

tura de la estepa. El salto así creado en el canal se podrá utilizar para producir energía eléctrica.

La construcción de las obras ha sido dirigida por F. Tolwa-cheffo.

RAMÓN MARÍA SERRET.

Electrificación por corriente continua de las líneas S. de Chicago, Milwaukee y ferrocarril de St. Paul.

El plan de electrificación de la primera central abastecedora de los ferrocarriles de Chicago, Milwaukee y St. Paul, acaba de completarse con los contratos de la General Electric C.^o de She-nectady, Nueva York, para la adquisición de locomotoras eléctricas, aparatos de las subestaciones y material de línea y con Montana Power C.^o para la construcción de la transmisión y líneas de trole.

La electrificación inicial de 1.864,50 metros de la línea principal entre Ihree Yorks y Deer Lodge, es la primera parte, para ejecutar después la electrificación de cuatro centrales divisionarias que se extenderán desde Harlowton Montana hasta Avery Idacho, que como comprende una extensión de más de 7.260 metros, llegarán a sumar 650, comprendiendo los apartaderos y talleres. Cuando esté ya equipado con talleres y todo este trozo, se entenderá que deben ampliarse los proyectos para llegar con la electrificación desde Harlowton hasta la costa, una distancia de 14.025, siempre que los resultados obtenidos en las instalaciones establecidas demuestren la bondad de la explotación.

La instalación del ferrocarril Chicago Milwaukee y St. Paul, tienen un especial interés, porque son las primeras que han conseguido instalar y funcionar locomotoras eléctricas con remolque y divididas en varias unidades acopladas; y en tales condiciones, se afirma que las ventajas de la electrificación son indudables.

Varias instalaciones terminales y en túneles se consideran más ó menos urgentes, según las condiciones locales; pero la electrificación de estos sitios se ha emprendido simplemente en aquellos que es económico el establecimiento, esperando que los buenos resultados de las locomotoras eléctricas efectúen una reducción apreciable en la actual explotación por vapor, que llevarán un tanto por ciento remunerador á los elementos complementarios indispensables.

El éxito del funcionamiento eléctrico en tan grande escala, planteará bien pronto problemas de ingeniería y económicos que servirán de precedentes á los ejecutores de instalaciones similares y limitarán los problemas factores á una cuestión sencilla sobre el capital necesario.

La primera determinación tomada para ir hacia la electrificación del ferrocarril de Chicago Milwaukee y St. Paul, fué cerrar un contrato con la Compañía Montana Power para el suministro de energía sobre 7.260 metros de la línea principal, que se consideran de inmediata electrificación. Las precauciones tomadas por la Empresa ferroviaria y la Compañía suministradora para asegurar el suministro continuo de energía, se garantizarán por un surtido de corriente que únicamente podrá sufrir interrupciones momentáneas.

La Compañía Montana Power tenderá la línea en gran parte de Montana y en parte de Idacho con sus nuevas líneas de transmisión, las que son alimentadas por un número de suministros que suman una capacidad desarrollada y en marcha próxima de 244.000 kilovatios.

Los centros suministradores están interconectados por líneas de transmisión sustentadas por postes de madera y que funcionan á 50.000 voltios para las primitivas instalaciones y por torretas de acero á 100.000 voltios en las modernas.

Debido á las grandes facilidades conseguidas y al bajo coste de construcción por las favorables condiciones de establecimiento, la Compañía del ferrocarril ha conseguido la energía á un tipo de contrato de 0,00536 de dólar por kilovatio-hora bajo la base de un factor de carga del 60 por 100. Se espera que bajo tales condiciones el costo de potencia de las locomotoras será considerablemente menor que el conseguido hoy con carbón. El contrato entre el ferrocarril y la Empresa suministradora, supone que la total electrificación entre Harlowton y Avery, comprendiendo cuatro sectores, estarán en marcha en Enero de 1918.

