

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Ensayos de tracción eléctrica por corriente monofásica en la línea Spiez-Frutigen (Suiza).

Los resultados de los ensayos efectuados recientemente por la Compañía del ferrocarril de los Alpes Berneses, en el primer trozo de su línea, la sección Spiez-Frutigen, acaban de publicarse contenidos en una notable Memoria, debida á M. L. Thormann, Ingeniero Consejero de la Compañía, que se ha ocupado personalmente de la dirección de estos ensayos, memoria de la que hace un resumen M. J. Bourdel, Ingeniero de Artes y Manufacturas, en un artículo publicado por *Le Génie Civil* del 2 de Septiembre, el cual nos proporciona los datos para redactar la presente nota.

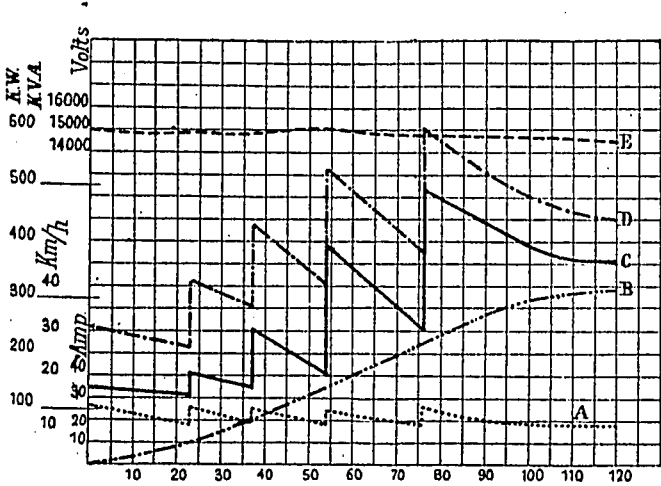


Fig. 1.ª.—Arranque de la automotora Siemens-Schuckert con 70 toneladas en pendiente de 15,5 ‰.—A, Intensidad de los motores; B, velocidades; C, kilovatios de los motores; D, kilovatios primarios; E, Tensiones primarias.

Después de recordar el material motor, locomotoras y automotoras empleado en esta línea, pasa el autor á resumir las conclusiones de la Memoria citada relativas á los resultados de explotación, que en materia de tracción eléctrica, sobre todo monofásica, son especialmente instructivos.

El aislamiento de la línea de contacto para la tensión elevada adoptada, 15.000 voltios, no ha ofrecido serias dificultades, ni aun en la parte de la línea debajo de tierra; las perturbaciones sobre las líneas telegráficas y telefónicas próximas se han evitado por medio de las precaucio-

nes que la experiencia anterior de la línea Seebach-Wattingen, cerca de Zurich, había hecho que se reconocieran como necesarias.

El material de tracción ha dado, de una manera general, los resultados conforme á lo que se había previsto; el cuadro siguiente resume algunos datos comparativos interesantes, con la indicación de los rendimientos.

	AUTOMOTORA SIEMENS- SCHUCKERT	LOCOMOTORA CERLIKON	LOCOMOTORA A. E. G.
Longitud del recorrido de ensayo..... km.	13,5	13,5	9,9
Diferencia de nivel de los términos ... m.	150	150	103
Peso del tren de ensayo... T.	125	346	497
Tanto por ciento de la carga normal	100	50	100
Trabajo total..... T.-km.	1.690	4 500	4.900
Trabajo teórico de la llanta..... kwh.	84,5	220	227
Consumo teórico. wh/T.-km.	50	49	46,3
Energía medida en el contador. kwh.	107,5	264	310
Consumo real.... wh/T.-km.	63,5	59	63,5
Rendimiento total.....	0,785	0,835	0,735

Los valores del trabajo teórico están calculados en el cuadro precedente, admitiendo un coeficiente de tracción de 4,5 kilogramos por tonelada á las velocidades de los ensayos que no han excedido de 42 kilómetros por hora; la comparación de las cifras de los rendimientos muestra que

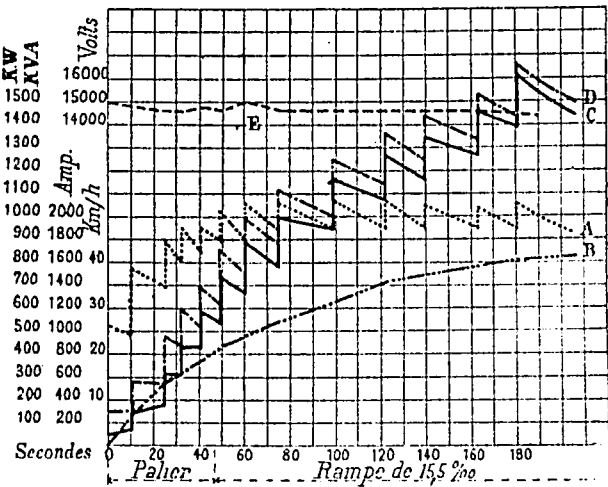


Fig. 2.ª.—Arranque de la locomotora Cerlikon con 370 toneladas. A, Intensidad de los motores; B, velocidades; C, kilovatios de los motores; D, kilovatios primarios; E, Tensiones primarias.

los motores-serie, girando con rapidez (locomotora Erlikon, gobernada por engranajes), da un rendimiento mejor que los motores de repulsión de velocidad lenta (locomotora A. E. G., acción directa por bielas).

Las condiciones de arranque que resumen el cuadro y los diagramas que siguen, son todavía más diferentes; las automotoras absorben una potencia aparente de un 50 por 100 de la potencia normal, y la locomotora Erlikon un 25 por 100 de esta potencia, en tanto que la locomotora A. E. G., con sus motores de repulsión, absorbe más de un 100 por 100 de la potencia normal, influyendo considerablemente en la regulación de la tensión en la fábrica generadora.

