-295 del tomo IV.
- Hans Mennicke. «Die Metallurgie des Wolframs.»
- Leicester. «Wolfram.»
- J. Escard. «Les métaux speciaux.»
- P. L. Burthe. «Notes sur les travaux de recherches exécutés a Meymac.» (*Annales des Mines* (9.^e), 1895, tomo XII págs. 5-31, París.)
- Louis de Nussac. «Extrait de la bibliographie limousine des sciences naturelles.» tomo I de obras sobre el Limousin.
- Edward F. Pittman. «The mineral resources of New South Wales.» (artículo especial sobre el tungsteno), Sydney, 1901.
- L. Laurent. «Les productions minérales.» Marsella, 1907 *Journal du Four électrique*, París.
- Paul Nicolardot. «Le tungstène.» (págs. 17 á 83), en *Industrie des métaux secondaires et des terres rares. O. Doin fils*, París, 1908).
- L. Bélugou. «Le marché du wolfram.» *Dépêche coloniale*, París, Agosto 1910.
- Dail commercial Report*. Informe estadístico de los precios medios del wolfram entre 1902 y 1910, Londres, Agosto 1910.
- R. Pitaval y I. Ganet, Ingeniero civil de minas. «Traité general du commerce des minerais y métaux» artículo sobre el tungsteno, París, 28, rue de Chateaudun, 1913.
- Adriano Contreras y Ramón Oriol, en el *Anuario de mineralogía metalúrgica*, tomo XIV, 1914. Madrid.
- The Chamber of Commerce Journal*, «Tungsten and its production in the British Empire», Londres, Junio 1915.
- The Chamber of Commerce Journal*, «Tungsten and other minerals of Portugal», Londres, Octubre 1915.
- Mineral Industry*, cuadro de la producción mundial de tungsteno de 1906 á 1916, tomo XXV, Londres.
- Denis Cochin. En su informe «Effets du blocus sur la fabrication des canons et des explosifs», págs. 325-226, sobre la química y el tungsteno en el *Bulletin des Usines de guerre*, del 5 de Febrero 1917.
- Walter-Harwey Weed. «The mines Handbook and Copper Handbook», tomo XIII, «Tungsten mines», págs. 199-202, 1918. Nueva York.

H.

Electrificación de ferrocarriles ⁽¹⁾

POR

D. JOSÉ LUIS VALENTÍ Y DORDA

Ingeniero de Caminos.

Esta tendencia llevada al límite supone la supresión de la locomotora y que sean los coches ó vagones que han de remolcarse los que lleven en sí el número de motores necesarios para ello; es decir, la tracción por coches automotores con alguno ó algunos coches remolques sin motor, ó la tracción puramente con automotores. Al tratar de los sistemas de tracción eléctrica y compararlos entre sí estudiaremos las ventajas é inconvenientes de la tracción con automotores, de la que solamente adelantaremos aquí que, según calculos de Mr. Carlier, se obtiene una economía de 3 por 100 de peso muerto sobre la tracción con locomotoras.

Si ahora tenemos en cuenta los esfuerzos de tracción desarrollables por la locomotora, estando limitados éstos por la máxima acción del peso adherente y aprovechándose mejor los efectos de éste en las locomotoras eléctricas debido á la mayor regularidad del par motor, con iguales pesos adherentes se pueden obtener esfuerzos de tracción aproximadamente un 20 por 100 mayores en los tractores eléctricos (experiencias en la línea Dessau-Bitterfeld, del Estado prusiano). Por otra parte, en la tracción

(1) Véase el número anterior.

eléctrica se puede aumentar el peso adherente todo lo que se quiera, hasta llegar, si es preciso, á la tracción con automotores, en la que el peso adherente es el peso total del tren.

Gracias á la utilización más perfecta y completa de la adherencia se pueden realizar esfuerzos máximos de tracción mucho más elevados que en la tracción de vapor, lo que permite arrancar con aceleraciones hasta de un metro por segundo (en los metropolitano la normal suele ser de 0,7 metros por segundo), cuando con la tracción de vapor no se pasa de 0,2 metros por segundo, y si los trayectos entre paradas son cortos, esto afecta muy desfavorablemente a la velocidad media conseguida.