Con el fin de conectar las subestaciones con los distintos puntos de alimentación en las líneas generales de transmisión de la montana Power, ésta lleva unas líneas de empalme, construidas por la Compañía del ferrocarril, que permitirán alimentar las subestaciones desde dos direcciones distintas y desde dos ó más centrales generadoras. Estas líneas de empalme se construirán con postes de madera, aisladores de suspensión que funcionarán á 100.000 voltios y seguirán corrientemente á lo largo de la línea férrea, excepto en aquellos sitios en que pueda acortarse, en sitios del dominio público, para cortar por necesidad circuitos del ferrocarril en los distritos montañosos.

En la electrificación inmediata de 1.854,50 metros se incluirán cuatro subestaciones, conteniendo transformadores estáticos de reducción de tensión y motores generadores con los aparatos de medida é interruptores necesarios para convertir la potencia trifásica 60 ciclos 100.000 voltios en corriente continua á 3.000. Esta es la primera instalación de corriente continua que emplea tan alta tensión de 3.000 voltios y este sistema ha sido adoptado preferentemente á otro alguno, después de cuidadosas investigaciones que se han prolongado cerca de dos años. La instalación de corriente continua á 2.400 voltios del ferrocarril Butte, Anaconda y Pacífico, en territorio próximo al ferrocarril de Chicago Milwaukee y St. Paul, ha proporcionado una excelente demostración del funcionamiento de la locomotora de corriente continua y alta tensión durante el año y medio próximo pasado, y la elección de la corriente continua á 3.000 voltios para el ferrocarril Chicago Milwaukee, ha sido debida en gran parte á los resultados excelentes de la instalación Butte-Anaconda.

El equipo para este ferrocarril ha sido también proporcionado por la General Electric C.^o, de Nueva York, y una comparación basada en el empleo durante seis meses de la electricidad con el vapor, ha demostrado existir una economía neta lo menos del 20 por 100 en los pagos (*investment*) del costo total de la electrificación. Estas cifras, claro es, no tienen en cuenta el incremento de capacidad de las líneas, mejoras del servicio y el más regular trabajo horario del personal. La comparación demuestra también que el tonelaje por tren se ha incrementado al 35 por 100, mientras que el número de trenes ha disminuido en 25 por 100, con un ahorro del 25 por 100 en el tiempo necesario para un recorrido.

Las subestaciones situadas en Chicago, Milwaukee y St. Paul electrifican zonas que comprenden, aproximadamente, 577,50 metros, de las que la primera instalación abraza 343,20 metros á 2 por 100 de pendiente en la ladera ó de las montañas rocosas, y 171,6 metros, con 1,66 de pendiente en la ladera opuesta; con esta distancia extrema entre las subestaciones, y teniendo en cuenta el tráfico intenso y el menor peso de cobre en los alimentadores, ha resultado conveniente llegar al alto potencial de 3.000 voltios en corriente continua, lo cual permite un mínimo de gas-

tos en los aparatos de las subestaciones y amplia libertad para las instalaciones locales.

Las subestaciones están en espacios cubiertos, los transformadores son de enfriamiento de aceite y trifásicos y reductores de 100.000 por 2,300, y á este potencial funcionan los motores sincrónicos. Los transformadores son de capacidad de 1.900 kilovatios y 2.500 kilovatios, provistos de terminales que permitan 2,5 por 100 de variación en el primario y 50 por 100 en el secundario.

Los juegos motores generadores comprenden también un motor sincrónico que hace marchar á dos generadores de 1.500 voltios, corriente continua, que se conectan en serie para dar los 3.000 voltios. Los campos magnéticos de ambos motores sincrónicos y generadores de corriente continua se excitarán separadamente por pequeños generadores acoplados directamente á cada extremo del eje del motor generador. Los generadores de corriente continua tendrán arrollamiento Compound que mantendrá potencial constante hasta cargas del 150 por 100 y tendrán una capacidad para sobrecargas momentáneas de tres veces su carga normal. Para asegurar nueva conmutación con estas sobrecargas los generadores van provistos con polos de conmutación y arrollamientos compensadores en los frentes de los polos. Los motores sincrónicos se utilizarán también como condensadores sincrónicos y se espera que el voltaje de la línea de transmisión pueda así ser regulado hasta eliminar cualquier efecto debido á fluctuaciones de carga del convoy.

