

sentación del Ministerio se concedió á uno de los Ingenieros más eminentes del Consejo.

La Cámara oficial de Comercio de Barcelona, deseosa de conocer la opinión de los Ingenieros de nuestro Cuerpo, se dirigió á los de la zona de Barcelona solicitando su opinión acerca del establecimiento del tercer carril entre la estación internacional de Portbou y Barcelona, emitiendo la zona dictamen desfavorable á la solución de explotar simultáneamente con material de los dos anchos en una misma vía, porque esto, entre otras dificultades, las ocasionaría muy graves respecto de la seguridad de los pasajeros y del personal ferroviario, á los cuales y á las Compañías podrían irrogarse enormes perjuicios.

Tratándose de líneas nuevas de la región Norte y Nordeste, creemos más conveniente construirlas con el ancho normal de la vía europea; idea que en nuestro sentir debería aplicarse, mediante las formalidades debidas, á las nuevas líneas de los ferrocarriles transpirenaicos, en los que el Estado obtendría desde luego considerable economía en la construcción, no sólo por el menor ancho de la vía, sino también por la mejor adaptación de la línea al terreno muy accidentado en que las mismas se desarrollan.

El Convenio internacional de 18 de Agosto de 1904, firme ya por haberse canjeado en París las ratificaciones, previene en su artículo 3.º que el radio mínimo admisible en las curvas será en los trozos de tracción de vapor de 300 metros para la vía española y de 260 para la vía francesa; siendo respectivamente ese radio de 230 y 200 metros respectivamente cuando se utilice la tracción eléctrica. Además, el art. 5.º del mismo Convenio dispone el establecimiento de dos estaciones internacionales, una en Forges d'Abel para la línea del Canfranc (Oloron á Zuera), y otra al Sur del Salau, para la línea del Noguera Pallaresa (Saint-Girons á Lérida); en cada una de ellas ha de haber las instalaciones necesarias para la explotación y vigilancia del ferrocarril y para el servicio de Aduanas en ambas Naciones; las dos estaciones internacionales de la línea de las Cerdañas (Ax les-Thermes á Ripoll) estarán unidas entre sí por dos vías, una francesa y otra española. Todo esto motivará obras costosísimas y difíciles en terreno escaso y quebrado como lo es el de la región elevada y central de la cordillera pirenaica. Trasladada gran parte de estas instalaciones á Zuera, Lérida y Ripoll, además de ser las obras mucho menos costosas, ofrecerían la ventaja de no estar las mismas tan expuestas á los accidentes meteorológicos que en la vertiente pirenaica y á cotas de 1.200 metros sobre el mar alcanzan proporciones formidables; por otro lado se evitarían los transbordos de viajeros y mercancías en la frontera y quizás pudiera establecerse el servicio de inspección fiscal en el propio tren, como existe ya en el extranjero.

En nuestro mismo país las Aduanas marítimas se consideran ampliadas á la totalidad del puerto, no llevándose al edificio Aduana más que parte de la mercancía preciosa; no juzgamos, pues difícil que, se considere como ampliación de las Aduanas terrestres las vías férreas á ellas afluentes, en beneficio, lo mismo del público que de la Administración, y que pueda hacerse en Zaragoza, Lérida y Barcelona la revisión de vagones procedentes de todos puntos de Europa, provistos de precintos ó con las prescripciones fiscales debidas, con sólo construir una segunda vía de Zaragoza á Zuera y de Barcelona á Ripoll.

La construcción de la doble vía es una aspiración constante de cuantos se ocupan de mejorar las condiciones de seguridad y potencia de transporte de los ferrocarriles españoles; las mismas Compañías la están estableciendo ya en determinados trayectos, circunstancia que podría aprovecharse, sobre todo en las líneas convergentes á Irún y Portbou, para disponer la nueva vía con el ancho de un 1^m,44.

Tampoco debe echarse en olvido que las líneas férreas que surcan territorios accidentados y en los que hay posibilidad de obtener energía hidroeléctrica barata, están llamadas á sufrir una completa transformación (que podría simultanearse con la de la vía) y á utilizar en porvenir no lejano la electricidad, que

va invadiendo todas las manifestaciones de la actividad humana; hay todavía en este punto muchos escépticos, pero mayor era el número de los que no juzgaron hacedero el cambio de tracción en los tranvías y ferrocarriles urbanos.

Todos estos problemas que la índole de este trabajo nos obliga á iniciar tan sólo, demuestran que la determinación definitiva del ancho de vía normal en España es de la mayor transcendencia; no se nos ocultan las dificultades grandes y positivas que durante el período de transformación se presentarían, por el debido respeto que merecen los derechos é intereses creados y porque es sabido que hasta los más grandes adelantos han acarreado sus inconvenientes; pero del propio modo que las demás unidades se van imponiendo en todo el orbe y en la misma Inglaterra, que acabará por admitir el sistema métrico decimal, opinamos que se impondrá más ó menos pronto la unidad de amplitud de vía en los ferrocarriles, llamados de vía ancha, de cada uno de los continentes, é igual concepto tenemos respecto de la unificación de los de vía estrecha. Circunscribiéndonos á nuestra Nación, deseáramos que se estudiara cuanto antes, si es llegado el momento de aceptar, en las líneas nuevas, el ancho de vía normal europea, y acometer luego el problema de la transformación con persistente energía, al objeto de que el país sufra cada vez en menor proporción los graves perjuicios que le irroga el error cometido; error cuya subsanación sera tanto más difícil de corregir, cuanto mayor sea nuestra obstinación en mantenerle.

ENERGÍA NECESARIA PARA LA EXPLOTACION ELÉCTRICA DE LOS FERROCARRILES SUIZOS

En el número 1.585 de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS se dió á conocer la constitución de una Comisión de estudios para la tracción eléctrica de los ferrocarriles en Suiza, así como el programa de los que debía acometer y modo de funcionar. Como primer trabajo de la misma encuentro la siguiente Memoria de su Secretario general, el Profesor Doctor Wyssling, que estimo de gran interés y digna de ser traducida.

El programa adoptado en Mayo de 1904 para los estudios de la Comisión, tiene, como primer objeto y principal, la *determinación de la energía necesaria* para la explotación eléctrica de los ferrocarriles suizos. La importancia de la electrificación de los ferrocarriles de nuestro país no reside en realidad y ante todo en la utilización de ciertas ventajas, de naturaleza puramente técnica, que presta la tracción eléctrica, y que en muchas partes han determinado este modo de tracción (como por ejemplo, la posibilidad de alcanzar mayores velocidades, la facultad de aumentar el tráfico, la ausencia de humo, etc.); la principal razón para Suiza es más bien de orden económico, puesto que se trata de utilizar las fuerzas hidráulicas del país en lugar de importar carbones extranjeros.

