

dos. La concepción de los proyectos y la realización de las obras ya ejecutadas, revelan una Administración previsora y perseverante, bien organizada y servida, que contrasta dolorosamente con la nuestra; así como es muy digno de admiración el personal que ha llevado á cabo estos trabajos, en una región falta de todo recurso, donde no es raro que el termómetro llegue á marcar en invierno 30 grados bajo cero, pudiendo recordarse que en país de condiciones no menos ingratas, en las cumbres de las montañas Rocosas, han realizado también los Ingenieros norteamericanos trabajos penosos para aumentar los caudales de agua disponibles con destino á los riegos del Colorado, que por medio de ellos ve aumentar enormemente su fertilidad y su riqueza (1).

JOSÉ NICOLAU.

## REVISTA EXTRANJERA

### Consideraciones acerca del porvenir de la tracción eléctrica en las líneas importantes de los caminos de hierro.

(CONCLUSIÓN)

(De la *Revue Technique*).

*Regularidad de movimientos de los motores eléctricos.*—Otra ventaja de los motores eléctricos, que se presenta como prueba de su superioridad sobre la locomotora de vapor, es la que resulta de su movimiento uniforme de rotación. Así se evitan las variaciones de carga sobre los carriles que resultan de las sobrecargas debidas á los contrapesos que sirven para equilibrar en parte las producidas por los órganos de movimiento alternativo. A este inconveniente, aunque real, suele dársele un valor exagerado, y puede decirse que actualmente ha desaparecido con el empleo de las locomotoras Compound de cuatro cilindros que se van extendiendo de día en día, no sólo en Francia, país de su origen, sino en toda Europa. En los Estados Unidos comienza Baldwin á entrar por el mismo camino.

Se puede decir que con este tipo de locomotoras, y gracias á la posición á 180° de las dos manivelas de un mismo juego de cilindros, todos los órganos de movimiento alterno quedan casi exactamente equilibrados y no hay que ocuparse más que del equilibrio vertical y que resultan, por tanto, completamente anuladas las variaciones de la carga sobre los carriles.

Esta ventaja está hoy tan comprobada, que por no tener ya que temer las variaciones de carga sobre los carriles, se ha decidido la Compañía de Orleans á elevar á 19 toneladas (desde 16) la carga estática por eje en sus nuevas locomotoras Compound del tipo Atlantic. Se ve, pues, que la superioridad del motor eléctrico, desde este punto de vista, va reduciéndose mucho.

*Empleo de las corrientes continuas para la tracción eléctrica.* A pesar de ciertas ventajas verdaderas que se obtienen por el empleo de las corrientes polifásicas y de los motores asíncronos, que por otra parte se han empleado hasta la fecha de un modo muy limitado, en cortos recorridos y casi siempre en condiciones muy especiales, en el momento actual sigue empleándose más generalmente la corriente continua, sistema más experimentado y que proporciona buenos resultados.

El Board of Trade ha exigido su empleo en las dos líneas metropolitanas de Londres, donde una de las Compañías concesionarias, á propuesta de la casa Ganz, proyectaba establecer las corrientes polifásicas con motores asíncronos accionados por

corrientes trifásicas á 3.000 voltios, análogamente á lo que se ha hecho en el camino de hierro de la Valtelina.

Los motores de corriente alterna mono ó polifásica, en vista de ciertas ventajas que poseen (sobre todo los primeros) parecen los llamados á ser los más apropiados á la tracción eléctrica, pero se encuentran aún en el período de incubación, y se comprende que las Compañías que tienen que responder de grandes capitales, no quieran exponerse á ensayos costosos que anularían las ventajas reconocidas, tal vez con alguna ligereza, por los partidarios de las corrientes alternas.

*Rendimiento de la instalación eléctrica.*—Simultáneamente con la elección de la clase de corriente y de los motores que deban emplearse, se presenta otra cuestión de no menor importancia: es la que se refiere al rendimiento total de la instalación eléctrica, desde el motor (sea de vapor ó sea hidráulico) que hace funcionar á las máquinas generadoras, hasta las llantas de las ruedas motoras.

Cuando se trata de un transporte de energía empleando corrientes trifásicas que se producen á cierta tensión, que se eleva antes de enviarla á la línea de transporte, y luego se rebaja en las sub-estaciones transformándolas al mismo tiempo en corriente continua, el rendimiento desde el eje motor de la máquina de vapor ó de la turbina hasta las llantas de la locomotora no es nunca superior á 50 por 100, y puede bajar á 40 cuando las máquinas no trabajan al máximo de carga; es decir, que para obtener un caballo de esfuerzo tractor hay que producir de dos á dos y medio en la estación central.