El tractor eléctrico puede prolongar durante más tiempo el esfuerzo máximo de tracción que el de vapor, pues en éste el gasto de vapor hace bajar inmediatamente la presión de la caldera.

La mayor potencia específica por tonelada de peso del tractor eléctrico, que aun en los automotores de 300 HP. y 18 toneladas por eje asciende á 16,6 HP. por tonelada y la menor resistencia al arrastre, hacen posible el logro de velocidades mucho mayores con tracción eléctrica que con tracción de vapor. Los 16,6 HP. por tonelada suponen una capacidad suficiente para una velocidad de marcha de 200 kilómetros por hora, pues, según los ensayos efectuados en la línea militar de Marienfeld á Zossen (Estado de Prusia), á esta velocidad le corresponde una resistencia al arrastre, con estado normal de carriles, de 22 kilogramos por tonelada. Con locomotoras de vapor no se ha pasado, que yo sepa, de 130 kilómetros por hora en llano y 145 kilómetros por hora en pendiente, y no es fácil sobrepasar estas velocidades, porque esto exigiría un diámetro tal de ruedas que dificultaría extraordinariamente la colocación de la caldera.

Claro es que el empleo de estas velocidades á que aludimos no parece que entre en muchos años en el terreno de la práctica, por los grandes gastos de consumo de energía é instalaciones de seguridad que requieren, y de ahí que no concedamos gran valor á esta mayor capacidad de velocidad del tractor eléctrico sobre el tractor de vapor.

Otra ventaja del tractor eléctrico sobre el de vapor, que tiene gran importancia, está fundamentada en que el mejor aprovechamiento de la adherencia permite el ascenso por rampas hasta de 120 milímetros por metro, como las de los tranvías de Boulogne y Lyon (ejemplos de rampas un poco menores podrían citarse infinitos: de 9 por 100 en el ferrocarril de Payet-Chamonix, etc.), y con tracción de vapor para pendientes superiores á 50 ó 60 milésimas, hay que apelar á la cremallera. En las bajadas, el frenaje eléctrico y la recuperación de energía permiten mayores velocidades.

Si consideramos el efecto de las curvas en los dos sistemas de tracción, es indudable que la regularidad del par motor del tractor eléctrico amortiguando gran parte de los movimientos perturbadores, y la supresión de las grandes plataformas rígidas suavizará el peso de las curvas y permite mayores velocidades; y si bien en un principio los tipos de locomotoras eléctricas reversibles con dos bogías presentaban algunos inconvenientes, hoy se han encontrado disposiciones para subsanarlos.

Demostrada ya la mayor capacidad de transporte del tractor eléctrico y su más fácil adaptación á pendientes y curvas, veamos lo que ocurre con la capacidad de servicio.

Una locomotora de vapor hace por término medio unos 100 kilómetros diarios durante diez meses, porque necesitando paradas frecuentes para el suministro de carbón y agua al tender, limpieza del hogar, etc., es difícil pasar de este término medio. Con los tractores eléctricos, pudiendo suprimir estas paradas, se logra una velocidad comercial más elevada y recorridos diarios por tractor de 200 á 300 kilómetros diarios durante once meses.

Casi todas las ventajas enumeradas se traducen en una posible mayor velocidad comercial con el tractor eléctrico que con el de vapor, con el consiguiente mejor aprovechamiento del material móvil, y como el material tractor con su personal se aprovecha también mucho mejor con tracción eléctrica, pues aparte de las mayores velocidades comerciales posibles, el menor tiempo perdido en maniobras por la reversibilidad de los tractores, en reparaciones, vigilancia, limpieza, etc., á ello contribuyen, dicho se está que demostrado queda nuestro aserto de que «la tracción eléctrica lleva consigo una mejor utilización del material móvil, del material fijo y del personal; es decir, una mayor capacidad de servicio que con tracción de vapor».