Los primeros puntos á resolver son por consecuencia: ¿Cuál es la energía necesaria? Ésta, ¿puede encontrarse en el país? En presencia de las pesimistas afirmaciones enunciadas en los últimos años sobre la cantidad de energía eléctrica disponible, este problema se suscitaba, no solamente entre personas poco versadas en esta clase de asuntos, sino también entre los técnicos, que no podían resolverlo *à priori*, ya que todas las fuerzas hidráulicas no son utilizables para la tracción.

Para evaluar la cantidad de energía necesaria, es necesario tener presente que esto depende en una cierta medida del sistema electro-mecánico que se adopte. En más alto grado todavía, también depende de las necesidades puramente técnicas de la explotación.

Ha podido, sin embargo, obtenerse una idea de conjunto de esta primera parte, relacionando el gasto de energía con la que es necesaria en las ruedas motrices de los trenes, consumo que sólo es función en una pequeña medida del sistema electromecánico adoptado. En cuanto se refiere al servicio de la explotación, será probablemente necesario, sobre todo en los empalmes con las líneas extranjeras, conservar en un principio para la tracción eléctrica las actuales costumbres de la tracción á vapor, por ejemplo, la que se refiere á hacer circular trenes relativamente pesados y poco numerosos, costumbre que habrá que conservar, probablemente, durante bastante tiempo todavía. Si se toman, por tanto, como base las condiciones actuales de explotación, se obtiene con seguridad la cantidad máxima de energía que podía ser necesaria para la tracción eléctrica.

La Comisión ha partido de esta base y ha determinado las exigencias, á las cuales la tracción eléctrica debe satisfacer bajo el punto de vista de la explotación técnica de los ferrocarriles. Después encargó á una Subcomisión, compuesta de electricistas é Ingenieros de nuestras grandes líneas, el estudio completo del asunto. Á su vez la Subcomisión planteó los principios que debían presidir este trabajo y confió la ejecución de los cálculos y estudios parciales al Ingeniero M. L. Thormann, discutiendo luego las conclusiones á que éste iba llegando.

La presente Memoria sigue en sus líneas principales la detallada de M. Thormann.

Ahora, vamos á exponer los datos fundamentales de nuestro trabajo.

Resistencia á la rodadura (coeficiente de tracción).

Esta resistencia, en la que se comprende el conjunto de las fuerzas que se oponen al movimiento uniforme del tren en horizontal, se compone:

a) Del rozamiento por rodadura, y á veces deslizamiento, de las ruedas sobre los carriles, incluso el esfuerzo absorbido por el paso sobre los obstáculos que los carriles pueden presentar por la presencia de cuerpos extraños, por la flexión propia, etc.

b) Del rozamiento de los ejes en sus cajas.

c) Del rozamiento de las pestañas sobre los carriles en las curvas.

d) De la resistencia del aire sobre las superficies frontales de los vehículos y del rozamiento del aire en general contra éstos.

Únicamente las tres primeras cantidades son proporcionales á las masas en movimiento.

La resistencia del aire, por el contrario, no puede conocerse sino por el resultado de experimentos; además, depende, como es sabido, de la composición del tren.

He aquí las experiencias que se han tomado en consideración:

1.º Los ensayos de la *Société pour la traction électrique* hechos en 1902-03 cerca de Zossen, resumidos en la fórmula:

$$\lambda = 0,0052 V^2 F \text{ en kg. por tonelada,}$$

estando V expresada en km. por hora y la superficie frontal del tren, F , en metros cuadrados.

2.º Los ensayos de Davis, en la línea Buffalo-Lockport, (*Street Railway Journal*, 1902), que han dado

$$\lambda = 0,0076 V^2 F \text{ en kg. por tonelada,}$$

valiendo el coeficiente de rozamiento de los ejes 3 kg. por tonelada, y el de rozamiento sobre los carriles 0,04 V próximamente (en kg. por tonelada).

3.º Los ensayos de Barbier en el *Chemin de fer du Nord* (*Revue des Chemins de Fer*, 1898), de los que resulta que un tren de 14 unidades de dos ejes, pesando 160 toneladas, sufre una resistencia total á la rodadura de

$$1,6 - 0,023 V - 0,00046 V^2 \text{ kg. por tonelada.}$$

Debe notarse que en estos últimos ensayos la resistencia del aire sobre la superficie frontal de la locomotora fué determinada teóricamente según la fórmula

$$\lambda = 0,0077 V^2 F.$$

Este último valor es demasiado elevado, según los ensayos muy precisos de Zossen; como la fórmula de Barbier ha sido establecida deduciendo este valor de la resistencia del aire, λ , del hallado directamente por los ensayos, se deduce que las resistencias á la rodadura en los ensayos de Barbier son mayores que los indicados por este autor. Corrigiendo la curva de Barbier (que representa la resistencia total en horizontal y en recta en función de la velocidad), conforme á la observación anterior, no difiere mucho de lo que puede deducirse de las experiencias de Zossen para una composición de trenes análoga á la indicada por Barbier.

4.º Una fórmula ya antigua, dada por Clark, da resultados análogos. En resumen, la resistencia total á la rodadura en kilogramos por tonelada para un tren de 14 unidades de dos ejes y peso de 160 toneladas es de:

Á la velocidad de	Según Barbier (fórmula corregida).	Según los ensayos de Zossen.	Según Clark.
0 km. por hora.	1,5	1,2	2,3
50 » »	4,4	3,9	4,4
100 » »	11,0	10,4	10,2

Otras composiciones de trenes dan, naturalmente, resultados, aunque poco, diferentes; como sucede en el caso particular de vagones sobre carretones, para los cuales la resistencia es sensiblemente más débil.

Excusado es decir que la determinación de las resistencias á la rodadura de cada tren en particular no podía ser tenida en cuenta en el presente estudio. Por esto la curva de la resistencia en kilogramos por tonelada, obtenida en los ensayos de Barbier para trenes de 14 unidades, y corregida, como antes se ha dicho, fué tomada como base de las investigaciones que siguen. Los resultados obtenidos serán evidentemente superiores á la realidad, visto el empleo cada vez más frecuente de carruajes sobre carretones.

El cálculo hubiera sido, sin embargo, muy poco preciso si se hubiese adoptado sencillamente la media de las resistencias á la rodadura, correspondiente á la velocidad media de los expresos, de los mixtos y de los trenes de mercancías, porque los diversos valores de estas resistencias contribuyen con cifras distintas al establecimiento de la media; por esto se ha calculado para una región bastante extensa (primer distrito de los Ferrocarriles federales) el trabajo necesario para la rodadura de cada una de las tres categorías de trenes, aduciendo para ello velocidades próximamente menores en 5 km. que las máximas autorizadas. El trabajo total de rodadura se redujo en seguida al de la tonelada-kilómetro; así resultó un valor medio de la resistencia de 4,3 kg. por tonelada. Los expresos tienen valores que varían entre 5,0 y 6,8 (excepcionalmente 4,5), los mixtos entre 4,5 y 5,0 (por excepción 3), y los de mercancías y discrecionales entre 3,0 y 3,2.