Como una máquina de vapor de gran poder, con condensación y expansión múltiple y recalentamiento del vapor, consume unos 6 kg. de vapor por caballo-hora efectivo, medido en el eje, y admitiendo una producción de 8 kg. de vapor por kilogramo de carbón, se tiene para consumo de carbón por caballo-hora efectivo el de 0,750; y para obtenerlo en la llanta de la locomotora, 1,500 kg. á 1,88, mientras que el mismo caballo en las llantas de una locomotora de vapor consume de 1,200 á 1,300 kilogramos, lo que representa un aumento de 15 á 45 por 100, tomando para la locomotora de vapor el gasto de 1,300.

La cifra adoptada de 1,30 kg. se basa en un consumo medio de 10 kg. de vapor por caballo-hora efectivo, consumo confirmado para las locomotoras Compound en numerosos experimentos llevados á cabo en estos últimos años. También se funda en la producción media de 8 kg. de vapor por kilo de carbón, cantidad observada en la práctica diaria con los carbones menudos bituminosos ó con los aglomerados que se queman ordinariamente en las parrillas de las locomotoras.

El mismo resultado se ha obtenido en los experimentos, muy completos, llevados á cabo en la Compañía del Este con locomotoras Compound de 4 cilindros.

Los motores asíncronos podrían atenuar esta diferencia de consumo suprimiendo la conmutatriz que transforma en continuas las corrientes trifásicas.

Se puede objetar que en los hogares de las calderas de una fábrica pueden quemarse carbones de inferior calidad que, naturalmente, cuestan menos; pero entonces se producirá menos peso de vapor por kilogramo de combustible, pudiendo llegar á ser ilusoria la economía obtenida con su empleo, y además, hoy es posible quemar en los hogares de las locomotoras carbones menudos y aun carbonillas, que cuestan á 16 y 20 francos tonelada.

Antes de dar por terminada esta importante cuestión, tenemos que hacer observar que este aumento de 15 á 45 por 100 en el consumo de la locomotora eléctrica, es sin tener en cuenta los intereses y amortización del capital necesario para la instalación de la transmisión de la energía, del coste de las fábricas centrales y del de las estaciones de transformación, intereses que recargan aun más el precio del caballo-hora.

*Centrales hidráulicas.*—Se admite muy generalmente que puede resultar una economía notable del empleo de motores hidráulicos para accionar las dinamos generadoras de la

(1) Las noticias que anteceden relativas al pantano de Cap de Long han sido extractadas de un artículo de *Le Genre Civil*, tomo XLIV, pág. 129 y siguientes, el cual podrá ser útilmente consultado por quien desee completarlas. En la obra «Hidrologie Agricole», de Levy Salvador, se encontrarán también algunos datos interesantes relativos á este mismo asunto.

energía. Es condición indispensable para que sea real esa economía, que los trabajos de captación y conducción del agua no sean excesivamente costosos. Además, no son muy frecuentes los saltos de agua poderosos como no sea en países de montaña, y no es fácil encontrarlos cerca de los sitios en que se hayan de emplear, y entonces la línea de transporte acarrea gastos elevados.

No se puede decir de un modo absoluto, que los motores hidráulicos resuelven la cuestión de una manera económica, aunque pueden resolverlas en ciertos casos.

*Resumen de la cuestión desde el punto de vista técnico.*—Se ve, por lo dicho, cuántos puntos técnicos quedan sin resolver, antes de decidirse á aplicar de un modo definitivo la tracción eléctrica á las grandes líneas.

La elección de la corriente más ventajosa está aún en estudio, y dependiente de ella, lo está también la elección del tipo de motor.

Merecen atención los ensayos de empleo de las corrientes alternas sencillas que permiten tensiones tan altas como las polifásicas, simplificando las instalaciones de las líneas de distribución de la corriente. Los americanos, después de serio examen, han sido siempre refractarios al empleo de las polifásicas para la tracción eléctrica.

Caso de que se llegase á admitir algún tipo de corriente y de motor que permitiesen una aplicación realmente práctica, sería indispensable su perfecta uniformidad en todas las líneas, tanto en la tensión como en la manera de captación y, caso de ser corriente alterna, en la frecuencia para que siguiera siendo posible el cambio de material entre ellas.