A continuación damos algunos ejemplos que pueden servir para fijar un poco más conceptos y cifras de lo que ha podido hacerse en párrafos anteriores.

EJEMPLOS: En la línea *Kiruna Riksgransen* (Suecia) se preveía para el año 1915 un gran aumento del tráfico de mineral que hubiera hecho necesaria la doble vía de querer continuar con la tracción de vapor: el Estado sueco, propietario de la línea, decidió electrificarla, y con ello se ha conseguido que los trenes de mineral puedan formarse con 35 vagones de 36 toneladas, en vez de los 28 usuales con la tracción de vapor. Como también las velocidades han aumentado de 40 á 50 kilómetros por hora en llano y de 12 á 30 kilómetros por hora en la rampa de 10 milésimas, aumentando así la velocidad media de 25 á 38 kilómetros, con todo ello, ha sido innecesario el establecimiento de la doble vía.

En el *New-York Subway* de la *Interboro Rapid Transit Company*, que es un ferrocarril de cuádruple vía, trenes de viajeros de 10 coches circulan sobre las vías locales y de exprés cada ciento ocho segundos: aproximadamente 666 coches por hora pasan por cada punto en cada dirección. Los frenos electroneumáticos paran un tren que corre á la velocidad de 65 kilómetros por hora en un recorrido de 112 metros. Cada tren de 10 coches automotores está provisto de motores cuya potencia suma 3.200 HP., más del doble de la potencia de las locomotoras de vapor que circulaban por la línea antes de la electrificación. Un tren con 500 asientos tiene únicamente una longitud de 155 metros.

En el ferrocarril *Elevado de Manhattan* (New-York), que era uno de los ferrocarriles de vapor de mayores ingresos, cada locomotora de vapor no remolcaba más de cuatro ó cinco coches á 16 ó 18 kilómetros por hora. Como no era posible robustecer ni rehacer la estructura del viaducto, se electrificó la línea para aumentar su capacidad de servicio, consiguiéndose un 33 por 100 de aumento en el tráfico de viajeros. Actualmente los trenes se componen de seis á siete coches y corren á una velocidad de 22 á 24 kilómetros por hora.

En la estación de *Broad Street* del ferrocarril de *Filadelfia á Pittsburgo*, la acumulación de tráfico había llegado á su límite. Esta estación tiene dieciséis vías de muelle; pero á la salida existe una cruz de vías diagonales hacia la que convergen seis vías suburbanas, y este punto limitaba la circulación posible de trenes por la dificultad de la entrada y salida de éstos y de efectuar las maniobras entre la estación y las vías de depósito que hubo que llevar más allá de la citada cruz. No quedaban más soluciones para hacer posible el aumento de tráfico que aumentar el número de vías de acceso y salida á costa de grandes gastos ó la electrificación para el tráfico de cercanía. Esta última ha sido la solución adoptada porque reduce la circulación en el cruce de vías diagonales de *Broad Street* en un 17 á 20 por 100, con lo que es posible atender al aumento de tráfico en los seis primeros años, bastando las economías en la explotación para sufragar los intereses del coste de instalación. La electrificación permitirá aumentar la circulación en proporción equivalente á la creación de

dos vías de muelle suplementarias, con lo que el aumento de capacidad de las vías de muelles de estación será de 12,5 por 100.

La electrificación del ferrocarril de Long Island (Estados Unidos) ha incrementado grandemente la capacidad de la línea, y especialmente la de la estación de Brooklyn, la cual no hubiera sido de suficiente capacidad con tracción de vapor para el tráfico que hoy realiza. Análogos resultados se han obtenido con la electrificación de las líneas del New-York Central, New-York New-Haven Hartford, el túnel de Cascada del Great Northern Railway y otras muchas líneas.