La situación y equipo de las distintas subestaciones es la siguiente:

ESTACIÓN	Millas desde Deer Lodge.	Número de unidades.	Kilovatio por unidad.	TOTAL
Morel.....	17,1	2	2.000	4.000
Saney.....	50,5	3	1.500	4.500
Piedmont...	77,9	3	1.500	4.500
Eustis.....	120,6	2	2.000	4.000

La construcción de la línea de trole será del tipo de catenaria, en el que un alambre del 0, ó sea de 8,6 milímetros, se suspende, dejándolo flexible desde una catenaria de acero sostenido por postes de madera y pértigas de sustentación donde las alineaciones del trazado lo permiten y por medio de vientos transversales en las curvas cerradas y en los andenes. Se emplean postes de acero en vez de madera en los muelles, donde el número de caminos sustentadores se multiplican y no bastan los postes ordinarios. Los postes para la primera instalación están ya en su sitio y en 30 millas están ya colocados. Los trabajos en este trozo se prosiguen con gran velocidad y se terminarán en el verano de este año, justamente para funcionar en otoño con las primeras locomotoras suministradas.

Como resultado de cuidadosas investigaciones y experimentos se instalará una nueva construcción para la línea aérea, compuesta por lo que se conoce con el nombre de línea de trole de conductores gemelos. Se compone de dos alambres del 4/0 suspendidos de la misma catenaria por péndolas independientes, conectadas alternativamente á cada alambre del trole. Esta forma de construcción permite la captación de corrientes muy grandes, por el doble contacto del pantógrafo con los dos alambres del trole, y asegura también la ausencia de chispas, bajo los extremos del tramo, para las grandes corrientes á velocidades pequeñas ó de corrientes moderadas con velocidades grandes. Parece que el sistema de conductores gemelos se adopta igualmente para las pendientes fuertes, que exigen corrientes

muy intensas, y para las porciones de menores desniveles del perfil, en los que las máximas velocidades deben alcanzarse (990 metros por hora) con trenes de pasajeros, con un peso total de 1.000 toneladas.

La ventaja de este sistema de construcción es debido en gran parte á la gran superficie de contacto para la captación de corriente; pero en más escala aún á la gran flexibilidad de la suspensión alternativa de los hilos de contacto, cuyo sistema constructivo elimina toda tendencia á saltar por las péndolas de suspensión, lo mismo á grandes que á pequeñas velocidades. Incluyendo apartaderos, derivaciones y vías de muelles, los 1.864,50 metros de recorrido, el total de lo electrificado, será de 2.272 metros entre Deer Lodge y Three Forks en la instalación inicial.

Las locomotoras se construyen por la General Electric C.^o y son las primeras construidas para servicio de ferrocarriles con motores de corriente continua, proyectada para tan alto potencial como es el de 3.000 voltios. Pesarán, aproximadamente, 260 toneladas y tendrán una capacidad en trabajo continuo tan grande como una locomotora de vapor ó eléctrica hasta hoy construídas. Quizá la más importante parte del equipo sea la de regulación, la cual se dispone de manera que pueda regenerar corriente por el frenado á pendientes bajas. Esto se ha conseguido en grado que, hasta la fecha, con motores de corriente continua no se había conseguido en tan extensa escala.

Las características generales propuestas han sido las siguientes:

Peso total.....	260	toneladas.
Peso adherente.....	200	—
Peso de cada truck-guía.....	30	—
Número de ejes motores.....	8	
Número de motores.....	8	
Largo total de la locomotora...	34,16	metros.
Marco rígido entre ruedas.....	3,05	—
Voltaje por motor.....	1.500	
Capacidad en HP. una hora....	3.440	
Idem marcha continua.....	3.000	
Tracción total con 2 por 100 pendiente.....	1.250	toneladas.
Esfuerzo tractor con 1 por 100 pendiente.....	2.500	—
Velocidad aproximada á estas cargas y pendientes.....	16	millas por hora.

