

Se ha desescombrado naturalmente el emplazamiento del puerto con objeto de conseguir su conclusión, pero subsiste una cierta inestabilidad y no se puede evaluar el costo final más que de una manera puramente aproximada.

A principios de 1918 este ensayo de preparación del suelo emprendido en 700 metros de longitud había costado, próximamente, 150 florines por metro lineal.

La arena para los diques provisionales no podía obtenerse más que con el monzón del Este, y era necesario tener una reserva suficiente de ella que permitiera proseguir los terraplenes durante el período tranquilo del monzón del Oeste.

El director del puerto, ante todas estas dificultades, recurrió a un tercer procedimiento, que consistió en verter detrás de los

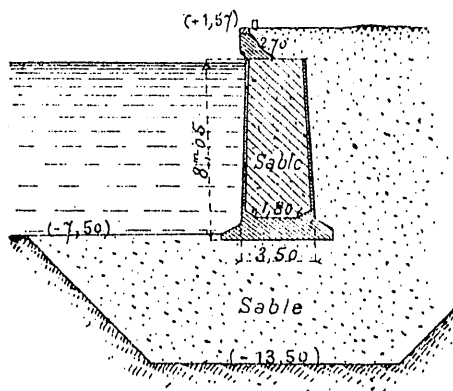


Fig. 7.ª

cajones enrocamientos de corales sobre los cuales se terraplenaba la arena por capas regulares ejecutadas en seco. No se han observado ya perturbaciones inquietantes, pero es necesario decir que el terraplén posterior no está aún en condiciones de soportar serias sobrecargas y que delante del muelle no se tiene, por lo tanto, el calado con el cual se contaba.

*Puerto de Macasar.*—El refuerzo de los muros por medio de macizos ó enrocamientos se ha adoptado con feliz éxito en el puerto de las piraguas de Macasar, complemento del puerto principal construido en 1911.

Aplastamientos inquietantes se habían producido en el terraplén del borde occidental; el deslizamiento de los cajones llegó a un máximo de 23 centímetros y se detuvo. La excavación para construir el macizo empezó en Julio de 1916; hubo entonces algunos movimientos debidos al empleo de aspiradoras para elevar la arena, pero se las sustituyó por dragas de arcaduces. Se pasó la estación de las lluvias sin otro incidente que aplastamientos que no excedieron de 25 centímetros; desde entonces no se ha movido el muro. Los gastos de refuerzo se han elevado a 62.500 florines, ó sean 180 florines por metro lineal.

De un modo general, el macizo de enrocamientos detrás de un muro de muelle sobre suelo compresible es preferible al macizo de arena; presenta un peso específico menor y un coeficiente de frotamiento más elevado, lo que disminuye el peligro de los empujes horizontales.

Después de haber descrito estas diversas obras en las cuales ha desempeñado un importante papel el hormigón armado, M. Wouter Cool, que es Consejero del Servicio de los puertos coloniales y Jefe de la División técnica, ha creído deber mencionar las dudas más recientemente emitidas, principalmente en América, sobre la resistencia del hormigón armado al agua del mar y á la acción del sulfato de cal, y cita en este sentido algunas averías sobrevenidas en los pilotes de las islas Ourust y Kuiper, pero, en cambio, pone de manifiesto la resistencia victoriosa que han opuesto al agua del mar importantes obras de cemento y en último lugar el uso por la Sociedad Holandesa de chalanas de

hormigón armado de 200 toneladas con motores Diesel, empleadas para la construcción de los cajones del puerto de Prisk. Es sobre todo necesario no olvidar—concluye M. A. Goupil—que, para todas las obras de este género, la elección de los materiales, y el cuidado aplicado á su disposición en la obra, son garantías apreciables de duración.

## ELECTRIFICACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES

POR

D. LUIS SÁNCHEZ CUERVO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

(CONTINUACIÓN) (1)

### II.—LA SEGURIDAD DE LA EXPLOTACIÓN.

Un lógico temor que asalta á los Ingenieros encargados de la explotación de ferrocarriles es el de que la sustitución de la locomotora de vapor por la locomotora eléctrica sea motivo de interrupciones mucho más frecuentes en el servicio. Este temor decimos que es lógico, porque á mayor complicación es natural que acompañen mayores probabilidades de avería en uno cualquiera de los escalones ó intermediarios que existen entre la fuente productora de la energía y el tractor que la recibe y transforma. La locomotora de vapor es esencialmente individualista, lleva en sí todo lo necesario para desplegar su actividad. La locomotora eléctrica, que no es creadora de energía, sino simple transformadora de la que recibe, adolece del mismo defecto achacable á toda organización socialista, es decir, la dependencia ó esclavitud que la sujeta al resto de un complejo sistema de generación y distribución de energía.

A las causas de avería inherentes al tractor propiamente dicho vienen á sumarse las que son independientes de él y achacables á la organización ó interdependencia comunal, que en nuestro caso son las que pueden producirse en la central generadora: en las líneas de transmisión, en las subestaciones transformadoras ó convertidoras y en las líneas de alimentación y retorno.