En el Nort-Eastern Railway en Inglaterra, se electrificaron 131 kilómetros de vía, con una distancia media entre estaciones de 1,9 kilómetros, utilizando automotores para la tracción, y el recorrido de trenes se ha duplicado aunque el número de toneladas-kilómetros ha descendido en estos últimos años. Con el aumento de la aceleración en las arrancadas, se ha ganado de un 15 á un 19 por 100 en los tiempos de recorrido.

El Lancashire and Yorkshire Railway, electrificó en 1904 la línea de viajeros Liverpool-Southport con el siguiente resultado:

Treinta locomotoras de vapor con sus ténders y 152 coches con una capacidad total de 5.084 asientos, fueron sustituidos por 38 automotores de 18 metros entre topes y 53 coches con una capacidad de 5.814 asientos. La frecuencia en los trenes de viajeros se ha doblado, siendo mayor su aceleración y velocidad comercial y dos de las cuatro vías de la sección electrificada, utilizadas antes para el tráfico de viajeros, se han podido destinar al servicio de mercancías.

El número de viajeros ha aumentado en un 14 por 100, aunque el número de toneladas-kilómetros haya disminuido en un 12 por 100 por el mejor aprovechamiento del material.

En el Mittenwaldbahn ó ferrocarril de Inspruck á Reutte, en el Tirol, las dificultades naturales del terreno, requiriendo grandes obras de fábrica, constituyeron una de las razones para la elección de la tracción eléctrica; ésta ha permitido plegarse al terreno en la elección del trazado de la línea y adoptar en una gran longitud rampas de 36,4 milésimas indicadas por el cálculo como las más ventajosas, puesto que la línea alcanza una cota de 1.185 metros en Seefeld, salvando una diferencia de niveles de 600 metros en una longitud de 21,2 kilómetros. La tracción de vapor hubiera exigido por lo menos 3 kilómetros más de longitud de trazado, precisamente en la zona más difícil, con un aumento de presupuesto de 3 millones de coronas como mínimo, gasto casi igual al que representa el de la instalación eléctrica para todo el ferrocarril. La economía de la tracción eléctrica, asegurada ya por esta condición, es aún mayor por permitir la utilización de la energía hidráulica, poco costosa en aquella región, en donde por el contrario el carbón escasea.

En la línea del Giovi de Pontedecimo á Busalla (Italia), de 21 kilómetros de recorrido, con pendiente hasta de 29 milésimas en túnel y 34,8 al aire libre, y con bastantes curvas, se inauguró la tracción eléctrica en 1910. El cuadro adjunto da los pesos de los trenes remolcados con los dos sistemas de tracción:

Número de locomotoras	VAPOR			ELÉCTRICA		
	Peso remolcado.	Peso de locomotora.	Relación.	Peso remolcado.	Peso de locomotora.	Relación.
	Toneladas.	Toneladas.		Toneladas.	Toneladas.	
1	170	97	1,75	190	60	3,16
2	310	194	1,60	380	120	3,16
3	450	291	1,55	530	180	2,94

Se ha conseguido aumentar el peso útil y disminuir el peso muerto muy notablemente; pero como á más de ello la velocidad de subida las rampas oscilante entre 35 y 25 kilómetros por hora, con la tracción de vapor llega á 45 kilómetros por hora con la tracción eléctrica, y las arrancadas son más rápidas, se puede efectuar un servicio más frecuente y el material y el personal se utilizan mejor.

El siguiente cuadro comparativo comprueba perfectamente este aserto:

DESIGNACIÓN	VAPOR (1909-1910)		ELÉCTRICA (1911-1912)	
	Subida.	Bajada.	Subida.	Bajada.
	Toneladas.	Toneladas.	Toneladas.	Toneladas.
Vagones (pequeña velocidad).	38.916	51.298	105.132	52.564
Idem (gran velocidad).....	19.569	27.808	16.897	25.184
Idem varios.....	1.854	22.339	4.107	34.250
Coches y furgones de equipajes.....	49.624	31.555	45.927	33.815
TOTAL.....	109.963	133.000	172.063	146.113

