

TRACCIÓN

Electrificación del ferrocarril Butte Anaconda y Pacific Railway

(*Electrical Review and Western Electrician.*)

Resulta interesante realmente el estudio de la electrificación de esta línea, porque se ha realizado por razones puramente económicas.

Las primeras locomotoras eléctricas se pusieron en servicio el 28 de Mayo de 1913, y durante los siete primeros meses han hecho un recorrido total aproximado de 323.400 kilómetros y transportado más de 2 millones de toneladas de mineral. El personal de las locomotoras de vapor (maquinistas y fogoneros) ha pasado a las locomotoras eléctricas y se encuentra muy satisfecho del cambio. Ordinariamente han sido suficientes dos ó tres días de instrucción para iniciarlos en la conducción de las nuevas máquinas.

Las líneas eléctricas de la red de que se trata se hallan situadas en la región minera del Montana, y el principal tráfico consiste en minerales y lingotes de cobre. La línea electrificada va desde los depósitos de lingotes de Butte Hill a las fundiciones de Anaconda, con un recorrido de 50 kilómetros. Existen numerosas vías de apartaderos, parques y fundiciones que han sido dotadas de cable y que constituyen un total de 150 kilómetros. Los trenes de mineral que parten de las minas próximas a Butte, hacia la cumbre de Butte Hill, descienden por la montaña con un recorrido de 7 kilómetros y 200 metros hasta llegar a los depósitos de Rocker situados al Oeste de Butte; desde aquí parten nuevos trenes que conducen el mineral a las fundiciones de Anaconda.

En el recorrido de 32 kilómetros por esta región montañosa se encuentran rampas que alcanzan al 3 por 100. En la estación de Anaconda-Este se dislocan los trenes y se remolcan los vagones a la colina de Smelter Hill, donde después de pesados se vacían en los silos. Estas maniobras se efectúan con ayuda de locomotoras sencillas. La carga de regreso está constituida por lingotes de cobre que se transportan a los parques de Butte para ser evacuados allí en las diferentes refinerías de cobre.

Además del transporte de minerales la línea tiene un tráfico local considerable de viajeros y mercancías. La población de Butte y sus alrededores asciende a 65.000 almas y la de Anaconda a 10.000. En Butte empalma la línea con las tres grandes líneas transcontinentales y es paralela a dos de ellas en un recorrido de 26 kilómetros.

La curva máxima de la red es de 20° y de 87 metros de radio; se halla situada en la línea de Butte Hill, donde la media de las curvas es de 6 a 10°.

Las locomotoras tienen la suficiente flexibilidad para circular a poca velocidad por curvas de 31° y de 55 metros de radio.

El tráfico de mercancías está constituido, en su mayor parte, por mineral de cobre, elevándose a más de 4.500.000 toneladas anualmente; se efectúa con vagones de 16 toneladas de tara y de 50 toneladas de capacidad. En los parques de Butte Hill se forman trenes de 30 vagones, ó sea de 1.800 toneladas, que se remolcan por medio de locomotoras dobles hasta el parque de Rocker, donde para circular por las grandes vías, se constituyen trenes de 3.600 toneladas. Desde 1.º de Octubre de 1913 el servicio de viajeros entre Butte y Anaconda se cubre con ocho trenes (cuatro en cada sentido), observando, desde el primer momento, que el recorrido se hacía más rápidamente que con la tracción de vapor. Los trenes de tres a cinco coches se remolcan con locomotoras sencillas.

La Great Falls Power C.º, cuya fábrica hidroeléctrica se halla sobre el Missouri, en Great Falls, facilita la corriente de tracción. Hace ya algún tiempo que también esta fábrica facilitaba la energía necesaria para la explotación de las minas y hornos de fusión de Butte y de Anaconda. Comprende seis grupos electrógenos hidroeléctricos de una potencia nominal de 21.000 kilovatios; estas máquinas son del tipo horizontal y producen corriente trifásica a 6.600 voltios, 60 periodos, transformada en corriente a 102.000 voltios para el transporte a la subestación de Butte, situada a 210 kilómetros; el transporte se hace por dos líneas paralelas. La red de distribución, por medio de una línea a 60.000 voltios, se prolonga hasta una segunda estación de transformación situada en Anaconda, ó sea 42 kilómetros más.