*Parte económica.*—Más arriba hemos puesto de manifiesto que el aumento de gasto al transformar la tracción de vapor en eléctrica, podría elevarse de 15 á 45 por 100 sólo en lo referente al consumo de carbón. Hay que añadir intereses y amortización del aumento de capital y gastos de personal de fábricas centrales y estaciones secundarias y vigilantes de línea.

El avalúo del gasto correspondiente á la instalación eléctrica depende de la intensidad del tráfico, de la longitud de la línea y de un conjunto de circunstancias especiales, variables de una línea á otra. Además, los ejemplos de instalaciones eléctricas en líneas importantes son escasos, y los datos referentes al coste de sus instalaciones son difíciles, y frecuentemente imposibles de obtener.

En el ferrocarril de la Valtellina, con 108 kilómetros de vía única, corrientes trifásicas á 3.000 voltios y central hidráulica, el gasto ha sido, según los datos publicados, de 46.000 francos por kilómetro, sin contar el material móvil eléctrico, y de 58.000 francos contándolo para un camino de hierro que se intenta construir en la India de Kashmir á las llanuras del Indo (país montañoso) con central hidráulica, proyectado con vía única, se ha presupuesto la instalación eléctrica en 50.000 francos por kilómetro incluyendo las locomotoras.

Sólo las centrales hidráulicas de la línea de Le Fayet á Chamonix, construida por la Compañía P. L. M., han costado á razón de 109.500 francos por kilómetro, en 19 kilómetros que tiene de longitud, sin incluir la instalación eléctrica de la línea. Ciertamente que este ferrocarril, por su corta longitud y por las dificultades especiales de la toma y la conducción del agua, no puede ser tipo de comparación para las grandes líneas.

Los Ingenieros de la línea de Portland á Huntington en los Estados Unidos (Oregon), han apreciado en 135.000 francos por kilómetro la conversión en línea de tracción eléctrica, con doble vía, del ferrocarril citado, que tiene 640 kilómetros.

Nos parece, pues, exagerado, estimar en 100.000 francos por kilómetro la instalación de la tracción eléctrica en un ferrocarril de vía doble, incluyendo en esta cifra las estaciones centrales y de transformación, las líneas de distribución y las locomotoras eléctricas.

Para la línea del Norte, el capital empleado actualmente en locomotoras es de unos 33.000 francos por kilómetro, y si se ad-

mite uno igual para las locomotoras eléctricas, quedan para la instalación eléctrica fija 67.000 francos, cuyos intereses y amortización vendrían á aumentar los gastos de explotación de que hemos hablado antes.

En un estudio hecho por Mr. Bork, referente á ciertos ensayos de tracción eléctrica, practicados durante dos años en la línea Wannseebahn, cerca de Berlín, se llega á la conclusión de que en dicho ferrocarril sub-urbano y de tráfico intenso, la tracción eléctrica ha resultado más cara que la tracción de vapor. Conviene hacer constar que no se ha tenido en cuenta la amortización de parte del capital de la instalación eléctrica.

Mr. Reichel llega á conclusiones análogas en una Memoria acerca de la tracción eléctrica á gran velocidad, tomando para el cálculo del gasto de amortización un tipo de capital que nos parece bajo, y más teniendo en cuenta que en el servicio de una línea principal no se ha de atender únicamente al tráfico de viajeros, sino también al de mercancías que acarrea la instalación de estaciones importantes de depósito y clasificación.

De diversas comparaciones establecidas entre líneas de tráfico análogo, unas con tracción de vapor y otras con tracción eléctrica, ha resultado que el coste total de tracción por tonelada kilométrica es siempre superior, y á veces doble, el correspondiente á la tracción eléctrica.

En el Central Londón el coste del coche-kilómetro es de 0,40. En el Metropolitano de París resultó en 1902 á 0,31, mientras que de las estadísticas de las seis grandes Compañías francesas resulta el coche-kilómetro á 0,123. El coste (sin contar la amortización) es triple con tracción eléctrica.

Se puede, por tanto, calcular que en las circunstancias actuales la sustitución de la tracción eléctrica en vez de la de vapor en las líneas principales acarrearía un aumento en los gastos de tracción, variable, según los casos, pero que oscilaría entre vez y media y dos veces el coste actual.