En la línea Dessau Bitterfeld del Estado Prusiano, las locomotoras eléctricas han producido un incremento en la velocidad de transporte de 16 á 20 por 100, y la administración de los ferrocarriles prusianos calcula que en pleno aprovechamiento de los tractores eléctricos, éstos darán un recorrido anual de 91.500 kilómetros los de trenes de viajeros y 52.500 los de mercancías, siendo así que las locomotoras de vapor del Estado prusiano no han pasado de un recorrido anual de 52.258 kilómetros y 38.212 kilómetros respectivamente. La administración calcula en cincuenta y cinco á sesenta y cinco días al año los necesarios para reparación por locomotora eléctrica, y las de vapor requieren de setenta y uno á ochenta y cinco días, según sean, de servicio de mercancías ó viajeros. Como además las locomotoras eléctricas son más sencillas, gran parte de las reparaciones pueden hacerse en los talleres de depósito sin necesidad de llevarlas al taller central.

En la misma línea Dessau-Bitterfeld, se hicieron pruebas para determinar los coeficientes de adherencia con locomotoras eléctricas y de vapor con los siguientes resultados:

Con una locomotora eléctrica monofásica tipo 2-B 1, en situación de reposo, con tiempo seco y frío, el coeficiente de adherencia fué superior á 1 : 2; con tiempo húmedo, en general, sólo se consiguieron coeficientes de adherencia de 1 : 3. En movimiento de avance lento y uniforme, los coeficientes de adherencia oscilaron entre 1 : 3,1 y 1 : 2,1. Se demostró así que el par motor pulsante de los motores monofásicos no disminuye el coeficiente de adherencia, pues con otras clases de corriente no se han obtenido adherencias mayores.

Con una locomotora de vapor tipo 2-B, en situación de reposo no se consiguió hacer girar las ruedas, indudablemente á causa de las grandes resistencias interiores de cilindros, bielas, etcétera: en avance lento y uniforme con admisiones de 0,6 y 0,7 se obtuvieron adherencias entre 1 : 4 y 1 : 2,7 con carriles secos. Resulta, pues, que la adherencia es un 20 por 100 mayor en las locomotoras eléctricas, consecuencia experimental en un todo conforme con la teoría desarrollada por Brecht.

Las locomotoras eléctricas del New-York New-Haven Hartford hacen recorridos diarios de 390 kilómetros sobre la zona New-York Stanford, siendo así que el recorrido medio diario de 115 locomotoras de vapor sobre la misma zona no pasaba de 293 kilómetros. En el New-York Central los recorridos de los tractores eléctricos son un 25 por 100 mayores que los de los de vapor.

En el ferrocarril de la Valtellina (Italia), el recorrido medio anual de las locomotoras de vapor era de 31.850 kilómetros y el de las eléctricas es de 64.980 kilómetros. Los automotores eléctricos del ferrocarril elevado y subterráneo de Berlín hacen recorridos medios anuales de 70.000 kilómetros y en el ferrocarril de Colonia á Bonn se llega á los 100.000 kilómetros.

Sencillez.—Si nos fijamos en el elemento tractor, indudablemente la locomotora eléctrica es más sencilla que la locomotora de vapor, merced á la supresión de caldera, hogar, cilindros, émbolos, vástagos, válvulas, bielas, excéntricas, correderas, mecanismos no equilibrados... y aunque á primera vista pudiera parecer que la transmisión de la energía eléctrica y la producción de ésta en Centrales, puede originar complicaciones que redunden en perjuicio de la tracción eléctrica, la práctica ha demostrado que no es así, por cuanto con ella se da un servicio tanto ó más exacto y seguro del que pudiera proporcionar la tracción de vapor.