Sólo la experiencia puede decir si tales temores son ó no fundados. Tampoco un fallo definitivo sería posible en esta materia, fallo tal que cerrara las puertas á toda esperanza, aun suponiendo que hubiera hasta el presente deficiencia en la tracción eléctrica bajo este aspecto. Casi un siglo lleva de vida y de sucesivos perfeccionamientos la locomotora de vapor. Con mayor seguridad que en las primeras líneas férreas explotadas con tracción por vapor se han iniciado las líneas eléctricas de servicio urbano é interurbano.

Si la tracción eléctrica en ferrocarriles de interés general, que sólo data de ayer, o reciera en su actuación presente pecados veniales, pecados inlavables, inherentes al sistema—puede afirmarse rotundamente que no los hay—, no sería indulgencia excesiva darla tregua para su perfeccionamiento.

Es difícil procurarse datos exactos y absolutamente sinceros cuando se trata de informarse sobre estas materias. Las Compañías explotadoras guardan siempre prudente reserva, reserva que no es condenable, sino, por el contrario, digna de aprobación por varios motivos.

Además, para dar el debido peso á cada incidente ó acciden-

(1) Véase el número anterior.

te, sería preciso hacer un historial detallado de cada caso, demarcando la parte que corresponde á lo remediable y á lo imprevisto, y dentro de esto último delimitar lo que es atribuible á la impericia y á la inexperiencia.

Por suerte, hemos podido leer un trabajo debido á I. B. Cox, concerniente á la explotación eléctrica del *Utte, Anarconda, & Pacific Railway*, al cual ferrocarril ya hemos tenido ocasión de referirnos en esta Memoria, como significando un paso definitivo en la vía de la electrificación de líneas de gran tráfico pesado.

Es muy raro, como queda dicho, que se den al público datos tan completos é íntimos como los contenidos en el aludido trabajo, por eso nos referiremos con frecuencia á él, explícita ó implícitamente.

Dicha comunicación fué leída ante la *Pacific Coast Convention* de la A. I. E. E., en Spokane, Wáshington, en 10 de Septiembre de 1914

A esta interesantísima publicación nos permitimos recomendar acuda quien estas cuestiones estudie, para recoger datos tan completos como en sitio alguno se hallarían, comparando bajo todos aspectos la explotación eléctrica con la por vapor. Limitándonos al epígrafe que encabeza esta parte de nuestro trabajo aparece allí un detallado cuadro relativo á un mes tomado al azar (Junio 1913 y 1914), que compara los retrasos ó pérdidas de tiempo para los trenes de viajeros con la tracción por vapor y con tracción eléctrica.

Los resultados que de dicha comparación se desprenden para el mes de Junio de 1913 y 1914 se consideran como expresivos de los resultados medios anuales. El resumen de aquel extenso cuadro es el siguiente:

	NÚMERO DE TRENES.....	RETRASOS DERIDOS Á								TOTAL de retrasos por todas las causas.	
		Enlaces.		Energía.		Locomotoras.		Tiempo perdido en marcha		Horas.....	Minutos.....
		Horas.....	Minutos.....	Horas.....	Minutos.....	Horas.....	Minutos.....	Horas.....	Minutos.....		
Vapor (1913).....	272	15	49	»	»	»	44	4	31	0	46
Electricidad (1914)...	280	3	54	»	27	»	24	»	25	5	10
Disminución.....	8(1)	11	55	»	27(1)	»	20	3	48	15	36
<i>Reducción en tanto por ciento debido á la tracción eléctrica...</i>	2,94(1)	75,66				45,45		90,10		75,12	

Este resumen no puede ser más satisfactorio. Como impresión general de la lectura de todo cuanto bajo este aspecto de la seguridad de la explotación se escribe, saca el Ingeniero la consecuencia de que, con horarios muy rígidos y con número de trenes muy superior al que supone la explotación normal de nuestras líneas, la tracción eléctrica nunca es causa de inseguridad superior á la que existe con la tracción por vapor. El mismo período de aprendizaje del personal de los trenes y de las subestaciones es muy rápido. En el caso á que nos hemos referido, lo mismo los maquinistas de los trenes de mercancías que los de viajeros, fueron transferidos de la locomotora de vapor á la eléctrica con sólo una instrucción previa muy ligera, y se los dejó solos casi después de un día de práctica.

(1) Aumento.

### III.—CAPTACIÓN DE LA CORRIENTE.

Cuando se ha llevado la electrificación á los ferrocarriles de interés general, con pesados trenes de mercancías y grandes velocidades en los de viajeros, uno de los problemas técnicos de inaplazable solución consistió en lograr la posibilidad de tomar de la línea la energía necesaria, por medio de los inevitables contactos de deslizamiento ó rodadura, no obstante la enorme potencia á captar y la gran velocidad á que había de lograrse esta captación. Los sistemas de alimentación y de toma de corriente usados en las líneas de tranvía no daban una solución satisfactoria, y su deficiencia principal estribaba en la escasa continuidad del contacto y la consiguiente formación de arcos que destruían rápidamente á la vez el captador y el conductor de contacto. Las vibraciones eran demasiado sensibles y los períodos de vibración de uno y otro eran demasiado distintos, originando un contacto discontinuo y demasiado poco íntimo para las grandes potencias que, por tal contacto, habían de transmitirse.