*Resumen.*—No es dudoso que el gasto había de aumentar por la sustitución en el estado en que actualmente se encuentra la cuestión. Pudiera atenuarse esta elevación por un aumento de tráfico en líneas que lo tienen ya muy intenso, aumento que á menudo había de exigir la multiplicación de las vías. No es fácil resolver así, de pronto, si un aumento en la capacidad de transporte había de acarrear un aumento de viajeros. En los tranvías y en las líneas metropolitanas y sub-urbanas aumenta realmente el número de viajeros al aumentar el número de trenes; pero no puede asegurarse que sucediera lo mismo en líneas de recorrido largo, ó que sucediera en proporción bastante para compensar el mayor gasto.

Otra consideración que no puede omitirse es el gran capital que las líneas importantes tienen actualmente empleado en locomotoras, que no está aún amortizado y que no sería posible recuperar por la venta del material en condiciones aceptables. La línea del Norte tiene empleados en este concepto 120 millones de francos.

Si no fuera por esta dificultad y otras no menos graves, convendría á algunas líneas de circunvalación transformar su tracción en eléctrica, por las mismas razones que han aconsejado la implantación de la tracción eléctrica en los tranvías y líneas metropolitanas, cuyo tráfico es muy análogo al de las citadas líneas.

Caso de llegar la sustitución en las grandes líneas, y dado el estado actual de la cuestión, habría de emplearse forzosamente el sistema de conductor exterior. Esto priva á la locomotora de su independencia, y una avería, ya en la central, ya en los conductores, interrumpiría el tráfico en toda la línea, circunstancia siempre perjudicial que pudiera llegar á ser desastrosa en caso de guerra.

Pudiera obviarse la dificultad por medio de baterías de acumuladores instaladas en la estación central ó en las estaciones de transformación, pero sólo para interrupciones de poca duración, pues para una interrupción prolongada no se pueden instalar baterías de capacidad suficiente.

Y esta solución aumentaría aún más los gastos de tracción sin venir completamente compensados por la facultad que otorga de hacer algo menos potentes las fábricas centrales y las de transformación.

El tercer carril presenta el inconveniente de poderse formar en tiempo de nieve cortos circuitos entre él y los de la vía, con peligro de incendios y averías graves. Un accidente ocurrido en el Metropolitano de París en la parte que va en viaducto entre las estaciones Barbés y Alemania nos presenta un ejemplo reciente.

La discusión actual recuerda la que tuvo lugar en Inglaterra entre los partidarios de las máquinas fijas y los de la locomotora, cuando se empezaron á instalar los caminos de hierro, lucha renovada después y con más ardimiento aún entre los defensores del sistema atmosférico y los de la locomotora. Los últimos, á cuya cabeza marchaba Stepheson, sostenían que los motores para vías férreas debían gozar de una independencia completa. Estos últimos triunfaron en todas partes.

En Francia se ensayó el sistema atmosférico entre le Vesinet y Saint Germain. Se abandonó después porque resultaba poco adaptable á las necesidades; caro, poco potente, y muy fácilmente averiable, con gran perjuicio para la explotación de la línea. Después nunca ha dejado de hacerse la explotación subiéndolo sin dificultad la rampa de 35 por 1.000 con trenes de 120 á 150 toneladas, remolcados por locomotoras de vapor que producen una economía importante en los gastos de tracción.

Análoga es la cuestión de la tracción eléctrica. Hoy no nos parece realizable, práctica, ni económicamente. Lo será el día en que se descubra un tractor eléctrico que lleve consigo los medios de producir ó almacenar la energía necesaria sin unión con ningún elemento exterior, y esto en condiciones económicas aceptables. Hasta entonces la electricidad sólo será aplicable á

los tranvías y líneas de condiciones análogas. El campo de su desarrollo no es reducido, por consiguiente, y presta grandes servicios este sistema maravilloso de tracción en las grandes poblaciones á cuya prosperidad contribuye poderosamente.

No hay que olvidar los grandes progresos que ha alcanzado en pocos años la locomotora de vapor. Hoy reúne todas las condiciones esenciales para un motor sobre carriles, tales como independencia, adaptabilidad y potencia, construyéndose ya como cosa corriente locomotoras Compound con cuatro cilindros y 1.500 caballos de potencia, que pueden arrastrar trenes de 300 toneladas (detrás del tender) sobre rampas de 5 milésimas á velocidades de 90 kilómetros por hora; con trenes menos pesados se llega á los 100 kilómetros de velocidad comercial. Y aún se ha de ir más allá.