Flexibilidad.—El tractor eléctrico, por su mayor capacidad de arrastre, se adapta con más facilidad que el de vapor á tracciones de muy distinto carácter, y esto lleva consigo la enorme ventaja de permitir, con menor número de tipos de locomotoras, servir todas las necesidades de una línea. Aparte de esto, la reversibilidad de la locomotora eléctrica evita el costoso empleo de los puentes giratorios, y en caso de doble tracción la posibilidad de dirigir el tren desde una sola locomotora, conectando las dos eléctricamente, simplifica y aminora todo los inconvenientes de la doble tracción, entre otros, el de repartirse desigualmente el esfuerzo entre ambos tractores.

Todas estas ventajas resultan aumentadas cuando se utilizan automotores para la tracción, y al mismo tiempo se consigue una flexibilidad grandísima para la composición de trenes, aumentando ó quitando automotores y vagones, según las necesidades lo requieran, operación que en caso necesario puede hacerse en marcha, sin los peligros que suponía el sistema empleado en algunas estaciones inglesas de abandonar el material dispuesto expreso en cola; este material, abandonado en marcha sin fuente propia de energía, era á veces causa de accidentes.

EJEMPLOS.—Una de las consecuencias de la electrificación del New-York Central Railway fué la sustitución de los doce tipos de locomotoras de vapor que existían por un solo tipo de locomotora eléctrica, capaz de satisfacer todas las necesidades del servicio, remolcando hasta los trenes más pesados.

En el *New-York New-Haven Railroad* se utilizan locomotoras eléctricas de 1.000 HP. para remolcar trenes de 250 toneladas, y si se acoplan dos unidades tractoras pueden perfectamente dirigirse desde una de ellas, por un solo maquinista, trenes de 550 toneladas.

Con un solo tipo de locomotora se remolcan indiferentemente trenes de viajeros y de mercancías.

En el *Grand Trunk Railway* dos locomotoras eléctricas de 66 toneladas remolcan trenes de mercancías de 1.000 toneladas, y una sola hace el servicio con trenes de viajeros de 200 á 350 toneladas.

En la mencionada línea del *Giovi (Italia)* la diferencia de esfuerzo de dos locomotoras trifásicas, con diámetro de rueda algo distintos, conectadas eléctricamente, sin compensación y en las condiciones más desfavorables, no ha excedido nunca de un 18 por 100 entre la locomotora en cabeza y la de cola. Adoptando la compensación, el esfuerzo se repartía perfectamente entre las dos locomotoras.

Seguridad.—Multitud de causas contribuyen á que ésta sea mayor con la tracción eléctrica que con la de vapor.

I. La caldera de las locomotoras de vapor es un elemento

peligroso porque siempre son de temer presiones demasiado elevadas, explosiones, enfriamientos bruscos, agua en los cilindros, etc.

II. El humo que desprenden las locomotoras de vapor es causa de muchos accidentes, por impedir al maquinista la perfecta visión de la vía y de las señales; en los túneles, especialmente, el humo, causando la sofocación del maquinista, ha sido causa de muchos accidentes. En los túneles coadyuva indudablemente á aumentar la seguridad la iluminación y limpieza de las paredes y la supresión del peligro de resbalamiento de los carriles por condensación del vapor que lleva consigo la tracción eléctrica.

El uso posible de los frenos de aire y los frenos eléctricos en las pendientes de los túneles aleja el riesgo en caso de rotura de algún enganche, evitando la reproducción de catástrofes acaecidas por no poder el maquinista restablecer la presión de aire ó reacoplar los vagones desprendidos á causa del humo asfixiante despedido por la locomotora. Estas razones aquí enumeradas han sido motivo suficiente para decidir la electrificación del túnel de Cascada, el de Mont-Cenis, el Simplón y algunos otros, y puede asegurarse que pocos serán, en un plazo de cortos años, los túneles de gran longitud que queden sin electrificar.

III. El riesgo de un fuego es mucho menor, por no existir esos constantes desprendimientos de materias incandescentes que pueden ser causa de la quema de traviesas, bosques, edificios cercanos, defensas para nieves, campos de mieses, vagones con su contenido..., y en caso de descarrilamiento el riesgo de incendio es menor también con tracción eléctrica.