La solución se ha obtenido—y plenamente satisfactoria—actuando á la vez en la línea y el captador. A la primera, se la ha sujetado en cuanto á la posibilidad de vibrar con amplitud apreciable, sin hacerla perder nada de su flexibilidad en sentido vertical, mediante lo que se llama *suspensión de catenaria*, que consiste sencillamente en colgar el conductor de contacto, no ya de los postes, sino de un cable de acero que en éstos se apoya.

Las péndolas están lo suficientemente próximas para que pueda considerarse el conductor de contacto como perfectamente paralelo á la vía, sin flecha, mientras el cable sustentador afecta una forma intermedia entre catenaria parábola, con flecha muy acusada. Este sistema de suspensión permite también alejar entre sí los apoyos, casi á una distancia media doble de la que requiere la suspensión ordinaria rígida ó semirrígida.

Respecto al captador de corriente, sin entrar en detalles constructivos, puede decirse que, tanto en Europa como en América, se ha suprimido por completo en los ferrocarriles la rueda ó *trolley*, para adoptar el frotador. El armazón tiene la forma de pantógrafo que se extiende verticalmente por la acción de resortes de presión graduable; de este modo se evitan las agujas aéreas y se suprimen totalmente los descarrilamientos aéreos. La maniobra de subir ó bajar el pantógrafo se hace por aire comprimido. Al armazón se une de un modo elástico el frotador propiamente dicho, de muy pequeño peso ó inercia, lo cual permite seguir con toda flexibilidad al hito de contacto en la marcha á gran velocidad, no obstante los movimientos perturbadores que la vía produce al paso por las juntas carriles, etc. El frotador, propiamente dicho, suele ser una barra de cobre blando ó de aluminio (aleada con algo de cobre para darle una mayor dureza), cuya sección es de forma de «V» para colocar en el hueco una mezcla de grafito y grasa consistente. En América se reemplaza con frecuencia el frotador por un rulo ó rodillo del mismo material indicado. Por excepción, en algunas locomotoras europeas se ha usado en vez del armazón tipo de pantógrafo, otro semejante al de las tomas de corriente tipo de arco de los tranvías, disposición que se hace necesaria cuando la línea de contacto varía sensiblemente de altura, por causa de túneles, obras especiales, etc., puesto que el pantógrafo permite una excursión vertical bastante limitada.

Por estos métodos se ha llegado á resolver el problema de tomar de la línea aérea (1) enormes potencias á grandes veloci-

(1) El tercer carril, que permite la captación fácil de grandes intensidades, ha tenido un campo limitado de empleo por razones de aislamiento y también por lo que estriba en túneles, etc., y la complicación que introduce en las estaciones cuando hay muchas vías, agujas, etc.

dades. Un captador del tipo indicado (pantógrafo), provisto de dos frotadores, ha podido tomar de un solo hilo de contacto, hasta 2.000 amperios á la velocidad de 65 kilómetros por hora. Si se pone doble hilo de contacto, la capacidad de captación se eleva á un poco menos del doble. Ya 2.000 amperios á 2.400 voltios, representan casi 6.500 caballos. Para estas fuertes intensidades, se da al conductor de contacto una sección que no es de forma circular, sino ligeramente aplastada por el lado donde ha de hacerse el contacto.

Para un margen amplio de seguridad y de duración del frotador, los ensayos hechos por la *General Electric Company* de Schenectady (Nueva York), muestran que la capacidad de captación de corriente varía con la velocidad, según la escala siguiente, que se refiere á un solo frotador y á un solo conductor de sección circular:

Millas por hora	Corriente en amperios
10	1.200
20	900
30	600
40	450
60	300

Para la asociación de dos frotadores en paralelo, puede adoptarse la regla de multiplicar las cifras precedentes por 1,75. Una locomotora dotada de dos pantógrafos y cada uno de éstos de dos frotadores, puede, pues, captar de un conductor con ligera presión de contacto y la consiguiente larga vida de los frotadores, una intensidad que alcanza á más de 1.500 amperios marchando á 65 kilómetros-hora y de 1.000 á 95 kilómetros-hora, lo cual resulta plenamente suficiente para los casos más extremos.

#### IV.—LA RECUPERACIÓN DE LA ENERGÍA.

Este problema técnico que surge cuando de la tracción eléctrica se trata, resulta muy sugestivo y, dada la fácil reversibilidad del motor eléctrico, desde los primeros años inspiró á los Ingenieros de los tranvías numerosas tentativas. El género de explotación que obligadamente hay que hacer en las líneas urbanas ha impedido llegar á nada práctico en ellas. Además, lo que por recuperación pudiera lograrse con la consiguiente complicación del equipo eléctrico, significa en tales explotaciones una gota de agua comparadamente con la dilapidación de energía que representan los arranques tan frecuentes y con el elevado consumo específico (por tonelada-kilometro) á que obligan los accidentados perfiles longitudinales. Por eso ha quedado todo ello reducido en tales líneas, á utilizar la energía de gravitación en las bajadas en producir, sí, energía eléctrica funcionando los motores como generadores, pero aplicando esta energía á ser absorbida en freno moderador, sea que se disipe en calor al enviar la corriente á resistencias, sea en crear campos magnéticos que actúen como causa de frenado superpuesta á aquella absorción. De este modo se evita desgaste de zapatas y llantas; y se obtiene también un grado de suavidad en la intensidad del frenado, que no sería posible alcanzar por otros medios.