Para la resistencia en las curvas se tomó como base la fórmula universalmente adoptada que da Röckl (*Organ*, 1881):

$$W_c = \frac{650}{R - 55} \text{ kg. por tonelada;}$$

R representa el radio de la curva en metros. De una información resulta que puede adoptarse un radio medio de 1.500 m. próximamente para los Ferrocarriles federales, y de 970 para el Go-

thardo, lo que daría resistencias en curva de 0,5 y 0,7 kg. por tonelada.

Adoptando el último de estos valores, la resistencia total media llega á $4,3 + 0,7$, ó sea 5 kg. por tonelada.

Apropuesta de los Ingenieros de los ferrocarriles, referente á aumentar aún más la seguridad de esta evaluación, se hizo el cálculo con 6 kg. por tonelada, á fin de tener en cuenta circunstancias más desfavorables que las de los ensayos.

Como en el presente estudio se toman siempre como base los datos menos favorables, está permitido afirmar que los resultados obtenidos representan con gran amplitud la energía necesaria para las líneas de ancho normal, y que las necesidades reales serán en todo caso inferiores.

Para los *ferrocarriles de vía estrecha* se ha adoptado una resistencia total á la rodadura de 10 kg. por tonelada, valor que sin duda alguna es también muy elevado.

Si nos hemos evitado en la manera cómo han sido calculadas las resistencias á la rodadura, ha sido con la intención de enseñar con este ejemplo particular que los cálculos no se han hecho de una manera superficial, sino que, por el contrario, se han ejecutado tan exactamente como ha sido posible, y esto, á veces, con gran trabajo.

Trabajo en el arranque.—Trabajo en el frenado.

Teóricamente, el trabajo suministrado á un tren en el arranque hasta hacerle adquirir su máxima velocidad, puede de nuevo utilizarse para vencer la resistencia á la rodadura suprimiendo la fuerza motriz bastante antes de la siguiente parada. La gravedad puede también ser utilizada para el arranque cuando éste tiene que verificarse en una pendiente.

La práctica enseña que sólo cuando la detención deba tener lugar en rampa de cerca del 20 por 100 ó más, puede dejarse parar el tren por sí mismo, si no se quiere que sea excesivo el tiempo transcurrido hasta la parada y el camino recorrido durante la disminución de velocidad; de igual modo sólo en pendiente de aquella inclinación puede utilizarse prácticamente la acción de la gravedad para el arranque hasta las velocidades usuales (hasta 100 km. por hora). Por esto el cálculo de la energía necesaria en el arranque se ha hecho en el supuesto de que el trabajo necesario en el de todos los trenes previstos en el horario debe ser producido enteramente por la corriente eléctrica, sin ninguna deducción por los arranques en pendiente ó las paradas en rampa.

Los valores así calculados aún se han aumentado en un 30 por 100 para los trenes mixtos y de mercancías, y en 110 por 100 para los expresos, á fin de tener en cuenta las variaciones de velocidad durante el trayecto y los arranques imprevistos cerca de las señales ó en los trozos de reparación. Estos aumentos comprenden, además, la energía necesaria para la aceleración de las masas rotatorias del tren, energía que representa sólo un pequeño tanto por ciento del trabajo necesario en el arranque.

Los pesos de los trenes que han servido para los cálculos se han determinado como sigue:

Para los Ferrocarriles federales, el servicio de explotación ha proporcionado los cuadros de carga de todos los trenes; entre

ellos se han elegido los cuadros relativos á los meses de Agosto de 1903 para los trenes expresos y mixtos, y los de Octubre del mismo año para los de mercancías, por corresponder ordinariamente al mes de Agosto los trenes más pesados de la primera categoría, mientras que los más cargados de mercancías son los de Octubre (ocurre, sin embargo, que estos últimos en Agosto no son de los más ligeros).

Resumiendo estos dos valores máximos, se tiene el más elevado posible correspondiente á 1903. Las cargas de tren realmente observadas fueron determinadas para cada trozo de los cuatro distritos de los Ferrocarriles federales de la manera siguiente: para cada número de tren se obtuvo la media de todas las cargas de cada uno de los trenes del mismo número, y después la media de las cargas de todos los números de trenes dió la de la categoría correspondiente (expresos, mixtos y mercancías) en cada trozo.

Se procedió de igual manera para las cargas máximas de cada número, y se dedujo, por fin, de todos los números de una categoría la carga máxima media de la categoría y del trozo correspondiente.

Se añadió en seguida á estas cargas de trenes los pesos de las locomotoras. Para esto se admitió un coeficiente de adherencia de $\frac{1}{4}$ como mínimo y se determinó para la rampa máxima del trozo correspondiente el peso necesario que había que añadir. Este peso corresponde con bastante exactitud al de las locomotoras actuales (sin tender, agua ni carbón). En la tracción por locomotoras eléctricas este peso representaría el de las mismas locomotoras, en cuyo caso los pesos totales de los trenes quedarían iguales. En la tracción por automotores, el peso suplementario del equipo eléctrico puede diferir un poco del peso de las locomotoras, sin que en los resultados tenga influencia notable. Los pesos de trenes así obtenidos se redondearon por exceso.

Se admite además que estos pesos son los mismos en los dos sentidos de la marcha; si este supuesto no es completamente exacto, los errores que de ello resultan desaparecen á causa de la influencia preponderante que tiene la resistencia á la rodadura en los Ferrocarriles federales.

Para el Gothardo, las cargas medias y máximas han sido indicadas por la Dirección de esta línea; se ha deducido el peso de las locomotoras y se han añadido después los pesos de adherencia necesarios determinados como antes. También aquí se ha admitido que las cargas en los dos sentidos son las mismas.

El tráfico de los demás ferrocarriles suizos con tracción á vapor (vía normal y vía estrecha), alcanza sólo un 8 por 100 del de los federales y del Gothardo reunidos; por esto se han limitado los cálculos á los métodos que exigían menos tiempo y complicación; ha bastado comparar la estadística federal de los ferrocarriles en 1902 con las cargas reales de los Ferrocarriles federales y del Gothardo para reconocer que los pesos medios indicados por la estadística deben ser aumentados en un 30 ó 40 por 100 para obtener los pesos de Agosto y Octubre. Este 30 ó 40 por 100 se añadió al peso medio indicado por la estadística, y así se obtuvieron los pesos medios de tren para los meses más cargados.