IV. La supresión de los movimientos perturbadores en el tractor eléctrico, debido á la regularidad del par motor, unido al menor peso y mejor distribución de éste, suavizando y dando seguridad mayor á la marcha, aminora al mismo tiempo el número de carriles y ejes, motores rotos, que es una de las causas que más accidentes ferroviarios produce: en un solo recorrido del tren, que, utilizando la tracción de vapor, efectúa al trayecto de New-York á Chicago, en dieciocho horas se notó la rotura de 20 carriles.

V. Con tracción de vapor, las averías de la locomotora obligan en general á la detención del tren, y si se ha de acudir á una locomotora de socorro y no se halla ninguna á presión en aquel instante, el retraso producido en el servicio podría llegar á ser considerable. Como las locomotoras eléctricas van provistas de varios motores de sobrada potencia en general, una avería de uno de éstos no obliga á la detención del tren, y cortando las comunicaciones eléctricas, puede girar el rotor del motor averiado, constituyendo, claro es, una resistencia á la marcha, pero no un peligro. Con tracción con automotores, como el exceso de potencia es mayor en general, las probabilidades de poder continuar la marcha aumentan.

VI. La recuperación de la energía en las bajadas permite que los frenos se utilicen sólo como reserva, con lo que disminuyen muchísimo los rozamientos y desgastes en los carriles y las llantas.

VII. En los tractores eléctricos existen disposiciones que no permiten que haya corriente mientras no se cierre la puerta de registro de los aparatos de alta tensión; otras impiden que la locomotora tome aceleraciones ó velocidades exageradas, y, en caso de utilizars motores sincrónicos, tienen éstos ya una velocidad máxima fijada por sus características. Generalmente los pantógrafos ó aparatos de toma de corriente no pueden elevarse hasta establecer contacto con la línea aérea distribuidora de energía sin que haya suficiente presión en los depósitos de los frenos, y hay disposiciones en casos especiales para apretar éstos si el tren tras-

pasa señales de parada; esto último se consigue con circuitos de *control* situados en las vías de estaciones.

También en la cabina del maquinista pueden existir estos circuitos de *control* que interrumpen la corriente si por cualquier motivo (muerte, colisión, etc.) el maquinista quita la mano de la palanca de maniobra.

En el New-York New-Haven Hartford Railroad y en otras líneas eléctricas existen torres de señales alejadas de 4 á 5 kilómetros y en las que se coloca un vigía que puede detener un tren en caso necesario, cortándole la corriente en el extremo de su sección y telefonando al vigía del otro extremo para que ejecute la misma operación.

Todas estas ventajas enumeradas, junto con los aparatos de medida que hay en la cabina del maquinista, y que permiten á éste con una sola ojeada tener una idea del estado del tractor eléctrico y del esfuerzo que éste realiza, le da mucho más exacta que la que la experiencia puede dictar al maquinista de una máquina de vapor; la visión fácil y clara de la vía; la supresión de residuos y movimientos que molestan y distraen; el no ser preciso ocuparse de la marcha del fuego en el hogar ni mantener la presión en la caldera; lo cómodo de la instalación, todo ello, decimos, que contribuye á colocar al conductor del tractor eléctrico en una situación de ánimo más favorable que la que puede tener el maquinista de una locomotora de vapor para hacer el servicio con exactitud y seguridad.

Buena prueba de ello son los ejemplos que citamos á continuación, y que demuestran cómo todos esos temores de que la tracción eléctrica supone riesgo de posibles accidentes, retrasos é interrupciones de servicio por complicación de mecanismo, son en absoluto infundados, puesto que en la práctica las líneas electrificadas ofrecen en sus estadísticas una notable disminución de accidentes y retrasos.

En 1909, en la estación de New-York, el retraso medio de los trenes que utilizaban tractores eléctricos fué solamente de doce

segundos, *record* no alcanzado por ningún otro ferrocarril que yo sepa. En 1908, á los dos años de electrificar, en todo el servicio del New-York Central no se registró ni un minuto de retraso, debido á las Centrales generadoras, subestaciones y líneas de transporte; los retrasos por defectos en los *feeders* alcanzaron á siete minutos; hubo ciento cincuenta minutos de retraso, debido á imperfecciones del tercer carril, y cuatrocientos minutos por accidentes en los tractores; pero el retraso medio fué únicamente de un minuto por cada 5.000 trenes-kilómetros.

En el ferrocarril elevado de Manhattan, con la electrificación los retrasos han disminuido en un 40 por 100.

En el Grand Trunk Railway, el retraso medio de las locomotoras eléctricas en servicio es de ocho minutos al año.

Las estadísticas del New-York New-Haven Hartford del año 1910 muestran que la proporción de accidentes ocurridos á las locomotoras eléctricas por tren-kilómetro efectuado fueron los dos tercios de los registrados con las locomotoras de vapor, siendo de dos á tres veces mayor el recorrido de trenes por minuto de retraso.

Como estas estadísticas podíamos citar otras muchas.

*
* *

Expuestas ya las razones que á nuestro juicio fundamentan la afirmación de la existencia de indudables ventajas técnicas que ofrece la tracción de vapor sobre la tracción eléctrica, es hora ya de tratar el aspecto económico del problema, de importancia trascendental.

Aunque seguiremos hablando de ventajas de la tracción eléctrica sobre la de vapor, y esa será el epígrafe de los siguientes párrafos, no todo lo que en ellos se dice tiene tal carácter, pues so pena de alargar excesivamente este trabajo, hemos de ir anticipando ya algunos inconvenientes de los que al final resumiremos.

(Continuará.)

REVISTA EXTRANJERA

Limpieza de los tubos de los condensadores de superficie (Conclusión).

Una precaución que debe tomarse con este procedimiento es envolver las manos de los trabajadores con lienzos mojados para prevenir el efecto de las salpicaduras del ácido. Se debe también tener á la proximidad cal ó agua de cal para caso de necesidad.

El condensador y el depósito se ponían en comunicación por medio de un tubo de 50 milímetros de diámetro, que hubiera debido ser un poco mayor para dejar escapar con más facilidad los gases procedentes del carbonato de cal por el ácido. La circulación se verificaba por medio de una bomba centrífuga de un caudal de 9.000 litros por hora.

El gasto de ácido y por mano de obra para la operación se ha elevado á 1.250 pesetas y se ha pagado con lo economizado en el combustible durante una semana por mejora del vacío en el condensador.

Los depósitos se componían casi enteramente de carbonatos de cal y de magnesio con una cierta proporción de óxido de hierro y de sílice. Claro es que cabe preguntar si estas operaciones de limpieza bastante delicadas no podrían suprimirse en todo ó

en parte por una depuración preliminar de las aguas de enfriamiento del condensador, lo que además tendría la gran ventaja de evitar las paradas en el servicio. De esta cuestión de la depuración se ocupa el periódico *Elektrot. und Maschinenbau*.

La eliminación de las impurezas contenidas en suspensión en el agua puede efectuarse en unos estanques de depósito y se puede además hacer una depuración química. El clarificador Martín reemplaza siempre con ventaja á una serie de estanques de depósito. En este aparato, el agua entra por el fondo de un recipiente en forma de cilindro vertical. Después de la partida determinada por la comunicación con un vaso en que reina el vacío, la acción es enteramente automática. Un aparato de esta clase, de 5 metros de diámetro, es capaz de tratar 70 metros cúbicos de agua por hora y ocupa una superficie horizontal de 25 á 30 metros cuadrados. Las materias grasas, el aceite y los gases se elevan á la parte superior y se evacúan periódicamente al exterior.

Ensayos hechos en la estación central de Waldenburg han hecho constar que se podía eliminar un 83,8 por 100 con relación á la depuración absoluta, pero que una depuración química era también necesaria. Un depurador Reiser de 50 metros cúbicos por hora funciona también en Waldenburg, empleando