Pero cuando se trata de ferrocarriles, con trenes pesados, con largos recorridos en bajadas ininterrumpidas (líneas de divisoria), especialmente si el tráfico es en su mayor parte á favor de la gravedad, es indudable que puede representar la recuperación una reducción muy considerable en el consumo total de energía. La tracción por corriente trifásica se presta á ello de un modo excepcionalmente fácil, como ya en otro lugar hemos indicado, sin modificar ni complicar en nada el equipo eléctrico. Esta fué la razón de que se adoptara en España este sistema de tracción en la

línea ya mencionada de Górgal á Santa Fe, en la cual bajan los trenes cargados de mineral y suben, prácticamente, descargados. No hemos podido procurarnos datos de los ensayos de recuperación (ignoramos también si en realidad se han llegado á hacer tales ensayos) en la atudida línea.

En Norte-América se electrificó una línea con igual sistema trifásico, para salvar la divisoria de las «Cascade Mountain» en el *Great Northern Railway* (1), y aunque el proyecto afectaba á una longitud de 7 millas del trazado (entre Skyomish y Leavenworth), sólo se electrificó el túnel de la divisoria (14.000 pies de longitud) y sus accesos, con una longitud total de cerca de 6,500 kilómetros. La pendiente del túnel es uniforme ó igual á 0,017, mientras en los accesos hay pendientes de 0,020 y 0,022.

Se hizo un gran número de ensayos para determinar la potencia regenerada en las bajadas. El resumen ó promedio de los resultados, puede cifrarse diciendo que una tonelada de tren (907 kilogramos) bajando por una pendiente de 0,017 á la velocidad de 15 millas por hora, genera una potencia entregada á la línea de 0,67 kilovatios. Como la potencia absorbida es de 103 metros-kilogramos por segundo y la entregada á la línea de 68 metros-kilogramos por segundo, el rendimiento de la regeneración de energía viene á ser de 66 por 100 en las condiciones arriba expresadas.

Si adoptamos como cifras de rendimiento global 0,60, lo mismo cuando se trata de la transformación desde la línea de alta tensión hasta la llanta de las ruedas en los trenes ascendentes, que cuando se trata de la recuperación desde la masa del tren descendente hasta la línea de contacto (2), para una explotación en que hubiera sobre la vía igual tonelaje bruto de trenes ascendentes que descendentes y marchando á igual velocidad, los segundos entregarían á los primeros un 36 por 100 de la potencia que requieren. Si las toneladas brutas de trenes descendentes duplicaran las de los trenes ascendentes, aquéllos suministrarían un 72 por 100 de la energía total necesaria. Si, por último, triplicara el tonelaje descendente al ascendente, podría hacerse, teóricamente, la explotación sin gasto ninguno de energía exterior; la central generadora sería la misma línea férrea con su tráfico descendente.

Se ve, pues, á qué cifras tan atractivas conduce el estudio de la recuperación de la energía en las bajadas. Aunque el sistema trifásico se presta á esta operación con la misma sencillez, no le está vedado lograrlo ni á la corriente continua ni á la monofásica, aunque tal vez con rendimientos algo menores. Es muy poco lo publicado sobre el particular, y puede decirse que el problema está sobre el tapete desde un punto de vista económico.

En la aplicación que más adelante hacemos de nuestro estudio al caso del Pajares, no podemos entrar en el detalle de esta recuperación de energía. Desconocemos la relación en que se hallan el tonelaje bruto descendente y el ascendente, si bien tenemos por seguro que este último supera considerablemente á aquél, dado el carácter del tráfico carbonero que Asturias exporta al interior de la Península. Siguiendo razonamiento igual al empleado líneas más arriba, si el tonelaje descendente fuera una mitad del descendente, la economía que introdujera la regeneración en el consumo de la energía sería de sólo un 18 por 100, cifra que no es despreciable, sino muy digna de tenerse en consideración.

El problema de la electrificación no cabe tampoco encerrarlo

(1) *The electric system of the Great Northern Railway*, por el doctor Cary. T. Hutchinson. American Institution Electrical Engineers.—1910.

(2) Claro es que la energía regenerada por los descendentes se entrega á los trenes ascendentes sin necesidad de llegar á las subestaciones y línea que alimenta ésta.

en límites tan definidos que pueda decirse de una línea que será electrificable si se practica la recuperación, y no lo será en caso contrario, aunque siempre constituya aquélla un ítem agradable de incluir en el haber. Si los gastos correspondientes al consumo de energía representan, aproximadamente, un 45 por 100 de los totales gastos imputables á la tracción, una economía de 10 por 100 en aquel capítulo supone un 8 por 100 de aborro en el total de dichos gastos.