El cuadro que sigue contiene un resumen de todos los cálculos:

LÍNEAS	Variaciones en el mes más cargado.				DATOS	
	De las cargas de los trenes.			Del peso adherente.	admitidos en los cálculos.	
	Medias — Toneladas.	Medias de las cargas máximas. — Toneladas.	Máximas absolutas. — Toneladas.	Adherencia (según las rampas). — Toneladas.	Cargas medias han servido para el cálculo de la energía). — Toneladas.	Cargas máximas (han servido para el cálculo de la potencia máxima). — Toneladas.
A.—Ferrocarriles federales.						
a).—EXPRESOS						
1.—En recorridos de mucha carga (poco numerosos).....	220 - 250	270 - 320	320 - 480	50 - 80	300 - 350	400
2.—En recorridos de carga media (muy numerosos).....	100 - 240	070 - 290	230 - 480	40 - 60	180 - 300	300
3.—En recorridos de carga poco importante (poco numerosos)..	80 - 110	100 - 160	110 - 260	20 - 60	120 - 180	150 - 200
b).—MIXTOS						
1.—En recorridos de mucha carga (poco numerosos).....	160 - 180	240 - 270	340 - 480	40 - 60	250 - 180	350
	(209) ¹	(380) ¹	(514) ¹	(45) ¹	(350) ¹	(450) ¹
2.—En recorridos de carga media (muy numerosos).....	80 - 210	150 - 270	200 - 380	25 - 40	120 - 200	200 - 250
3.—En recorridos de carga poco importante (poco numerosos)..	50 - 100	80 - 120	80 - 230	20 - 40	70 - 120	150
	(40)	(50)	(5) ¹	(25)	(65)	(75)
c).—MERCANCÍAS						
1.—En recorridos de mucha carga (bastante numerosos).....	270 - 490	420 - 550	500 - 900	50 - 90	350 - 450	600
	(500)	(700)	(900)	(50)	(550)	(750)
2.—En recorridos de carga media (muy numerosos).....	210 - 350	290 - 450	360 - 740	40 - 70	275 - 400	450
3.—En recorridos de carga poco importante (poco numerosos)..	40 - 180	50 - 300	50 - 350	20 - 60	65 - 300	75 - 300
B.—Ferrocarril del Gothardo.						
a).—EXPRESOS						
1.—En casi toda la línea.....	200 - 220	280 - 350	—	50 - 75	300	400
2.—En algunos trozos muy cortos.....	100 - 110	180 - 280	—	30 - 40	150	200 - 300
b).—MIXTOS						
En toda la línea, excepto un trozo accesorio.	120 - 180	240 - 350	—	35 - 65	200	350
c).—MERCANCÍAS						
1.—En recorridos de mucha carga (poco numerosos).....	350 - 380	500	—	60	450	700
2.—En los otros recorridos, excepto un trozo accesorio.....	270 - 350	330 - 370	—	40 - 95	450	500
C.—Otras líneas de ancho normal.						
a).—Expresos.....	—	—	—	—	120 - 175	250
b).—Mixtos (en general).....	—	—	—	—	100 - 175	150 - 250
c) » (algunos casos particulares).....	—	—	—	—	25 - 80	40 - 110
d).—Mercancías (en general).....	—	—	—	—	100 - 150	150 - 250
D.—Líneas de vía estrecha á vapor.						
(TODA CLASE DE TRENES)						
1.—Ferrocarriles réticos.....	—	—	—	—	120	150 - 300
2.—Otras líneas.....	—	—	—	—	40 - 80	80 - 150

¹ Las cifras entre paréntesis se refieren á algunos casos excepcionales.

Los pesos de los trenes de *invierno* son mucho menores en todas las líneas de los Ferrocarriles federales. Varían entre 70 y 85 por 100 de los correspondientes á los meses más cargados (Agosto para los expresos y Octubre para los de mercancías).

Horarios.

Se tomó como base de los cálculos el *horario de verano de 1904* en días laborables (incluso los trenes periódicos), por ser la época más cargada conocida desde el comienzo de los estudios.

Con el objeto de tener en cuenta el incremento de tráfico debido á las mercancías, se añadieron los trenes de mercancías que en realidad circularon durante el mes de Octubre de 1903, tomados de los cuadros de cargas de los Ferrocarriles federales y las comunicaciones enviadas por la Administración del Gothar-

do. Como en esta última línea el número de trenes que van hacia el Sur es mayor que el de los que marchan en sentido inverso, se ha considerado separadamente cada uno de los sentidos del tráfico.

Además, los cálculos se han hecho para un *día de invierno*, según el horario del de 1903-04; para los Ferrocarriles federales se tomaron los trenes que realmente circularon en 1904; para el Gothardo y algunas otras líneas se limitó el trabajo á reducir proporcionalmente las cargas de los trenes de verano.

Establecidas estas bases, pudo ya procederse al *cálculo de la energía necesaria*. Hay que tener en cuenta:

A. La *energía necesaria* para el tráfico durante un tiempo dado, designada por el nombre de *energía total ó efectiva* (ó también de un modo incorrecto por «potencia total» ó «potencia anual»).

B. La *potencia necesaria* al tráfico en un cierto momento, designada á veces con el nombre de *potencia instantánea* (ó incorrectamente por «fuerza momentánea»).

El conocimiento de la energía es indispensable para determinar la cantidad total de agua anual y la potencia media de las fábricas generadoras; además, es necesario conocer los valores *máximos* de la *potencia*, para determinar las dimensiones de las instalaciones de producción de corriente y de las líneas de alimentación (desde el canal hasta el hilo de trabajo) de igual modo que para fijar la capacidad necesaria en los aparatos de acumulación eléctrica ó hidráulica.

Cálculo de la energía necesaria.

El trabajo necesario, *por tonelada de peso bruto*, para SUBIR LAS RAMPAS Y VENCER LA RESISTENCIA Á LA RODADURA se calcula de la manera siguiente:

Si el trabajo consumido para la subida de las rampas pudiese ser recuperado á la vuelta, se tendría como necesario en un viaje de ida y vuelta 2ℓ , llamando ℓ la longitud de la línea en metros, y ρ la resistencia total á la rodadura en kilogramos por tonelada.

Debe notarse que en la práctica, en todos los casos en que la pendiente en tanto por ciento es mayor que la resistencia á la rodadura expresada en kilogramos por tonelada, la fuerza superflua queda destruida por los frenos, se pierde por consecuencia, y debe ser reemplazada cuando el tren marche en sentido contrario.

Si se designa por ℓ , la longitud de los trozos en los que este caso ocurre y por h , la suma de las diferencias de nivel en subidas y bajadas en estos mismos trozos, expresadas en metros ambas cantidades, esta energía perdida se representa por $1.000 h - \rho \ell$, en kilográmetros.

Había, pues, que consumir para subir las rampas y para la resistencia á la rodadura un trabajo de

$$A_p + h = 2\rho\ell + 1.000 h - \rho\ell, \text{ (en kilográmetros)}$$

para un trayecto de ida y vuelta.

Con esta fórmula se ha calculado este trabajo *por tonelada transportada*, tomando como base las longitudes ℓ , h , y ρ , dados por los perfiles longitudinales. Siempre que la ida y vuelta de trenes aislados debía calcularse por separado, se empleó una fórmula semejante. La energía que queda libre en las bajadas (que se destruye por la acción de los frenos, pero que por disposiciones particulares puede ser recuperada), de importancia muy especial para la tracción eléctrica, se expresa por la fórmula

$$A_r = 1.000 h - \rho\ell, \text{ (en kg. por tonelada)}$$

y ha sido calculada en cada caso particular.

En cuanto al TRABAJO DE LA ACELERACIÓN que se suma al de movimiento del tren, nos referimos á lo dicho más arriba.

Las MANIOBRAS EN LAS ESTACIONES exigen además un trabajo suplementario que ha sido calculado para todas aquellas en donde hay máquina de maniobras. (Las maniobras en las estaciones en que no hay locomotoras especiales para este servicio son de tan poca importancia que pueden despreciarse al lado de los diferentes redondeos por excesos que se han hecho.)

El número de máquinas de maniobras y sus horas diarias de servicio son conocidas; basándose en el principio experimental

de que una hora de maniobras representa unos 6 km., que exigen cada uno 10 kg. de carbón, se determinó el gasto total de combustible por este concepto; admitiendo, además, un consumo de 2 kg. de carbón por cada caballo-hora suministrado, se pudo finalmente calcular el número total de caballos-horas exigidos por este servicio. Como en realidad este sumando sólo representa una pequeña parte de la energía total puesta en juego, este procedimiento aproximado es suficiente con amplitud.

La CALEFACCIÓN Y ALUMBRADO DE LOS TRENES, que sólo á veces aprovechan la energía producida por las actuales locomotoras, deberán, por el contrario, ser suministrados completamente por la corriente en el caso de ser eléctrica la tracción. Para el cálculo de este consumo se ha partido del número de asientos para viajeros. Esta cifra ha podido ser determinada con una suficiente aproximación según el número y peso de los vehículos, admitiendo por una parte y según estadísticas que la tara de los carruajes se eleva á $\frac{1}{4}$ de tonelada por asiento disponible, y por otra que según la experiencia el número de asientos está expresado por la mitad del peso del tren; cada tonelada de tren puede, pues, contarse como dos viajeros. Como es natural, han servido de base para el cálculo los pesos de los *trenes de invierno*.

Para la CALEFACCIÓN puede admitirse una potencia gastada de 0,156 kw. por asiento, según los experimentos hechos en el ferrocarril eléctrico de Friburgo á Morat, en el que 7,5 kw. bastan para carruajes de 48 asientos. Admitiendo que el funcionamiento de los aparatos de calefacción dura siete horas al día, que es la mitad del tiempo total de servicio de un coche, se deduce que, por asiento, es necesario suministrar al día una energía de

$$\frac{0,156 \times 7}{0,736} = 1,48 \text{ por caballo-hora}$$

ó sea, en cifras redondas, 1,5 caballos-hora.

Para el *alumbrado*, se ha supuesto una intensidad de 2 bujías por asiento, lo que es superior á la media actual, y esto representa para las lámparas ordinarias una potencia de 7 watios; como además los Ferrocarriles federales acusan un rendimiento medio de 0,3 para este alumbrado, se deduce que cada asiento exige una potencia de

$$\frac{0,007}{0,3 \times 0,736} = 0,031 \text{ caballos-hora,}$$

lo que supone para un alumbrado de ocho horas diarias un trabajo de

$$0,031 \times 8 = 0,25 \text{ caballos-hora próximamente.}$$

Los *resultados de todos los cálculos de energía* se consignan en una serie de cuadros que indican para cada uno de los trozos de una misma línea, diferentes en su modo de explotación, la longitud de los recorridos, el peso medio de los trenes y número de trenes de cada categoría, las toneladas transportadas, el trabajo necesario por tonelada y por recorrido, el trabajo eventualmente disponible en pendiente, el número de arranques y el trabajo total por rodadura que resulta por tonelada-kilómetro. Para dar una idea del detalle de estas operaciones, diremos que la línea Ginebra-Berna se ha dividido en los trozos siguientes: Ginebra-Morges, Morges-Lausana, Lausana-Palezieux, Palezieux-Romont, Romont-Friburgo, Friburgo-Berna.

El cuadro siguiente da un resumen de los resultados obtenidos:

Datos relativos á la energía necesaria á los ferrocarriles explotados en Suiza en un día laborable de verano.

REDES	Trenes- kilómetros.	Toneladas- kilómetros.	Energía en caballos-horas en la llanta de las ruedas motrices.				
			Para las rampas y la resistencia á la rodadura.	Á recuperar eventualmente	Para el arranque.	TOTAL	Por tonelada- kilómetro.
Ferrocarriles federales.—Primer distrito.....	20.978	6.023.400	160.265	(28.260)	59.725	219.990	0,0365
— Segundo —	21.252	6.337.300	181.980	(47.374)	57.170	239.150	0,0376
— Tercer —	27.121	7.627.600	190.570	(21.500)	87.615	278.185	0,0377
— Cuarto —	12.190	3.355.500	85.870	(10.985)	38.920	124.790	0,0372
Ferrocarriles federales y líneas explotadas por los mismos. Total.	81.541	23.343.800	618.685	(108.119)	243.430	862.115	0,0370
Gothardo.	12.830	4.550.400	158.180	(57.044)	17.475	175.680	0,0386
Líneas secundarias de ancho normal.	11.755	1.392.490	50.505	(19.613)	15.230	65.735	0,0472
— de vía estrecha á vapor.	7.635	749.880	45.325	(16.826)	4.040	49.365	0,0658
Total general de las líneas de vapor.	113.761	30.036.570	872.695	(201.602)	280.175	1.152.895	0,0384
<i>Detalle de las vías estrechas á vapor.</i>							
Ferrocarriles rheticos.	3.174	367.100	20.195	(6.601)	2.250	22.450	0,061
Línea del Brünig.	1.185	151.900	10.895	(4.340)	1.035	11.930	0,078
Otras líneas.	3.276	230.880	14.235	(5.885)	755	14.985	0,065

Energía suplementaria diaria para el servicio de maniobras en las estaciones.

Ferrocarriles federales.	—	—	—	—	—	41.800	—
Gothardo.	—	—	—	—	—	2.340	—
Líneas secundarias de ancho normal.	—	—	—	—	—	750	—
Líneas de vía estrecha (ferrocarriles rheticos).	—	—	—	—	—	300	—
Total.	—	—	—	—	—	45.190	—

Resulta para la energía necesaria en un día de verano para el conjunto de los ferrocarriles suizos de vapor, medida en las llantas de las ruedas motrices, las siguientes cifras: para la tracción según horario, 1.150.000 caballos-horas próximamente; los ferrocarriles federales y las líneas por ellos explotadas forman los $\frac{2}{3}$ de este número; los Ferrocarriles federales con el Gothardo reunidos el 90 por 100; mas es necesario añadir para maniobras en las estaciones 50.000 caballos-horas, lo que da un total de energía necesaria de 1.200.000 caballos-horas.

En verano la calefacción es nula y el alumbrado insignificante.