El ferrocarril Chicago Milwaukee y St. Paul, desde Harlowton hasta la costa, cruza cadenas de montañas; montañas Belt, á una altitud de 1.739,25 metros; las montañas rocosas, á 1.936,75 metros; Bilter Roof, á 1.281 metros, y de la Cascada, á 918,05 metros.

La primera electrificación entre Three Forks y Deer Lodge, exige que la locomotora accione sobre 343,20 metros al 2 por 100 entre Piedmont y Donald, en la divisoria de las montañas rocosas, de suerte que las locomotoras serán probadas á satisfacción á su plena capacidad y se llevarán al servicio general los perfeccionamientos que se exijan para vencer los obstáculos naturales que se presenten en el funcionamiento de los aparatos de esta primera división.

Los contratos primeros se refieren á nueve locomotoras de mercancías y tres de pasajeros, que tendrán las características señaladas más arriba y serán todas iguales por todos conceptos; pero las de pasajeros irán provistas de transmisiones en tal relación que permitan el funcionamiento de trenes de 800 toneladas, con velocidad de 60 millas por hora, y además se equiparán con calefacción á vapor por hornos de petróleo para los coches arrastrados. Todas las partes mecánicas y eléctricas serán intercambiables entre las locomotoras pesadas y las de pasajeros, lo cual

supone de gran importancia para el buen funcionamiento, conservación y *standpoint* del material.

La cámara ó cabina consiste en dos compartimientos que se extienden á lo largo de la locomotora. Cada sección es de 15,85 metros de largo, aproximadamente, y el techo de la *cabina* está á unos 4,25 metros por cima de los carriles, con exclusión de las linternas de ventilación. Las bases del trole están 5 pies por cima del techo, debido á la altura excepcional del alambre de toma que va situado á una elevación máxima de 25 pies (7,60 metros) por cima del carril.

La parte exterior de cada *cabina* llevará un compartimiento para el mecánico, y el resto será ocupado por el equipo eléctrico, de regulación y maniobra, tren de calefacción, aparatos de frenos de vacío, etc.

Los ocho motores para toda la locomotora serán del tipo GE-253-A. Estos motores tienen una potencia normal, durante una hora, de 430 HP., y con marcha continua, 375 HP. Los ocho motores darán á la locomotora por una hora, 3.440 HP., y en marcha continua 3.000 HP., lo cual constituye una potencia superior á la de cualquier locomotora eléctrica ó de vapor construida hasta la fecha. El esfuerzo tractor de arranque se valúa en 120.000 libras, con el 30 por 100 de coeficiente de adherencia.

Cada motor tendrá doble juego de transmisión en su eje motor, de la misma manera que el ferrocarril de Butte, Anaconda y Pacific, el de Detroit, Rivert Tunnel y el de Baltimore y Ohio. Un piñón va montado en cada extremo del eje de la armadura. El motor es de polos de conmutación y tiene aberturas para la ventilación forzada producida por un ventilador mecánico alojado en la cabina.

Las locomotoras de mercancías están proyectadas para mover 2.500 toneladas de tracción total en todas las pendientes, hasta el 1 por 100, á una velocidad aproximada de 16 millas por hora, y esta misma carga de arrastre total podrá llevarse con pendientes del 1,66 al 2 por 100 en ambas vertientes, oriental y occidental, de las montañas rocosas, con la ayuda de una nueva locomotora igual, ó sea con doble tracción, actuando esta última en cola.

Reserva de tractores se han hecho en Donald, cúspide del trayecto, para que sea posible á la locomotora de cola ser acoplada en cabeza y permitir el frenado eléctrico en las pendientes de descenso. En tal caso, el tren en total marchará en compresión y tirando hacia atrás las dos locomotoras en cabeza y el frenado total de ambas locomotoras bajo la regulación del mecánico que va en la cabina de la locomotora delantera. Se supone que el frenado eléctrico resultará muy aprovechable en esta zona montañosa, porque á más de proporcionar gran seguridad en la maniobra de descenso en las pendientes, proporcionará también una cantidad considerable de energía á las subestaciones y sistema de transmisión, que podrá utilizarse por otros trenes que exijan consumo de energía. En este sentido, las locomotoras eléctricas tendrán también frenado eléctrico suficiente para dominar el descenso del tren entero en las pendientes, reservando el freno de aire, del cual van también provistas, para usarlo exclusivamente en casos excepcionales y en las paradas.

Hay, por tanto, sistema doble de frenado para las pendientes, lo cual repercutirá en la mayor seguridad conseguida en la operación y en la eliminación de una gran parte de averías en las ruedas y juegos tractores y recalentamientos, con la consiguiente reducción en la conservación y entretenimiento de la explotación.

Con el complemento de los dos sectores ó divisiones que quedarán, se supone obtener ventajas por la posibilidad alcanzada con la introducción de la locomotora eléctrica, de sustituir los

cuatro sectores antiguos de unidades de vapor por dos divisiones eléctricas de 3.630 metros cada una, reformando los servicios de las divisiones actuales. Como las locomotoras eléctricas sólo necesitan inspección después de rodar, aproximadamente, 330 kilómetros, no requieren paradas para toma de agua ó carbón, ni fosos para cenizas, limpieza de calderas y pequeñas reparaciones de taller, se confía que la más grande flexibilidad de la locomotora así dispuesta, producirá un cambio considerable en los métodos de la conducción de trenes limitados al presente por las restricciones de las máquinas de vapor.

En conclusión: creemos que la British Thomson Houston C.º, encargada en América de cumplir los compromisos especificados, saldrá airosa de su cometido.

(*The Electrical Review*, traducido por *La Energía eléctrica*)

Alumbrado eléctrico de los coches de ferrocarril

POR

MAURICE D'ASTE

El autor establece las condiciones generales de funcionamiento de una dotación de alumbrado eléctrico é indica el modo de determinar las potencias y capacidad máxima de las dinamos y acumuladores necesarios para un servicio dado.

El Ministerio de Trabajos públicos en una circular exige á las Compañías de ferrocarriles la realización de un cierto número de mejoras que se refieren especialmente al reemplazo del alumbrado por gas, y á la calefacción de carbón por otros procedimientos menos peligrosos. La circular de 27 de Noviembre de 1913 había ya indicado los peligros que la introducción en los trenes de materias inflamables ó en combustión presenta, é invitaba á las Compañías á no adoptar en adelante el alumbrado por gas en los nuevos coches destinados á los trenes de marcha rápida (excepción hecha de los coches empleados en ciertos servicios internacionales), así como á empezar la supresión progresiva de este método de alumbrado en los coches ya afectos á dichos trenes.

La aplicación de estas reglas generales va á ser, pues, la causa de que adquiera en Francia un desarrollo considerable el alumbrado eléctrico de los coches de los ferrocarriles, teniendo en cuenta que la red francesa comprende unos 10.000 coches de grandes líneas.

Si á imitación de la Compañía de Orleans, el empleo de la electricidad se extiende al alumbrado de los coches de las redes de arrabales y de líneas secundarias, el número total de vehículos que serán dotados de este alumbrado ascenderá, aproximadamente, á 20.000.

Resulta, pues, particularmente interesante precisar las condiciones que deben llenar las dotaciones generadoras del alumbrado, teniendo en cuenta las sujeciones numerosas que impone, en el caso general, un servicio de ferrocarril.

Observemos primeramente que en la mayoría de las redes francesas y extranjeras los coches de viajeros no tienen recorridos definidos siempre análogos á los establecidos, por ejemplo, á las locomotoras, y no es raro ver un vehículo que recorre durante una semana el trayecto París-Marsella y viceversa, circular á continuación por una línea secundaria durante varios días.