Las locomotoras Compound con cuatro cilindros tienen una regularidad de movimientos casi igual á la de los motores eléctricos. Sus aceleraciones á la arrancada son muy grandes, alcanzando á 0,50 en algunos tipos. No alcanzan, sin embargo, á las de los motores eléctricos.

Uno de los progresos más importantes de las locomotoras modernas consiste en su corto peso *específico*, es decir, peso por caballo efectivo. El peso de la locomotora y el tender juntos pueden evaluarse ahora en 85 kilogramos con el tender lleno y en 66 á media carga, por caballo. Estas cifras son ciertamente superiores á las que corresponden á las locomotoras eléctricas; pero la comparación no es posible á causa de la independencia del motor de vapor. Y, sin embargo, las locomotoras eléctricas de la Compañía de Orleans pesan 45 toneladas, con una potencia de 680 caballos, resultando á 66 kilogramos por caballo.

R. BONNIN.

## Información.

### Ingeniero español premiado en Rusia.

En el concurso universal abierto por el Estado ruso para premiar el mejor proyecto de un puente monumental en el centro de la ciudad de San Petersburgo, frente al Palacio Imperial de Invierno, ha obtenido un premio de 2.000 rublos el presentado por nuestro compatriota D. Magin Cornet y Masriera, joven é ilustrado Ingeniero de la Maquinista Terrestre y Marítima de Barcelona.

Según un colega, se han presentado al concurso centenares de proyectos de todas las naciones, y han concurrido casi todas las más importantes casas constructoras de Bélgica, Francia y Alemania.

El puente tiene 259 metros de luz por 23 de ancho, y su presupuesto se eleva á tres millones y medio de rublos.

Como particularidades dignas de mención, cita algunas que dan idea de la importancia y lo complicado que resulta el proyecto del señor Cornet.

El puente tiene una parte móvil para dar paso á las embarcaciones de alto bordo, quedando un espacio libre de 30 metros.

Esto no es obstáculo para que en él pueda instalarse un tranvía eléctrico, cuyos conductores van debajo del pavimento, y pasan por él los conductores de agua, gas, cables eléctricos, etc.

El pavimento será, como se exigía, de adoquín, encima de un lecho de hormigón y aceras de piedra.

### El Metropolitano de París.

He aquí los resultados del tráfico en la red del Metropolitano de París, durante el año de 1903, comparados con los de 1902:

|                               | 1902       | 1903        |
|-------------------------------|------------|-------------|
| Viajeros.....                 | 62.122.725 | 100.107.631 |
| Producto bruto (francos)..... | 10.761.677 | 17.290.839  |
| Beneficio líquido (idem)..... | 7.183.841  | 11.597.185  |

Estos aumentos son verdaderamente extraordinarios, y son tanto más dignos de tenerse en cuenta, si se recuerda la paralización sufrida á raíz de la catástrofe del año último, y los enormes gastos causados á la Compañía por tal motivo.

### Un ferrocarril portugués.

En la línea del ferrocarril en construcción de Saint Anna á Vendas Novas, continúan las obras con actividad; ya se halla sentada la vía desde Vendas Novas hasta la margen izquierda del Tajo, donde se colocará un puente, en un trayecto que alcanza una longitud de 65 kilómetros aproximadamente, habiéndose corrido los tramos 11 y 12 de éste sobre el mencionado río.

El puente aludido constituye la gran obra de arte de este nuevo trazado de la línea, y puede asegurarse que en todo el mes actual se correrán los tramos 13 y 14, que son los que completarán tan magnífico paso á través del caudaloso río nacido en nuestra patria.

### Trenes ideales.

Se ha hablado de que el profesor Albertson, miembro de la Universidad de Copenhague, ha inventado el tren imán, que puede recorrer 500 kilómetros por hora.

El nuevo sistema sólo se ha ensayado en forma de modelo; pero la Compañía del ferrocarril del Oeste de Delaware ha puesto á disposición del profesor Albertson sus talleres, y se asegura que en el presente año acaso funcione una línea de ensayo.

Para conseguir esa velocidad atenúa el peso de los carruajes á fin de disminuir el frotamiento sobre los railes, y anima, por medio de corrientes eléctricas, los electroimanes puestos á lo largo de los carriles ordinarios.

Todo esto, en teoría, es muy admisible, pero se duda de que resulte en la práctica, según afirma el profesor Darkdet, oponiendo al siste-