V.—ELECTRIFICACIÓN DEL PAJARES.

Dichas quedan en otro lugar las razones que los han inducido á fijarnos en esta sección de la línea de Asturias. El trozo entre Pola de Lena y Busdongo representa un ejemplo clásico de o que los Ingenieros americanos de ferrocarriles designan con el expresivo nombre de *neck of bottle*, á causa de la laminación á que someten el tráfico.

Para tales casos, el problema de las economías que puede introducir la tracción eléctrica cede el primer lugar al problema de la descongestión. En el actual estado de cosas, la necesidad de ventilar los túneles obliga á un espaciamento mínimo en la sucesión de trenes. Por otra parte, hay necesidad de dejar libre cada día un número considerable de horas (desde las diez de la noche hasta las tres de la mañana) para fines que sería aquí ocioso enumerar ó comentar.

De los datos que han tenido la bondad de facilitarnos en la Compañía de ferrocarriles del Norte, deducimos que un programa que satisfaría las necesidades máximas del presente y dejaría, además, el amplio margen requerido por un próximo porvenir, sería el siguiente:

Programa mínimo (actual explotación máxima):

Horas diarias de servicio (tres mañana á diez noche).....	19
Tonelaje bruto a remolcar por día.....	5.000 toneladas
Máximo peso remolcado por tren (1).....	330 toneladas

Programa máximo (explotación del porvenir alcanzada gradualmente):

Horas diarias de servicio (cuatro mañana á nueve noche).....	17
Tonelaje bruto á remolcar.....	12.000 toneladas
Máximo peso remolcado por tren (doble tracción por cola).....	600 toneladas

Con arreglo á estos datos y partiendo de una velocidad media de 25 kilómetros: horas entre estacionamientos (2), hemos confeccionado los horarios gráficos núm. 1 y núm. 2.

En el primero, los trenes salen con espaciamento de una hora y quince minutos; la duración del viaje entre Lena y Busdongo es de dos horas y treinta minutos, que relacionada á la velocidad media de 25 kilómetros por hora, incluye un margen de próximamente veinte minutos por posibles paradas intermedias en cruces, deceleraciones y aceleraciones al paso de éstos, etc. El número de trenes que pueden hacerse entre las tres horas mañana y las diez horas noche es 15, con carga total arrastrada de 4.950 toneladas (330 por tren).

En el segundo horario se fija en igual duración la subida de Lena á Busdongo. La frecuencia de la salida es de cuarenta y cinco minutos. Entre las cuatro horas mañana y nueve horas no-

che puede hacerse ampliamente 20 trenes, que á 600 toneladas, representan un total de 12.000 toneladas diarias remolcadas.

De los trenes descendentes no nos hemos preocupado, ya que no consumen energía. La marcha de éstos se supeditaría á la de los ascendentes. Pudieran unirse varios trenes descendentes para formar uno solo, aunque esto quizá conduzca á una inmovilización excesiva de las locomotoras y el consiguiente aumento innecesario en el número de éstas. Es posible también que para el horario núm. 2, que corresponde á un tráfico muy intenso, convenga instalar algún apartadero cruce, á fin de evitar cuanto sea posible que los trenes ascendentes tengan que pararse.

No hemos incluido trenes de viajeros, cuya importancia relativa en tonelaje es insignificante aun en el servicio mínimo de mercancías. Su influencia en consumo de energía que hemos de calcular, es muy inferior al margen de amplitud que encierran nuestras hipótesis.

Excepción hecha de cortos trozos en ambos extremos de la línea, la pendiente es casi uniforme ó igual á 0,020 (excluidas estaciones). Del lado de Busdongo hay contrapendientes en unos 2 kilómetros. En planta, el trazado es fuertemente sinuoso; claro está, sin embargo, que las curvas introducen resistencias suplementarias á tracción que sólo representan porcentaje muy reducido de lo que la rampa supone.

Adoptamos condiciones pesimistas con respecto á la realidad, si partimos de las siguientes bases para nuestro cálculo:

Rampa uniforme en toda la longitud, igual á 0,020.

Coefficiente de tracción en horizontal, 0,007 como promedio de curvas y rectas.

Trenes descendentes de consumo nulo en todo el trayecto.

Trenes ascendentes deben arrancar (acelerar) tres veces por cada viaje.

LOCOMOTORA.

Tendrá todo su peso adherente (1).

Con la tracción eléctrica podemos basarnos, sin temor alguno, en coeficiente de adherencia de 0,16, y en él va ya comprendido un margen para aceleraciones en rampa y para el clima duro invernal de la región, vientos fuertes, etc. El peso de la locomotora habrá, pues, de ser de 67 toneladas, ó redondeando, 70 toneladas.

El peso total del tren resulta, en consecuencia, de 400 toneladas.

