

agua absorbida dieran un resultado inaceptable al choque-rozamiento, en cuyo caso deben rechazarse para el afirmado, resultando, por consiguiente, la necesidad de efectuar previamente el ensayo de que antes nos hemos ocupado.

La densidad de la piedra en los firmes debe estar comprendida entre 2,5 y 3, no deteniéndonos en la determinación de la misma, dada la sencillez de la operación.

Finalmente, y previos los ensayos antes indicados para el material utilizado en la construcción y conservación de carreteras, precisa no olvidarse de la uniformidad que se ha de exigir á los materiales.

Deben los Ingenieros procurar que la piedra que se eche en cada trozo ó sección sea lo más uniforme posible.

El uso indiferente en un mismo trozo de dos ó más piedras, aun de buenas cualidades, da malos resultados:

En los firmes de piedra partida, el tráfico inmediatamente evidenciará donde el material más blando se ha colocado, por el desgaste sufrido por la carretera, mientras que el material más duro recogerá el agua en los baches, lo que da por resultado el reblandecimiento de aquélla y que menor cantidad de material duro sufra los efectos destructores del tiempo que en el resto de la vía; combinándose esa acción con la producida por el tráfico, el desgaste irá en aumento y la carretera presentará una serie de rodadas que deben evitarse.

El objeto de estas mal hilvanadas líneas no es otro que señalar la importancia que tiene el conocer las cualidades de los materiales que se utilizan en los firmes, hoy que debe dedicarse atención preferente á estas vías, por todos en general, y los Ingenieros de Caminos en particular, máxime si se tiene en cuenta lo sencillo y económico que resultaría la investigación de las condiciones mencionadas, pues, tanto el ensayo de absorción con el de determinación del peso específico, son operaciones sencillísimas, y para la prueba al choque-rozamiento, no se requiere sino aparatos de costo reducido en los que por otro lado no es difícil la experimentación.

FERNANDO ALONSO URQUIJO,

Ing. niero de Caminos.

TRACCIÓN FERROVIARIA

CON LOCOMOTORA INDEPENDIENTE DEL TREN

Puesto que el sistema actual de tracción eléctrica implicaría para adoptarlo en las grandes líneas ferroviarias la necesidad de distribuir la corriente á distancias enormes, impracticables, ó la construcción de un crecido número de centrales funcionando en tan malas condiciones comerciales que salta á la vista la imposibilidad de la empresa, he pensado si sería viable, si tendría ó no más ventajas que inconvenientes el construir una central para cada tren, especie de locomotora que en lugar de remolcarlo le suministrara la corriente necesaria para su propulsión; pudiendo ser al efecto todos, ó la mayor parte de sus coches, automotrices. Cuanto más lo he estudiado, más me he ido formando la convicción de que las ventajas serían muy superiores á los inconvenientes (por no decir

al solo inconveniente del costo), especialmente en el caso de separar á la central locomotora del tren, haciéndola marchar á cierta distancia de éste y suministrándole la corriente por un hilo paralelo á la vía, ó por tercer riel.

La primera que surge, es la de que, siendo todos los coches automotrices, todo el peso del tren sería utilizado como adherente para la tracción. Ya no habría entonces para qué agotar el ingenio de todos los ingenieros y todos los recursos de la industria, á fin de dar á las locomotoras, cada día más grandes que el tráfico exige, la mayor adherencia posible, cargando para ello inevitablemente con exceso el forzosamente limitado número de sus ejes motrices, con detrimento de la solidez, buena conservación y seguridad de la vía, terraplenes, puentes y viaductos; y unida esta ventaja á la preciosa virtud de los motores eléctricos de permitir por el acoplamiento en serie-paralela la variación de los factores de la potencia—fuerza y velocidad—, nos darían entre las dos la mayor aún, de hacer posible la subida de fortísimas rampas, incomparablemente más inclinadas de lo que permite el sistema actual; ello mediante la obtención y la práctica utilización de un esfuerzo de tracción tan considerable como quisiéramos, independientemente (hasta cierto punto) del poder de la locomotora, con tal de conformarnos en esos trechos con la reducida velocidad resultante.