Los resultados anteriores conducen á las siguientes consideraciones:

Admitiendo un sistema de explotación que no permita ninguna recuperación de energía en las pendientes, debe suministrarse diariamente 1.200.000 caballos-horas en las llantas de las ruedas motrices. En cuanto al trabajo que deben suministrar las estaciones centrales, depende del sistema adoptado y de su rendimiento. Este sistema no puede todavía ser determinado por el momento, pero puede, sin embargo, preverse que, incluso con el sistema menos ventajoso, debe de ser posible obtener un rendimiento total medio de 45 por 100 entre el trabajo utilizable en las llantas y la energía suministrada por las turbinas de las estaciones primarias. Hagamos el cálculo con el 40 por 100 únicamente. Parécenos que este rendimiento tiene en cuenta ampliamente las pérdidas que se produzcan en el sistema por corriente alternativa con triple transformación (elevación de la tensión en la estación central, descenso de la tensión en los hilos de tra-

bajo y nuevo descenso en el coche-motor) ó en el sistema trifásico con transformación en continuo y baterías de acumuladores. Las turbinas deberán, portanto, suministrar diariamente 3.000.000 de caballos-horas.

Despreciando, por ahora, las reservas hidráulicas á constituir durante las diferentes estaciones del año, y considerando el gasto de verano como el mayor de los que pueden producirse, estos 3.000.000 de caballos-horas exigirían UNA POTENCIA CONTINUA DE 125 000 CABALLOS DURANTE VEINTICUATRO HORAS AL DÍA.

Parece que las fuerzas hidráulicas actualmente disponibles en Suiza exceden de estos 125.000 caballos. Uno de los proyectos recientemente estudiados sería por sí solo capaz de suministrar el $\frac{1}{2}$ de esta potencia; pero es preciso no olvidar que las fuerzas hidráulicas no están repartidas en Suiza de suerte que estén todas próximas á los sitios de su utilización, y que, además, como ya se verá con mayor detalle más adelante, no todas las fuerzas hidráulicas convienen para la tracción eléctrica; por otra parte, los saltos inmediatos á la frontera no parecen propios para ser utilizados en el servicio de los ferrocarriles. No está de más, portanto, el buscar los medios de reducir la potencia necesaria. En particular, el estudio de la recuperación de la energía en las pendientes se impone.

Recuperación de la energía en las pendientes.

Los cálculos hechos demuestran que de los 1.200.000 caballos horas necesarios para el tráfico en un día de verano, cuando menos un sexto, ó sean 200.000 caballos-horas próximamente, serían recuperables en el caso de un sistema de tracción perfecto bajo este aspecto, lo que representaría una economía sensible. Pero es preciso notar que esta recuperación no tendrá en

todas partes la misma importancia. En la línea del Brünig, en los ferrocarriles réticos, en el Gothardo, la energía disponible de este modo sube teóricamente á *un tercio* del trabajo total, mientras que en el conjunto de la red de los Ferrocarriles federales la proporción es de *un octavo* y desciende hasta *un décimo tercio* en el tercer distrito. Si además se tiene en cuenta que la recuperación introduce siempre complicaciones y que nunca puede llegar á dar resultado completo, se reconoce que la ventaja proporcionada sólo tiene influencia secundaria, ó únicamente en ciertas líneas, en la elección del sistema de tracción

que debe aplicarse; el beneficio á realizar por este solo hecho será en todo caso relativamente mínimo.

La DISMINUCIÓN DE GASTO EN INVIERNO es importante. Como se ha visto antes, la energía necesaria para los ferrocarriles ha sido calculada, no solamente para un día de verano, sino también para otro de invierno. El resultado es muy inferior en este último caso; mas hay, por el contrario, que añadir el gasto de alumbrado y calefacción.

El cuadro siguiente contiene algunos datos relativos á este punto.

Datos de la energía necesaria en un día de invierno para la tracción, calefacción y alumbrado de los trenes.

REDES	Toneladas-kilómetros.	Energía necesaria en las ruedas motrices en caballos-horas.				Energía necesaria para la calefacción y alumbrado.	Energía total.
		Rampas y resistencia á la rodadura.	Recuperación	Arranque	Totales.		
Ferrocarriles federales.....	16.028.900	430.625	(67.930)	160.055	590.680	81.755	672.435
Maniobras de las estaciones.....	—	24.000	—	16.000	40.000	—	40.000
Gothardo.....	3.050.000	107.100	(38.000)	11.900	119.000	11.200	130.200
Líneas secundarias de ancho normal.....	926.700	33.290	(12.155)	10.245	43.535	10.585	54.120
Total de las líneas de ancho normal.....	20.005.600	595.015	(118.085)	198.200	793.215	103.540	896.755
Líneas de vía estrecha.....	393.130	21.910	(7.725)	2.060	23.970	6.340	30.310
Total general.....	20.398.730	616.925	(125.810)	200.260	817.185	109.880	927.065

Como se ve, el trabajo de tracción propiamente dicho no asciende en invierno sino á los tres cuartos próximamente del total del verano; esta relación baja en algunas líneas al 50 por 100 (en el Brünig al 25 por 100), si bien sube en varios casos al 90 por 100.

Si se añade á esto la calefacción y alumbrado, que llega á ser por término medio del 13 por 100 del gasto de tracción, se encuentra que el gasto de invierno es el 77 por 100 del de verano. Nótese que este valor no es un mínimo, porque se ha elegido un *día laborable* (el mínimo se produce los domingos á causa de que el servicio de mercancías se suprime en estos días).

Supondremos en lo sucesivo que las fuerzas hidráulicas disponibles son susceptibles de reservas de agua suficientes para vencer las diferencias de energía que se presenten en invierno y en verano. El establecimiento de estas reservas se impondrá por sí mismo para obviar las *variaciones de potencia* necesarias,

á la vez que para compensar la variabilidad de los cursos de agua en las diferentes estaciones.

Desde el momento en que se supone que estas reservas existen, bastará tener en cuenta únicamente la *media anual de la energía diaria* necesaria, ó con más brevedad, de la ENERGÍA ANUAL. He aquí la manera cómo se ha determinado esta cantidad. Se ha tomado como base el tráfico real expresado en toneladas-kilómetros por año, obtenido tomando la media entre el tráfico de un día laborable de verano y otro de invierno y deduciendo el 7 por 100 por la supresión del servicio de mercancías los domingos (suponiendo este tráfico de mercancías como el 50 por 100 del total). La energía consumida por el alumbrado y calefacción se cuenta como el tercio de su valor real en un día de invierno, lo que supone admitir por año 120 días completos de calefacción y alumbrado. El cuadro que sigue da el resumen de los cálculos.

Datos de la energía media necesaria en un día para la tracción, calefacción y alumbrado de los trenes.

REDES	Toneladas-kilómetros.	Energía necesaria en las ruedas motrices en caballos-horas.				Energía necesaria para la calefacción y alumbrado.	Energía total.
		Rampas y resistencia á la rodadura	Recuperación	Arranque.	Totales.		
Ferrocarriles federales.....	18.030.000	476.500	(82.400)	189.500	666.000	27.300	693.300
Maniobras en las estaciones.....	—	27.000	—	18.000	45.000	—	45.000
Gothardo.....	3.460.000	121.000	(43.200)	13.500	134.500	3.700	138.200
Líneas secundarias de ancho normal.....	1.061.400	38.145	(14.785)	11.780	49.935	3.540	53.475
Total de las líneas de ancho normal.....	22.551.400	662.655	(140.385)	232.780	895.435	34.540	929.975
Líneas de vía estrecha.....	526.710	30.755	(11.030)	2.860	33.615	2.175	35.790
Total general.....	23.078.110	693.410	(151.415)	235.640	929.050	36.715	965.765

Como se ve, comparando los dos cuadros anteriores, el *trabajo medio de tracción* expresado en toneladas-kilómetros representa en las líneas de ancho normal el 78 por 100 y en las de vía estrecha el 68 por 100 del trabajo de un día de verano.

El *trabajo diario medio* expresado en caballos-horas alcanza el 80 por 100 del de un día de verano y el 105 por 100 del de uno de invierno.

Los 966.000 caballos-horas del último cuadro representan, calculando por exceso, 2.400.000 caballos-horas á suministrar por las turbinas de las estaciones centrales, lo que corresponde á una POTENCIA PERMANENTE de 100.000 caballos en las turbinas.

Á continuación se presenta un cuadro que indica la *relación de las energías accesorias y la que eventualmente sería recuperable á la energía empleada únicamente para la tracción*.

Velocidades admitidas en kilómetros por horas en rampas de

	0/00	5/00	10/00	25/00	55/00
Vía normal en general:					
Expresos.....	80	67	56	40	—
Mixtos.....	70	56	45	30	—
Mercancías.....	50	40	31	20	—
Gothardo:					
Expresos.....	75	60	51	40	—
Mixtos.....	55	46	40	30	—
Mercancías.....	40	34	29	20	18
Vía estrecha:					
Toda clase de trenes.....	40	36	31	20	—

Potencia necesaria y en particular su máximo.—(Potencia instantánea máxima.)

La determinación de la potencia exigida por las diversas redes y trozos de ella no es útil solamente para el estudio de las centrales hidráulicas, sino también para el de las canalizaciones eléctricas. Por ahora sólo nos ocuparemos aquí de las fuerzas hidráulicas.

Véase de qué modo se ha procedido:

Un *baremo de velocidades según las rampas* fué establecido, correspondiente, poco más ó menos, á las que pueda alcanzarse actualmente con la tracción á vapor en circunstancias favorables; este baremo, representado gráficamente por cubos, indica aproximadamente los valores dados por el cuadro siguiente:

	Energía consumida por la calefacción y el alumbrado	Energía eventualmente recuperable (1).		
		Fuerza viva	Frenado en las pendientes	Totales.
Día laborable más cargado de verano:				
Vía normal.....	—	25,7	16,0	41,7
Vía estrecha.....	—	28,2	33,6	41,8
Media general.....	—	24,8	16,7	41,5
Día laborable de invierno:				
Vía normal.....	13,0	25,0	14,9	39,9
Vía estrecha.....	26,5	8,6	32,3	40,9
Media general.....	13,3	24,4	15,3	39,7
Día medio:				
Vía normal.....	3,9	25,9	15,7	41,6
Vía estrecha.....	6,4	8,5	32,7	41,2
Media general.....	4,0	25,3	16,3	41,6

(1) En % del trabajo de tracción (rampas, rodajes y arranque).

Según estas velocidades y los valores admitidos antes para la resistencia á la rodadura, se construyó el *diagrama de las potencias para un tren de 100 toneladas*, es decir, un gráfico en que se representa, para cada categoría de trenes, la potencia en función de la rampa.

Según este primer diagrama, se pudo establecer para cada trozo de línea y cada categoría de tren un *diagrama de trenes* para uno de 100 toneladas, tomando el tiempo como abscisa; la potencia en caballos se llevó como ordenada sobre el horario gráfico, y esto en el supuesto de que el tren marchase en cada trozo á la velocidad admitida para la *rampa máxima* de dicho trozo. Esta hipótesis simplificadora puede, evidentemente, ser adoptada para el cálculo de la *potencia máxima*, puesto que esta es necesaria realmente en ciertos momentos; se sobreentiende, por el contrario, que la *potencia media* que se obtendría superfiendo este diagrama de los trenes sería mucho mayor que la real.

Llevando sobre el horario gráfico los diagramas de *todos los trenes* que circulan en un día por la línea considerada, se obtiene, por último, el *diagrama de cada trozo para un tren de 100 toneladas*.

Este trabajo se hizo sobre el horario de 1904, teniendo en cuenta todos los trenes periódicos ó discrecionales. Tomando en seguida de los cuadros de cargas de los trenes de los Ferrocarriles federales los *pesos máximos* (de Agosto para los trenes de viajeros y de Octubre para los de mercancías), de cada número de los trenes se construyó un *diagrama de las potencias en cada trozo*, adicionando cada diez minutos (y á veces con intervalos más cortos) las potencias exigidas por todos los trenes en circulación. Para las líneas extrañas á los Ferrocarriles federales se partió de los pesos máximos indicados en los itinerarios de servicio.

Se admite también que los trenes se siguen á la distancia que el bloqueo permite. En las pendientes hasta de 6 por 100 se hace el cálculo como si fuese horizontal; en las superiores se admite que el movimiento se obtiene sin consumo de energía.

No se ha tenido cuenta especial de la potencia necesaria para la *aceleración*; en efecto, con las aceleraciones actuales de 0,10 á 0,15 m. por segundo puede considerarse que esta potencia está cubierta con exceso al suponer que cada tren desde su salida exige la potencia necesaria para la *rampa máxima* del trozo en que circula.

En resumen, todas las hipótesis hechas deben dar potencias máximas, más bien superiores que las necesarias en realidad.

Se ha podido en seguida proceder á la confección de los *diagramas de potencia* de cualquier red, con sólo sumar las ordenadas en un mismo instante. Resultó, naturalmente, que cuanto más extensas eran las redes, más regulares resultaron las curvas de potencias.

Para poderlas utilizar luego en el cálculo de las redes de distribución eléctrica y el de las máquinas de las estaciones centrales, fué preciso dibujar los diagramas de potencia de todos los trozos. En efecto, en la futura ejecución de la tracción eléctrica, y según la distribución geográfica de las fuerzas hidráulicas disponible, convendrá suponer un punto de alimentación á cada grupo de trozos, y á cada central el servicio de un cierto número de estos puntos de alimentación.

El conjunto de los ferrocarriles suizos fué dividido en un cierto número de redes (unas 140), para cada una de las cuales se determinó el diagrama de potencias, basándose en el trabajo diario total y por consiguiente en la *potencia media necesaria en veinticuatro horas por día*.

La *relación* entre la potencia máxima y esta «potencia media» varía en la generalidad de los trozos entre 7 y 12; para un bastante número llega á 15 ó 20 (37 como máximo). Por el contrario, los casos en que esta relación baja hasta 6 son bastante numerosos, y en algunas líneas aisladas, y en el Gothardo principalmente, descende hasta 4 y 3,2 para los trozos en rampa relativamente largos.

Se reconoce por estos cuatro datos que las *fluctuaciones de la potencia* exigida son muy considerables.

Agrupando en una pequeña red un conjunto de trozos que arranquen de uno de los futuros puntos de alimentación, se reconoce que las fluctuaciones no son mucho más débiles. Tómese, por ejemplo, la red de Etzwylen, compuesta de cinco secciones que miden 161,34 km. en conjunto. El diagrama presenta durante las veintidós horas que dura el servicio diario una potencia *media* (referida á veinticuatro horas) de 1.517 caballos y presenta *veinticinco* máximos y mínimos, mientras que la potencia *máxima* de la misma red se eleva á 10.500 caballos (lo que representa 6,9 veces la potencia media). La mayor fluctuación de la potencia representa próximamente el 60 por 100 de la potencia máxima. Los trozos de que se compone esta red, tomados de uno en uno, tienen máximos que alcanzan al *décuplo* de su potencia media; la suma de estos máximos se elevaría á 14.050 caballos. Los máximos de las diversas secciones al no producirse simultáneamente, hace que la reunión en una sola red reduzca al máximo de 14.050 á 10.500 caballos, lo que supone una ventaja que se representa por la relación 10 : 6,9.

Sumando á la red de Etzwylen la de Wil (187,9 km.) y de Rorschach (89,3 km.) se obtiene otra de 439 km., correspondiente próximamente al 4.º distrito de los Ferrocarriles federales, disminuido de la línea Altstätten-Coire, pero aumentado, por el contrario, en las líneas secundarias de la región. La relación de la potencia máxima á la media (siempre tomando un período de veinticuatro horas) cae entonces á 5, y la mayor variación sólo llega á 35 por 100 de la potencia máxima (excepuando la brusca variación que se produce al comenzar y terminar la diaria explotación).

Comprobaciones análogas pueden hacerse en todas las redes de parecido desarrollo (unos 30.000 caballos de potencia máxima en las ruedas motrices).

No sería posible frecuentemente componer redes más extensas dependientes de una sola estación generadora; el examen de los trabajos ya hechos permite deducir que tampoco lo será conseguir bajar á menos de 5 la relación entre la potencia máxima y la media; debe, pues, considerarse esta relación como el límite inferior de lo que podrá conseguirse en este concepto.

Instalación de las centrales generadoras.

Los resultados expuestos, tomados del trabajo del Ingeniero M. Thormann, podrían servir de base al estudio de las instalaciones para la fuerza motriz y la distribución. Van á deducirse en seguida algunas conclusiones.

Las fábricas centrales deberán ser capaces de soportar *enormes variaciones* en el consumo; aun reuniendo las líneas en redes extensas alimentadas por centrales hidráulicas tan potentes como sea posible, las máquinas y el conjunto de las instalaciones deberán poder suministrar el *quintuplo* de su potencia media. En redes de poco desarrollo, para las que las centrales serán relativamente pequeñas, y en las estaciones de transformación, sucederá fácilmente que las potencias máximas se eleven al *décuplo* de la potencia media.

Se comprende que no hay posibilidad, en el estado actual de cosas (y quizás para siempre), de conseguir equilibrar las potencias exigidas á las centrales empleando baterías de acumuladores. Se llega, por tanto, á imponer á las fábricas generadoras y á sus reservas hidráulicas la obligación de acudir á las variaciones de la potencia; esto limita la elección de emplazamiento de las centrales entre los que se hallan situados en las proximidades de los lagos, porque no es posible pensar, bajo el punto de vista económico, en hacer instalaciones en donde se dejase correr, inútilmente y sin ser utilizada, el agua en exceso en los instantes de carga media. Este último género de centrales no puede, pues, ser empleado sino en conexión con instalaciones que posean reservas hidráulicas. Como, por otra parte, la instalación de

reservas no puede hacerse económicamente sino con grandes saltos, estos son los que convendrá utilizar especialmente.

En los casos en que no se puedan establecer embalses en la proximidad de las centrales, será preciso intentar crear reservas indirectas por medio de motores eléctricos, bombas ó depósitos de gran caída situados á alguna distancia.

Vamos á intentar darnos cuenta, superficialmente cuando menos, de la potencia total de los saltos necesarios. Puede admitirse como primera aproximación que el rendimiento es próximamente el mismo con la mayor carga que con la potencia media, es decir, que es igual al supuesto anteriormente en el cálculo de la *energía*. En efecto, el rendimiento de los motores, de la regulación y de los transformadores es mayor con una gran carga que á potencia media, mientras que en las canalizaciones eléctricas sucede lo contrario.

Aquí también puede adoptarse un rendimiento de 45 por 100 para la transmisión desde las turbinas hasta los carriles, incluso en el caso de un sistema muy desventajoso, tanto más cuanto que puede admitirse que la presencia de los acumuladores eléctricos no produciría cambios notables en esta relación; pero sólo se ha calculado un 40 por 100 como en la primera parte de esta Memoria; además se acepta la relación de *cinco* entre la potencia máxima y la media.

Los 100.000 caballos de potencia media representan 500.000 caballos como potencia total de las turbinas en las estaciones centrales; estos 500.000 caballos se emplearían íntegros unos $4\frac{3}{4}$ horas al día, por término medio ($24\text{ h} : 5 = 4\frac{3}{4}$). Esto en la hipótesis de grandes centrales generadoras; si fuese necesario funcionar estas fábricas, sería también preciso multiplicar los 100.000 caballos por un número mayor que cinco.

Si la recuperación de las pendientes llegase á poderse hacer prácticamente, la *utilización* de la potencia máxima disminuiría, aunque no mucho; sólo se encontraría beneficio en la energía diaria ó anual.

Las enormes fluctuaciones de la potencia influyen muy desfavorablemente en la instalación de las centrales y de las máquinas; limitan la elección de las fuerzas hidráulicas y aumentan sensiblemente el capital necesario. Á pesar, pues, de parecer que la energía necesaria para la tracción eléctrica se halle disponible con amplitud en Suiza, conviene vigilar atentamente los saltos aptos para este uso y hacerse á tiempo con ellos.

J. J. L.

NUEVA ESTACION DEL FERROCARRIL DEL NORTE EN VALENCIA

POR

D. MANUEL BALLESTEROS

Ingeniero de Caminos, del Servicio Central de vis y obras de la Compañía de Caminos de hierro del Norte.

En 1851 se dieron principio á las expropiaciones de los terrenos necesarios para la actual estación de Valencia, con motivo de la concesión otorgada en 11 de Noviembre de 1850 á D. Próspero Volney, de la primera línea férrea que se construyó en aquella región, con la denominación oficial de *Ferrocarril desde el mar á San Felipe de Játiva pasando por Valencia*, llamado vulgarmente *de Játiva al Grao*. En 1858 fué otorgada la concesión de la línea de Valencia á Tarragona, y en 24 de Marzo de 1882 la de Valencia á Utiel.

La concesión primeramente citada fué ampliada hasta Almansa y fué explotada, en unión de la de Valencia á Tarragona, por la extinguida Compañía de A. V. T. hasta 1.º de Enero