En la subestación de Butte la tensión se reduce a 2.400 voltios, trifásica. Esta subestación recibe, además, energía de varias líneas a 60.000 voltios y es el centro de una importante red de distribución de energía que explota la Montana Power C.º

Como dato interesante haremos observar que para proporcionar la carga necesitada por la electrificación de este ferrocarril, no ha habido necesidad de aumentar las líneas de transmisión a alta tensión, y que dicha carga constituye, aproximadamente, el 20 por 100 de la total de tracción, fuerza motriz y de alumbrado, distribuida en la región.

El equipo necesario para la tracción eléctrica ha podido instalarse en las dos subestaciones de Butte y de Anaconda sin necesidad de efectuar nuevas construcciones. En cada subestación se obtiene la corriente de tracción, por medio de dos grupos motores generadores compuestos cada uno de tres unidades, comprendiendo: un motor sincrónico trifásico a 60 periodos, 720 vueltas por minuto, directamente acoplado a dos generadores de 500 kilovatios, 1.200 voltios, de corriente continua, que están aislados y puestos en conexión para marchar en serie a 2.400 voltios. Estos generadores son de devanado Compound, teniendo ambos polos de conmutación y compensadores. Estos devanados están unidos por el lado del inducido puesto en comunicación con tierra y los devanados principales son excitados independientemente. Los generadores a 1.200 voltios están aislados a prueba de calor, y en razón a sus características notables pueden soportar una carga triple de la normal, durante cinco minutos, y la sobrecarga usual de 50 por 100 durante dos horas.

Un regulador automático de tensión que obra sobre el factor potencia sostiene, aproximadamente, constante el voltaje. Los motores están protegidos contra las sobrecargas por medio de interruptores de acción diferida, que funcionan al cuádruplo de la carga normal; estos interruptores están reglados para abrirse en dos segundos, aproximadamente, bajo una sobrecarga sostenida, pero su acción en los cortacircuitos es prácticamente instantánea.

Los dos grupos generadores de cada subestación se excitan por dos grupos de excitación de motor de inducción de 50 kilovatios cada uno a 125 voltios. Uno de estos últimos grupos sirve para alimentar los campos del motor sincrónico y está registrado por el regulador automático de tensión; el otro facilita la corriente a los devanados de excitación independiente de las generadoras de corriente continua.

Se dice que los cuadros de distribución para el manejo de estos diferentes grupos son los primeros que se han construido para un voltaje de 2.400 voltios. De un modo general son parecidos a los tipos similares de 600 voltios con aislamiento reforzado y disposiciones especiales para cortar la corriente a 2.400 voltios.

Los disyuntores ó interruptores se han instalado igualmente para poder efectuar el manejo a distancia, y todos los aparatos

de los tableros están lo suficientemente aislados para la completa seguridad. Los disyuntores é interruptores á 2.400 voltios están montados en tableros distintos, encima y detrás de los tableros principales, estando unidos por medio de bielas á las palancas de maniobra montadas en el cuadro principal; para evitar errores las palancas de los disyuntores están invertidas.

El cuadro de corriente alterna lleva consigo dos tableros para el registro á distancia de los motores sincrónicos, por medio de interruptores de aceite accionados por solenoide; comprende, además, dos tableros para los devanados de campo de los motores y otro para el regulador automático de tensión. Estos distintos tableros contienen, igualmente, los instrumentos necesarios indicadores de frecuencia, amperímetros y vatímetros.

La línea aérea de esta red se ha instalado cuidadosamente, procurando darle la flexibilidad necesaria para el funcionamiento de los troles de pantógrafo, que son los que se han adoptado; está sostenida por suspensión catenaria por medio de cables de acero. Para el servicio á 2.400 voltios se han instalado interruptores de sección, y en la intersección del cable á 2.400 voltios con el del tranvía á 600, ha sido necesario colocar en seis puntos traviesas aisladas. En la línea principal se ha adoptado un aislamiento por interrupción muy sencillo. Consiste la disposición en prolongar paralelamente los dos cables de trole entre los dos extremos de cada sección, cuyo intervalo, aunque corto, es lo suficiente para establecer el aislamiento; en esta forma, para franquear el intervalo, el pantógrafo toma la corriente de ambos cables.

Para proteger las líneas aéreas contra los rayos, se han instalado en toda la extensión de la red pararrayos para corriente continua á 2.400 voltios, colocados sobre postes distanciados, aproximadamente. 535 metros.

El cable de trole núm. 0000 se refuerza entre las subestaciones por medio de dos *feeders* de cable de cobre unido al trole á intervalos de 305 metros.