Expongo á continuación las ventajas que, á mi modo de ver, reportaría el sistema de tracción que propongo.

Veremos en seguida como esto de verse reducido, en las fuertes rampas, á una pequeña velocidad, no será un inconveniente de importancia; ó mejor dicho, será un inconveniente que, de todos modos inevitable con cualquier sistema, quedará en éste compensado con ventaja.

Antes trataré de la posibilidad de subirlas, y hasta de qué grado de inclinación.

Sabemos que el esfuerzo de tracción, aunque variable, puede fijarse para los trechos á nivel, en cálculos aproximados, en 5 por 1.000 como máximo; y que en las rampas aumenta en tanto como milímetros de inclinación tengan por metro lineal. Sabemos también que la adherencia varía entre $1/4$ y $1/11$, según el estado de la vía, pudiendo contarse con que muy generalmente no baja de $1/7$ con la tracción á vapor, y que con la eléctrica, haciendo pasar la corriente á los rieles por un reducido número de ruedas, como los seca perfectamente, puede confiarse en una cifra algo más alta, $1/5$ á $1/6$. Mas como debemos prever que en nuestro tren convendría que no fueran indispensablemente todos los coches automotrices, con lo que una parte del peso no sería utilizado para la adherencia útil, tomemos como base $1/7$; $1/7$ significa poder llegar á un esfuerzo de tracción de 140 kilogramos por tonelada, el que se necesita para subir una rampa de 135 milímetros por metro.

Rampa semejante es algo tan poco común, que serán muy contados los casos en que no pueda evitarse, aun con el propósito de la mayor economía en los desmontes, terraplenes, túneles, etc. La sola practicabilidad de pendientes de 10 por 100 daría una enorme economía en países medianamente ondulados.

Pues bien; admitiendo, para simplificar, sin alejarnos de la verdad, que pendientes de 10 por 100 exigen un esfuerzo de tracción igual á veintiuna veces el necesario á nivel, y las de 135 milímetros (digamos 14 por 100), 28 veces la misma cantidad, tendremos que, con una potencia

invariable, deberá nuestro tren subir las rampas de 10 por 100 con una velocidad veintiuna veces menor que el llano, y las de 14 por 100 con otras veintiocho veces menor. Pero la potencia de un motor no es una cantidad invariable; por el contrario, en favor de nuestro caso tienen todos la cualidad de permitir la variación entre amplios límites; con esto de mejor, que la carga más económica y la máxima son para cada máquina dos cantidades muy distintas, y esta especie de elasticidad en la carga admisible se hace tanto más útil en nuestro sistema, cuanto que podremos aumentar la velocidad angular de la máquina para aumentar en la misma proporción su potencia, cosa imposible en la locomotora á vapor en las mismas condiciones, por ser en ella el número de revoluciones del motor una cantidad invariablemente proporcional á la velocidad lineal del tren.

Casi lo mismo que con los motores pasa con las dinamos, que admiten durante breve tiempo una sobrecarga muy considerable, y el voltaje aumenta en la misma proporción que la velocidad. No es, pues, nada difícil el establecer cada grupo generatriz con una determinada capacidad, la más económica, y con otra máxima cuatro ó cinco veces mayor para un trabajo de corta duración. Desarrollando entonces en los trechos á nivel la potencia económica y en las fuertes subidas la máxima, obtendríamos en las rampas de 10 por 100 una velocidad, no veintiuna veces menor, sino sólo cuatro ó cinco veces menor que en el llano; en las de 14 por 100 correspondería una de seis ó siete, en lugar de veintiocho veces menor. Creo inútil defender la practicabilidad de variar, entre análogos extremos, la potencia y sus factores en los motores eléctricos, pues es sabido que ello cabe perfectamente dentro de las condiciones técnicas y prácticas de su funcionamiento, con sólo variar el acoplamiento y la intensidad del campo magnético.