El esfuerzo de tracción en las llantas es de 10.800 kilogramos y en el gancho de 8.910 kilogramos. Si el tren necesitara alguna vez arrancar en rampa de 0,020 con una reducida aceleración de 0,25 kilómetros por hora, por segundo (alcanzar 25 kilómetros por hora en un minuto cuarenta segundos), el esfuerzo tractor suplementario sería de unos 7 kilogramos por tonelada, lo que elevaría aquellos esfuerzos tractores á 13.600 y 11.520 kilogramos. Esta última cifra es aceptable como ocasionalmente soportable por los enganches, y la primera representa un coeficiente de adherencia de 0,195, alcanzable con toda seguridad en la tracción eléctrica, aun sin empleo de arena en una vía limpia, aunque esté húmeda.

Las condiciones de peso máximo por eje, y por metro lineal de la locomotora á que antes hemos aludido, obligan á prever seis ejes motores repartidos en tres bogías. Cada eje llevaría un motor independiente, suprimiéndose toda biela de acoplamiento.

Respecto á la potencia de la locomotora estará determinada por el esfuerzo de tracción que, de un modo continuo, debe po-

(1) Para velocidades como las supuestas, no se requiere el avantren ó ruedas guiadoras.

(1) Viene fijado por la resistencia de los enganches.

(2) La potencia de la locomotora viene limitada por la carga máxima, para la que están previstos los puentes metálicos. Esta carga máxima es de 14 toneladas por eje y 6 toneladas, promedio por metro lineal de locomotora.

der desarrollar y por la velocidad que hemos fijado. Esta es de 7 metros por segundo y aquél de 10.800, lo que requiere, en las llantas, una potencia de unos 1.000 HP. El rendimiento de la locomotora, desde el captador de corriente hasta las llantas, puede fijarse en 0,80, lo cual eleva la potencia que absorbe á plena carga la locomotora á 1.250 HP. Cada motor sería de 208 HP., lo que entra dentro de la escala industrial. Para acomodarse á tipos normales, había de preverse cada motor de 200 HP. de potencia horaria, y esta potencia es todavía ampliable mediante la ventilación forzada.

Para concretar en todo lo posible nuestro estudio, suponemos que la solución escogida en cuanto al género de corriente fuera la de emplear corriente continua á 2.400 voltios (1). Cada motor sería de 1.200 voltios y trabajarían por grupos de dos en serie, salvo durante el arranque de los trenes.

El horario gráfico núm. 1 muestra que el número de locomotoras en línea para dicho servicio sería de cinco. En el horario núm. 2, el número de trenes en línea es de ocho, cada uno de ellos con dos locomotoras (doble tracción por cola).

#### HORARIO NÚM. 1.—Potencia y consumo de energía.

Cada tren formado por locomotora y las 330 toneladas de carga remolcada absorbe de la línea 1.250 HP. equivalentes á 920 kilovatios, que á la tensión de 2.400 voltios significan una intensidad de 381 amperios, que redondearemos á 390, para tener en cuenta el consumo en el ventilador, compresor de aire, alumbrado, etc.

El rendimiento de la línea de contacto y sus *feeders*, con retorno por la vía, puede fijarse en 0,90; el de las subestaciones, en 0,78. La potencia que cada tren toma en alta tensión de la línea trifásica del proveedor de energía, á la llegada á las subestaciones, será de 1.300 kilovatios.

Según el horario, el número máximo de trenes que simultáneamente absorbe aquella potencia es de dos. La potencia máxima tomada de la línea es, pues, de 2.600 kilovatios.

En el mismo horario hemos dibujado el diagrama de consumo de intensidades tomadas en la línea de contacto. La intensidad es prácticamente constante é igual á 780 amperios, que representa los 2.600 kilovatios en la entrada á las subestaciones:

El consumo de energía en las llantas de la locomotora para el recorrido total ascendente de un tren, es:

$$10.800 \text{ kg.} \times 55.000 \text{ m.} = 2.200 \text{ HP.-hora.}$$

El consumo suplementario de energía debido á cada aceleración desde velocidad nula hasta la de 55 kilómetros por hora, es, próximamente, de 3 HP.-hora, y si hemos partido de dos arranques por tren ascendente, unos 10 HP.-hora por viaje.

Por consumo de energía en el ventilador, en el compresor para los frenos, circuito de control, resistencias, alumbrado, etc., podemos asignar otros 40 HP.-hora por viaje, con lo cual llegamos á un consumo de 2.250 HP.-hora por tren y viaje.

En los quince trenes diarios este consumo se eleva á 33.750 HP.-hora. La aplicación de las cifras convenidas para los rendimientos de locomotora, sistema de distribución y subestaciones, hace subir el consumo diario á unos 61.500 HP.-hora ó 45.260 kilovatios-hora. Incluyendo lo que se gaste en maniobras, en el servicio de viajeros, en alumbrado de estaciones y subestaciones, quizá consumo en alumbrado para la revisión de túneles y trabajos de reparación, así como cualquier otra aplicación eventual, la

(1) El autor del presente trabajo considera éste como la solución indudablemente más ventajosa para el caso de la electrificación de Pajares.

cifra de consumo diario de energía, que habría que pagar al proveedor, puede fijarse en 45 500 kilovatios-hora.