Condiciones de arranque en 15,5 %.

	AUTOMOTORA SIEMENS- SCHUCKERT	LOCOMOTORA ERLIKON	LOCOMOTORA A. E. G.
Peso total del tren... T.	135	560	490
Velocidad de la marcha normal... km/h.	44	42	40
Potencia real correspondiente... kw.	380	1.500	1.250
Potencia aparente correspondiente... KVA.	440	1.650	1.500
Factor de potencia... cos φ.	0,87	0,92	0,83
Potencia aparente en el arranque... KVA.	250	400	1.700
Tanto por ciento de la potencia anormal...	57	25	113

Los motores de 1.000 caballos de la locomotora Erlikon pasan de la marcha en vacío a la marcha en plena carga (2.000 amperios bajo 420 voltios) sin producción de chispas como unos motores de corriente continua; la conmutación es menos perfecta en los motores de repulsión de la locomotora A. E. G.

Los tres tipos de locomotoras poseen el mismo sistema de regulación por contactos de gobierno electromagnético; este sistema bastante complicado y de un encaje delicado, sobre todo por vía eléctrica, tiene la importante ventaja de facilitar el arranque de los motores de tracción monofásicos.

En cada tipo de máquina se ha necesitado una colocación apropiada durante el recorrido de ensayo; principalmente para la locomotora Erlikon en la que los contactos deben poder funcionar con una intensidad máxima de 3.000 amperios. En esta locomotora sola es donde la corriente de los circuitos de gobierno es de corriente continua producida por un grupo especial con batería de acumuladores; la locomotora A. E. G. y las automotoras utilizan con el mismo objeto corriente alterna tomada sobre el transformador principal.

Las numerosas observaciones hechas respecto a la adherencia han puesto de manifiesto que, en condiciones excepcionalmente favorables, el coeficiente de adherencia se eleva a 1/4 y aun a 1/3,5; para tener buenos arranques, asegurando al mismo tiempo la marcha en las condiciones más desfavorables, no es necesario descontar un coeficiente de adherencia superior a 1,5. En las condiciones del ferrocarril de los Alpes Berneses, en plena carga, el peso adherente debe llegar a 80 toneladas, y, por consecuencia, repartirse sobre cinco o seis ejes motores.

Como conclusión de estos ensayos, M. L. Thormann indica que las automotoras, con su equipo actual de dos motores, son aptas para proporcionar un servicio de tre-

nes-tranvías ligeros en el conjunto de la línea y que, para los trenes más pesados de todas clases, la locomotora Erlikon conviene particularmente bien a las exigencias de la tracción en esta línea que, a causa de las pendientes (27 0/00) y de las curvas mínimas (300 metros), presenta condiciones muy especiales. La velocidad, en estas condiciones, está limitada en ella a 60 kilómetros-hora en la bajada para los trenes expresos y a 45 para los trenes de mercancías.

Respecto a los motores parece que la ventaja, desde los puntos de vista del arranque y de la conmutación, pertenece al motor-serie sobre el motor de repulsión; el engranaje intermediario permite evidentemente aligerar el motor, pero la duración de este engranaje constituye un elemento importante sobre el cual no se puede, en verdad, decidirse, porque la locomotora Erlikon ha rodado poco todavía. Es evidente, sin embargo, que la ventaja de esta disposición disminuye con el aumento de la velocidad; los experimentos de resistencia al rodamiento en línea recta han mostrado con claridad que esta resistencia de 4,5 kilogramos a 30 kilómetros por hora próximamente alcanzaba un valor más del doble, 9,3 kilogramos, a la velocidad de 60 kilómetros por hora. La reducción por engranajes es, pues, menos interesante para las máquinas que tengan que suministrar grandes velocidades, y los motores pesados de marcha lenta con ataque directo de los falsos ejes tendrían entonces un mejor funcionamiento que en el caso presente.

Desde el punto de vista económico, el cuadro siguiente da interesantes datos acerca de los resultados de cinco meses de explotación, desde Noviembre de 1910 a Abril de 1911:

MESES	AUTOMOTORAS Siemens-Schuckert.		LOCOMOTORA Erlikon.		LOCOMOTORA A. E. G.		TOTALES T.-km.	CONSUMO en kwh.	
	tr.-km.	T.-km.	tr.-km.	T.-km.	tr.-km.	T.-km.		Total.	T.-km.
Noviembre....	5.261	506.291	302	66.292	"	"	662.583	31.200	0,047
Diciembre....	5.571	621.536	590	107.470	131	23.790	752.796	37.900	0,050
Enero.....	5.740	613.703	573	129.450	190	52.830	795.983	42.500	0,053
Febrero.....	4.560	473.278	486	134.087	429	73.320	680.685	39.400	0,058
Marzo.....	7.095	680.473	486	111.910	528	70.920	863.903	41.000	0,048
Abril.....	6.810	677.767	675	206.077	"	"	883.844	36.800	0,042
Totales...	35.067	3.663.018	3.202	755.286	1.278	220.860	4.639.194	228.800	"

Hay que hacer notar que el número de kilovatios-hora indicado comprende, además de la energía en línea, la calefacción y el alumbrado de los trenes, la fuerza motriz y el alumbrado del depósito, así como la potencia, no despreciable, gastada en las maniobras de estación que no figuran en la cuenta de las toneladas-kilómetros.

LAS FORMAS DE ENERGÍA SEGÚN LAS IDEAS MODERNAS

(CONCLUSIÓN)

Energía calorífica.

Muy atinadas y exactas son las observaciones de Bernardo Brunhes cuando dice, con motivo de la comparación entre *temperatura y calidad de energía*, que un rico