Sería necesario ser muy exigente para tachar de defecto grave la necesidad de disminuir á la quinta parte la velocidad en subidas de 10 por 100, ó á la séptima, octava (y aunque fuera décima) parte en las de 14 por 100; sobre todo, si se reconocen las ventajosísimas condiciones en que nos encontraríamos para marchar á vertiginosas velocidades en los trechos á nivel y en los de escasa pendiente, donde se podría utilizar enteramente la enorme potencia de que serían capaces nuestras centrales locomotoras, con tanta mayor facilidad y seguridad cuanto que la línea recta predominaría en el trazado, no teniendo, como ahora, que eludir con frecuentes curvas los accidentes del terreno. Esto sin contar con que en los países montañosos será frecuente encontrar caídas de agua; y si por su importancia la línea lo mereciera podrían ellas aprovecharse para mover centrales que suministraran corriente á los trenes hasta el radio que conviniera. Entonces, dentro de ese radio, no necesitarían funcionar las locomotoras centrales, y como los trenes podrían disponer de una fuente de energía tan considerable, subirían las rampas con toda la velocidad que fueran capaces de imprimirles sus motores eléctricos funcionando al máximo de potencia. Aquí mismo surge otra de las ventajas de mi sistema, para la cual voy á hacer un paréntesis. Si se tratara de una vía á instalarse, podría dejarse en suspenso, en los primeros tiempos, la construcción de centrales, en beneficio de la economía de la obra y en mérito al escaso movimiento que como vía nueva pudiera tener. En el entretanto, se usarían únicamente cen-

trales locomotoras, conformándose en las fuertes subidas con la velocidad que resultara. Más tarde, á medida que la importancia de la línea progresara, podrían instalarse las centrales en los puntos convenientes, sin que hubiera que lamentar desembolso alguno perdido. El caso de líneas nuevas que se transforman al nuevo sistema tendría esto de análogo, que tampoco habría que perder capital alguno. Hecha la electrificación de la vía con la sola instalación del conductor eléctrico á lo largo de ella y las conexiones de los rieles, las locomotoras á vapor y sus vagones no tendrían por qué ser eliminados y podrían correr indistintamente trenes de los dos sistemas. Luego, poco á poco, á medida que el material antiguo debiera ser repuesto, lo sería por el nuevo sin perderse nada. Como las mayores ventajas de la transformación serían para los trenes de pasajeros, podrían subsistir durante muchos años los de carga á vapor. Y gran parte de los coches actuales podrían persistir en el servicio de los nuevos trenes, como remolcados.

Es siempre un mérito, en toda cosa nueva, el provocar una evolución y no una revolución.

Decía, que en los trechos á nivel y de escasa pendiente nos encontraríamos en condiciones muy ventajosas para alcanzar grandísimas velocidades; y para decirlo me fundaba, no solamente en el hecho señalado de que las nuevas vías tendrían mucho más frecuentes y largos tramos en línea recta, sino en que, como es sabido, la tracción eléctrica permite, mucho más fácilmente que la á vapor, el alcanzarlas. Y nuestro tren en nada se diferenciaría de un tren eléctrico, pues hasta la misma locomotora se movería con una parte de la energía eléctrica producida, y bien fácil sería obtener la potencia necesaria, no necesitando como ahora construirla formando un bloque pesadísimo, cargado casi todo sobre un escaso número de ruedas motrices, para aumentar en la misma proporción que su potencia el peso adherente. Es así que se podría, sin ningún inconveniente, separar á la caldera del motor, montándolos sobre trues distintos, y también al motor de la dinamo, transmitiendo el movimiento del uno á la otra por un eje quebrado con acoplamientos á la Cardán. Cada una de esas partes podría descansar sobre seis y aun ocho ejes, correspondientes á los consabidos bogíes.

Repartiendo así el peso total entre 18 ó 24 ejes muy espaciados, se las podría construir muchísimo más poderosas que las actuales.

Apoyándome en tales argumentos creo poder asegurar que se llegaría á obtener velocidades superiores á 200 kilómetros por hora en gran parte de los trayectos, compensando así, como dije antes, y con creces la reducción obligada en las grandes subidas; reducción que, al fin de cuentas, sería bien escasa comparada con las velocidades corrientes hoy, como que, aún bajándola á la sexta parte, siempre quedaría mayor de 30 kilómetros por hora.