El número de toneladas de peso bruto remolcado, subidas á Busdongo con el indicado consumo de energía, es de 4.950, y el de toneladas-kilómetros de igual género de carga es igual á 272.250. El consumo específico de energía (por tonelada-kilómetro ascendente remolcada) de 167 vatios-hora.

Si supusiéramos que la carga neta que del puerto descende fuese la mitad de la carga neta ascendente, y que para esta última la tara ó peso muerto representa otro tanto (lo cual no está lejos de la verdad), el consumo de energía por tonelada-kilómetro de peso bruto, remolcada en cualquiera de los dos sentidos, sería de 95 vatios hora. Si este consumo específico lo referimos á la tonelada-kilómetro de peso bruto total ascendente (la locomotora incluida), la primera de dichas cifras baja de 167 á 138 vatios-hora. Finalmente, por tonelada-kilómetro de peso bruto que por la línea circula en cualquiera de los sentidos, el consumo de energía es de 77 vatios-hora.

#### HORARIO NÚM. 2.—Potencia y consumo de energía.

El tren está ahora formado por dos locomotoras de á 70 toneladas y 600 toneladas de carga remolcada y empujada, con un total de 740 toneladas. El esfuerzo tractor en las llantas es de 20.000 kilogramos y la potencia correspondiente, 1.865 HP. Esta potencia se eleva á 1.715 kilovatios en la toma de corriente de las locomotoras. A la tensión de 2.400 voltios, esa potencia está representada por 714 amperios, que redondeamos á 720 por las razones apuntadas.

Cada tren ascendente de la composición mencionada toma en la entrada de la línea trifásica en las subestaciones (á través de los rendimientos del sistema de distribución y de las subestaciones) una potencia de 2.450 kilovatios.

En el horario hemos representado el diagrama del consumo de amperios en la línea de trabajo. El número de trenes que simultáneamente se encuentran subiendo es de cuatro, que se traducen por una potencia máxima de 9.800 kilovatios á la entrada de las subestaciones.

La potencia media entregada en las mismas condiciones es de 8.150 kilovatios.

El consumo de energía en las llantas de las locomotoras para el recorrido total de un tren ascendente es:

$$20.000 \text{ kg.} \times 55.000 \text{ m.} = 4.074 \text{ HP.-hora.}$$

El consumo suplementario debido á tres arranques que podemos suponer por viaje ascendente, sumado al que requieren los pequeños ítems enumerados en relación con el horario núm. 1, nos conducen á una cifra total de próximamente 4.150 HP.-hora.

En los veinte trenes diarios que el servicio máximo requiere, el consumo se elevará á 83.000 HP.-hora en las llantas ó 146.000, equivalentes á 107.500 kilovatios-hora, á la entrada de la línea del proveedor de energía en las subestaciones. Redondeando por los consumos suplementarios en otro lugar indicados, podemos aceptar la cifra de 108.000 kilovatios-hora diarios á pagar á dicho proveedor.

El tonelaje bruto remolcado que se sube á Busdongo con este consumo es de 12.000 toneladas, que representa 660.000 toneladas-kilómetro.

El consumo por tonelada-kilómetro de carga remolcada ascendente es de 164 vatios-hora. Por tonelada-kilómetro de peso de tren ascendente, el consumo es de 133 vatios-hora. Por tonelada-kilómetro de carga remolcada en cualquiera de los dos sentidos (si hacemos la misma hipótesis que antes en cuanto á la

relación que guardan los tráficos netos ascendente y descendente) el consumo será de 93,5 vatios-hora. Por último, el consumo específico referido á la tonelada-kilómetro de peso de tren que circula en cualquiera de los dos sentidos, será de 74 vatios-hora.

La pequeña diferencia entre las cifras de 133 y 138 vatios-hora es sólo debida á los redondeos hechos, sucesivamente, en nuestros cálculos relativos á los horarios números 1 y 2. Estos consumos específicos por tonelada kilómetro de tren ascendente debieran ser iguales, aunque quepan diferencias para los otros calculados, que no dependen sólo del perfil y planta, sino también de la división del peso total del tren entre locomotora, tara y carga neta, así como de la relación que existe entre el tráfico neto descendente y el ascendente.

Puede tomarse la cifra de 135 vatios-hora para valor de aquel consumo específico.

Como muestran los diagramas de consumo de corriente, el carácter de la carga es idealmente constante, gracias á que la línea no presenta contrapendientes en su perfil. Es claro que en dichos diagramas se han limado los pequeños picos que representan los posibles arranques y el paso de las curvas para los trenes ascendentes, así como los arranques de los trenes descendentes y las maniobras de las locomotoras en las estaciones terminales de Lena y Busdongo. Estos redientes son de muy poca importancia relativa y además de muy corta duración.

La potencia de 2.600 kilovatios que requiere el horario número 1, aplicada á las veinticuatro horas del día, representa una posibilidad de producción de energía igual á 62.400 kilovatios-hora. Como el consumo diario lo hemos evaluado en 45.500 ki-

lovatios-hora, el factor de carga correspondiente es de 73 por 100.

En el horario núm. 2 la potencia máxima solicitada es de 9.800 kilovatios, que representa una capacidad productora de 235.200 kilovatios-hora en un día. El consumo no ha resultado ser de 108.000 kilovatios-hora; el factor de carga correspondiente es de 46 por 100.

Es posible, si se concede un poco de margen en el período disponible para hacer el tráfico (cuatro horas mañana á nueve horas noche), y tal vez forzando un poco la velocidad, espaciar un poco más las salidas y llegar á sólo tres trenes subiendo simultáneamente; con un consumo prácticamente constante como en el horario núm. 1. Bastaría poder hacer la frecuencia de salida, igual á una hora.

En cuanto al consumo anual de energía, dentro de cada horario, dependerá de que esos máximos representados en los horarios se mantengan durante un número mayor ó menor de días en el año.

Según las bases de juicio que nosotros poseemos, el horario núm. 1, que es por el que empezaría el servicio de explotación con tracción eléctrica, se mantendría prácticamente todo el año y constituiría un punto de partida para ampliaciones graduales, pero inmediatas.

Aquel horario permite subir á Busdongo de 900.000 á un millón de toneladas de carbón al año, y las necesidades actuales de importación de este mineral asturiano hacia el interior de la Península no andan lejos de aquellas cifras.

(Continuará).

## REVISTA EXTRANJERA

### Descensor portátil para el transporte de cajas.

Este descensor—cuya descripción tomamos de *Le Génie Civil*—está constituido por una combinación extremo con extremo de transportadores elementales esencialmente formados de un bastidor metálico ligero y contraventando que soporta un cierto número de rodillos espaciados regularmente, sobre los cuales vienen á colocarse las cajas que se han de transportar. El con-

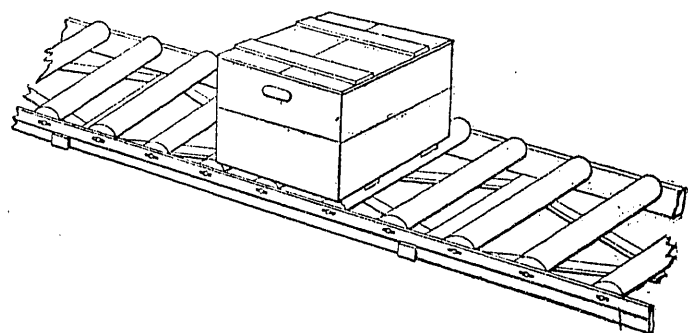
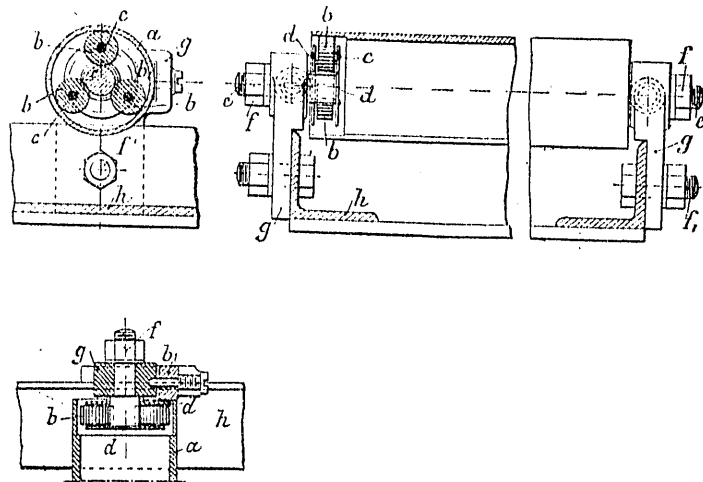


Fig. 1.ª

junto formado por estos elementos, colocados sobre caballetes apropiados, forma un plano de rodamiento ligeramente inclinado sobre la horizontal.

La caja colocada sobre este transportador (fig. 1.ª) tiende á descender por este plano inclinado por efecto de la gravedad. Este movimiento determina la rotación de cada uno de los rodillos sucesivos con los cuales se pone en contacto, y esta rotación, acentuando el movimiento de la caja, hace que el transporte se efectúe automáticamente hasta el final del plano inclinado.

Las figuras 1.ª á 6.ª hacen ver las particularidades de este tipo de transportador que tiene como característica la disposición empleada para facilitar la rotación de los rodillos alrededor de su eje, sin empleo de bolas, y para fijar rápidamente los rodillos sobre los bastidores portadores.



Figs. 2.ª á 4.ª

La rotación del rodillo *a* (figuras 2.ª á 4.ª) por el empuje de la caja que soporta, se efectúa sobre un conjunto de tres ó de varios discos templados y rectificadas *b* que giran locos sobre sus ejes *c* y están solidarizados por fijarse estos ejes entre dos guialderas de palastro *d* (figuras 3.ª y 4.ª). El conjunto formado por las piezas *b, c, d* viene á montarse sobre un árbol *e* que, convenientemente fileteado, se fija, por otra parte, por medio de la tuerca *f*