Entre las estaciones de Rocker y Anaconda se ha instalado igualmente un cable de vuelta núm. 0000 colocado en los postes del trole. Los carriles tienen bridas eléctricas. Las subestaciones están normalmente unidas por los *feeders*, lo que las permite alimentarse mutuamente, pudiendo además, en caso de urgencia, facilitar cada una la corriente necesaria para toda la red.

El servicio se hace con 17 locomotoras de 80 toneladas, 15 de ellas para mercancías y dos para viajeros. Las primeras están construidas para pequeña velocidad, empleándose en la gran línea dos acopladas. La velocidad máxima es de 56 kilómetros por hora. Las locomotoras para viajeros son de idéntica construcción y pueden alcanzar una velocidad máxima de 88 kilómetros por hora. La velocidad de un tren de viajeros, con tres coches de remolque, se eleva en horizontal á 72,5 kilómetros por hora.

Estas locomotoras son del modelo articulado de doble carril con todos los ejes motores; están divididas en tres compartimientos, los dos extremos para el conductor y el central para los aparatos de gobierno.

Los cuatro motores son del tipo de la General Electric, 229 amperios, de polos de conmutación enrollados para 1.200 voltios y aislados para 2.400; están provistos de una ventilación forzosa. La tracción con dos locomotoras que pesan en conjunto 160 toneladas, permite obtener una potencia continua de 2.100 caballos. Los motores se unen á las ruedas motrices por medio de engranajes gemelos, de un modelo ya empleado en las locomotoras del Detroit River Tunnel, del Baltimore and Ohio y del Great Northern.

El aparato de manejo es del tipo Sprague General Electric, de unidades múltiples, que accionan los cuatro motores en serie y serie-paralela. Los motores, de 1.200 voltios, están permanentemente en conexión en serie. El regulador, de diez velocidades en serie, y nueve en serie-paralela. El cambio de la marcha en serie á la marcha en serie-paralela se efectúa sin abrir el circuito de los motores, lo que se traduce á una reducción considerable del esfuerzo de tracción durante el cambio. La maniobra se ejecuta por medio de un conmutador especial de gobierno electro-neumático.

La corriente se toma del cable aéreo por los pantógrafos de gobierno neumático, y desde cualquiera de los compartimientos el conductor la regula por medio de una llave de aire. En el techo de la máquina, y siguiendo la dirección de su eje, hay colocados varios cables de distribución, aislados, á 2.400 voltios; uniendo entre sí los de las dos máquinas, permite tomar la corriente por cualquiera de los dos colectores.

Para la maniobra de los aparatos de gobierno y del compresor, y también para el alumbrado de la locomotora y de los coches se emplea corriente á 600 voltios, que se obtiene por medio de un transformador de 2.400 á 600 voltios, instalado en cada locomotora.

Todos los aparatos de alumbrado de los coches están instalados para 600 voltios; las lámparas están montadas por cinco en serie. La corriente de alumbrado se toma de una canalización que recorre todo el tren, y alimentada por el transformador á 600 voltios instalado en las locomotoras. Todos los coches y furgones estarán también provistos de aparatos eléctricos de calefacción, de 25 kilovatios á 2.400 voltios, que calentarán el aire distribuido á los distintos compartimientos. La temperatura se regulará por un termostato, y para este efecto los devanados del aparato de calefacción se establecerán para variaciones de consumo total de 10, 15, 17,50 y 25 kilovatios.

H.

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Los ferrocarriles de los Estados malayos.

Los Estados Unidos de Malasia, que están bajo el protectorado inglés, tienen unos ferrocarriles cuya construcción y gestión presentan un carácter visiblemente británico. Las líneas que sirven la península de Malaca en el sentido de su longitud tienen un trayecto total de 1.100 kilómetros. El gasto de establecimiento se ha elevado á 156.000 francos por kilómetro, comprendiendo su equipo.

El coeficiente de explotación ha sido en 1911 de 52,7; el capital de establecimiento se remunera con un 6,03 por 100; la construcción ha podido asegurarse por medio de los excedentes de los ingresos del país. Faltan ramales para servir las plantaciones de caucho y las minas de estaño; este defecto de comunicación impide que se exploten unas y otras. La extensión de la red, que es muy lenta, debe proseguir hacia el Norte con objeto de enlazarse con los ferrocarriles siameses, que pondrá á Bangkok en comunicación con Singapur.