Permítaseme repetir aquí que rampas que obligaran á tal reducción de velocidad, muy rara vez podrían encontrarse con frecuencia, y añadir que en semejantes casos, no sólo podría recurrirse á la instalación de centrales locales, sino á un servicio auxiliar de locomotoras ultra-poderosas, siempre que las circunstancias y la importancia de la línea exigieran una velocidad muy alta.

De todo lo expuesto resulta otra muy importante y favorable consecuencia: la de que la construcción de nuevas líneas férreas en países ondulados y montañosos costaría

mucho menos que ahora por la muy considerable reducción de los desmontes, terraplenes y túneles, que representan la parte más importante en el coste total. Al lado de tal economía, tendría muy poca importancia el mayor desembolso impuesto por el material rodante.

Veamos ahora cómo, á pesar de la pérdida de energía ocasionada por su doble transformación, el consumo de combustible sería bastante menor que el actual, obteniéndose una importante economía. En efecto; funcionando el motor de nuestras centrales locomotoras en la misma forma y condiciones que cualquier motor fijo, podrían adoptarse los modelos más perfeccionados y económicos, que gastan la mitad y menos que los necesariamente usados en las locomotoras á vapor.

Si se persiste en el uso del vapor, se adoptarían desde luego los motores á distribución perfeccionada, y no sería difícil que se pudiera adoptar la triple expansión con condensación, porque bien podría llevarse en un vagón anexo un aparato para enfriar el agua. No habría tampoco por qué excluir las turbinas; pero sobre todo, es muy probable que se encontrara la mayor conveniencia en adoptar los motores á explosión, mediante artificios relativamente sencillos, que permitieran darles una potencia variable entre ambos límites, porque éstos tienen varias preciosas cualidades de que carecen aquéllos. La primera es la facilidad y rapidez de la puesta en marcha, que evita todo gasto de combustible mientras están parados, y permitirían así una importante economía, no sólo durante el estacionamiento, sino también durante las bajadas. La segunda es el reducido peso, frente al de un motor á vapor con su caldera, cosa que permitiría hacer en igualdad de condiciones locomotoras más poderosas. La tercera sería la economía de combustible de una manera general, y particularmente con el tipo Diesel, que sólo consume 185 gramos de residuos de petróleo, por caballo-hora. Todavía se encontraría una cuarta ventaja en los países escasos de agua en el mucho menor consumo, y hasta una quinta en la mayor velocidad angular posible, que permitiría accionar dinamos más ligeras. La supresión completa del humo y de las chispas, no dejaría de ser otra ventaja más.

Ahora bien; la transformación del trabajo mecánico en energía eléctrica y la posterior transformación de la energía eléctrica en cinética, exigirían una pérdida, que unida á la de la línea, no sumarían, en conjunto, más de un 20 por 100; de manera que, si los motores dieran una economía bruta de 50 por 100, quedaría otra líquida de 30 por 100. Pero yo he sido bien parco al decir que los motores económicos gastan la mitad y menos que los necesariamente usados en las locomotoras á vapor. En efecto, el motor á corredera, á alta presión, tiene que estar muy bien estudiado y en muy buen estado para no gastar más de 15 kilos de vapor por caballo-hora, y las calderas tipo locomotora no vaporizan más de 7 y 8 kilos de agua por otro de carbón, lo que da por resultado un consumo mínimo de 2 kilogramos de carbón por caballo-hora. La baja presión no da una economía mayor de 10 por 100; y á estos consumos hay que añadir en una comparación con los motores á explosión el combustible gastado en levantar presión y en las paradas y esperas. Las turbinas y los motores perfeccionados con condensación consumen entre 6 y 8 kilogramos de vapor por caballo-hora; y en cuanto á los motores á explosión ya he recordado que el Diesel gasta sólo 185 gramos de residuos de petróleo por caballo-hora,

y es sabido que los de á gas pobre andan por los 400 á 500 gramos de antracita.

Al hablar de las secciones muy accidentadas de las vías indiqué la utilidad que podrían prestar en ellas centrales fijas destinadas á sustituir las locomotoras. Debo añadir que, no sólo en esos lugares convendría su instalación, sino también en aquellos donde el intenso tráfico, la conveniencia de suprimir el humo y otras circunstancias especiales imponen hoy mismo la electrificación de las líneas. Precisamente esta es otra de las ventajas consecutivas á la independencia de la locomotora y el tren; independencia que, además de transformar á éste en un verdadero tren eléctrico, añade á todas las valiosas cualidades de esta clase de tracción la de desempeñar la central móvil el papel que desempeñan las locomotoras-pilotos delante de los trenes, cuya seguridad se quiere garantizar de la manera más eficaz, y la de ponerlos á cubierto de los descarrilamientos y hundimientos de puentes y viaductos provocados por ellas, que son la inmensa mayoría, por no decir todos.

Como, según indicaré más adelante, la línea eléctrica iría dispuesta de tal modo que la corriente alcanzara siempre á cierta distancia delante de la locomotora, se obtendría fácilmente el funcionamiento automático de señales, y la proximidad de otro tren advertirse á tiempo, resultando imposibles los choques, los más graves y frecuentes accidentes. Por de pronto, catástrofes como la última de triste recuerdo, la de Villepreux, en que en un tren que quedó detenido por una avería de la máquina, fué embestido por otro que venía detrás, quedarían evitadas con sólo poner en corto circuito la línea eléctrica, lo que impediría á cualquier otro acercarse. Si ocurriera el caso de que dos trenes avanzaran en sentido contrario por un mismo par de rieles, apenas se encontraran las locomotoras en un mismo trozo continuo de conductor, sin que fuera posible error ni confusión alguna, ambos á un tiempo tendrían que darse cuenta de la presencia de otra generatriz por las perturbaciones forzosas que se producirían, sin que cupiese ninguna otra explicación en el funcionamiento de los dinamos y los motores al entrar los primeros á trabajar en paralelo.

Esta anomalía podría hacerse tan exagerada, que resultara una verdadera parada automática, con adoptar dinamos excitadas en serie. Para que estas dinamos pudieran trabajar en paralelo en los casos en que se necesitara emplear dos locomotoras en un tren, se podría estudiar un tipo que trabajara con excitación en serie, ó independiente (mediante una pequeña auxiliar), según los casos.

Pero la fatalidad es mucho más ingeniosa que el más inspirado de los inventores y de los novelistas; ella encuentra y encontrará siempre el modo de burlar todas las previsiones. Lo que sí que, cuando lo consiguiera con nuestro sistema, tendrá que conformarse con descargar sus iras en las locomotoras; los trenes tendrán siempre tiempo y espacio para quedar á salvo, ó, por lo menos, serán tan escasas las ocasiones en que puedan padecer, que entrarán en la categoría de los peligros en que no se piensa.

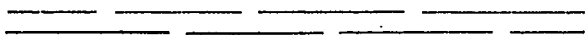
Se habrá observado que para poder prestar los servicios indicados, la línea eléctrica deberá reunir las tres condiciones siguientes:

Primera. No ser continua, ó sea, estar dividida en secciones aisladas.

Segunda. Que sean cuales sean las respectivas posiciones del tren y su locomotora, en ningún caso pueda quedar interrumpida la comunicación eléctrica entre el uno y la otra, y

Tercera. Que la corriente de cada locomotora alcance, siempre á una distancia mínima, delante de ella.

Estas tres condiciones las realizarán con toda perfección, sencillez y seguridad, un par de conductores, divididos en secciones aisladas de igual longitud; pero de modo que cada interrupción de uno de los conductores quede frente á la mitad de un tramo del otro, como estas líneas paralelas:



Observándolas, se ve que siendo la distancia que separa á un tren de su locomotora, menor que la mitad de una sección, en ningún momento puede quedar interrumpida la comunicación entre ambos; y por otra parte, la corriente llegará siempre delante de la máquina hasta una distancia variable entre la totalidad y la mitad de la longitud de una sección. Las señales automáticas empezarán á funcionar y la presencia de la locomotora se hará conocer, siempre con la anticipación correspondiente al largo de una sección.

Como señales automáticas entiendo que merecerían preferencia las luces, por constituir el aparato más sencillo, seguro en el funcionamiento, llamativo y visible (aun de día, mediante disposiciones especiales), pero sería fácil maniobrar campanas, sirenas y aun barreras automáticas, por intermedio de motores eléctricos.

No dejaré de mencionar que, sin excluir los frenos continuos vulgares, podría además usarse el freno eléctrico, y señalaré, por último, á título de simple probabilidad, el que tal vez pudiera llegarse á suprimir las paradas en las estaciones intermedias de poca importancia. Para la provisión de agua, hace tiempo que el problema ha sido resuelto de una manera bien sencilla; el combustible sólo requiere reponerse en muy largos trayectos; el caso sería, pues, para los pasajeros. Si en cada estación se contara con un coche automotriz capaz de arrancar con una gran celeridad y de alcanzar una gran velocidad, y si cada tren llevara á la cola otro igual, no sería un imposible disponer que antes de llegar á una estación los pasajeros que debieran bajar pasaran al último coche que, desprendido en el momento oportuno, se pararía sencillamente donde se quisiera.

El coche estacionado, con sus pasajeros á bordo, partiría en el instante preciso, alcanzando al tren y enganchándosele. Seguramente, esta maniobra no es tan fácil de hacer como de decir; pero está muy lejos de parecer imposible, tanto más, cuanto que se estudiarían aparatos y topes apropiados para el acoplamiento, y bien se podría, por un instante, disminuir la velocidad del tren para facilitarla.

En resumen, podría decirse que las ventajas del sistema serían:

Primera. La tracción ferroviaria por locomotora con central eléctrica independiente del tren, marchando delante del mismo y á cierta distancia, reportaría las siguientes ventajas sobre la tracción á vapor en los ferrocarriles:

a) Posibilidad de subir rampas tan fuertes como las que permite la tracción eléctrica con coches automotrices.

b) Velocidad á nivel tan alta como la que permite la misma tracción eléctrica.

c) Posibilidad de la construcción de locomotoras de una potencia muy superior á las actuales, sin aumentar y hasta disminuyendo el peso cargado ahora sobre cada eje motriz y cada unidad lineal de vía.

d) Muy importante economía en la construcción de vías férreas en países ondulados y montañosos.

e) Notable economía de combustible.

f) Fácil transformación de las líneas existentes al nuevo sistema, sin eliminar el actual material móvil.

g) Supresión completa, ó casi completa, de la posibilidad de accidentes ferroviarios, de consecuencias graves para los trenes.

h) Sencillez, facilidad, economía y seguridad en el funcionamiento de señales automáticas.

i) Probabilidad de poder llegar á suprimir las paradas de los trenes en las estaciones de poca importancia.

j) Mayor confort para los pasajeros, por la supresión del humo, chispas, ruido de pitos, etc.

Segunda. El mismo sistema comparado con la tracción eléctrica vulgar, tendría las siguientes ventajas.

a) Costo enormemente reducido de instalación y explotación.

b) Mayor seguridad para los pasajeros.

c) Facilidad y seguridad en el funcionamiento de señales automáticas, que se pondrían en función á la sola aproximación de las locomotoras.

JULIO COMTE RIQUE.

De *La Ingeniería*, de Buenos Aires.

Puerto de Sevilla.

(CONTINUACIÓN)

Parte que falta ejecutar del plan general de las obras de mejora del puerto de Sevilla, de la ría del Guadalquivir y su desembocadura, deducido del proyecto general aprobado por Real orden de 23 de Junio de 1903.

Consideraciones generales que justifican el plan de obras. En virtud de los datos y consideraciones que deben tenerse en cuenta para redactar el plan de obras, expuestos en esta Memoria, visto el plan de obras contenido en el extenso proyecto general de mejora del puerto de Sevilla, de la ría del Guadalquivir y su desembocadura, redactado en 31 de Diciembre de 1902, aprobado por Real orden de 23 de Junio de 1903; dados los caracteres del puerto de Sevilla, completando los que se consignaron al redactar el citado proyecto general, y habida consideración de las experiencias adquiridas, las obras que hay que ejecutar para que el puerto de Sevilla pueda considerarse terminado en la forma que exigen de consuno el modo de ser de los puertos modernos, el importante tráfico actual y el tráfico que, en próximo porvenir, se ha de presentar y la riqueza de la extensa región en que influye este puerto, son las que se incluyen en la siguiente relación: