

taba ser de un 24 por 100 (17 por 100, más 7 por 100 de coste de energía y reparación y conservación de la línea de contacto), y la causa de que la economía que pueda esperarse con la electrificación de esta línea española sea mayor que la que pueda ofrecer el término medio de los ferrocarriles americanos, radica en que en esta línea se gasta en proporción más en combustible y estaciones (sobre todo el combustible es el elemento predominante en la economía) aunque se gaste menos en conservación del material y en vigilancia y señales de la vía; para poner esto de manifiesto es por lo que hemos incluido en el cuadro la proporción de gastos en los ferrocarriles americanos.

A esta economía del 28 por 100 hay que agregar la producida por el mejor aprovechamiento del material y menor peso muerto de tractores que permite con las mismas toneladas-kilómetros realizadas servir mayor tráfico, lo que se traduce en un momento en los ingresos, y de esta economía total habrá que deducir el coste de la energía eléctrica, el de reparación y conservación de las instalaciones de la electrificación y el interés y amortización del capital que ésta representa.

La línea del Norte tiene en el total de su red, aproximada-

mente, la misma relación de gastos que en su línea de Madrid á Irún y, por lo tanto, á toda ella será aplicable la cifra de economía obtenida. Veamos lo que sucede con las otras Compañías.

Tengamos en cuenta para ello que la Compañía del Norte consumió en el año 1915 544.513 toneladas de carbón, que representaron un gasto de 18.169.336 pesetas, al precio medio de 33,35 pesetas la tonelada. La Compañía de M. Z.A gastó en consumo de máquinas 18.171.998 pesetas, y en carbón 3.450.000 más que en el año anterior, por haber subido el coste de combustible 9,82 pesetas por tonelada. Puede asegurarse, pues, que en circunstancias normales el gasto de carbón de nuestras dos grandes Compañías es de unos 30 millones de pesetas, y de 45 á 50 millones para el total de la red española; agregando á esta economía unos 20 á 25 millones por la influencia beneficiosa de la electrificación, en los otros capítulos de los gastos de explotación, podemos contar con una economía total de 70 á 75 millones, que representa, aproximadamente, el 30 por 100 de nuestros gastos de explotación.

(Continuará.)

## REVISTA EXTRANJERA

### El empleo en las locomotoras de carbón pulverizado (Conclusión).

Las principales dificultades que se han encontrado para quemar el carbón pulverizado en las locomotoras han sido las siguientes:

1.<sup>a</sup> Es difícil mantener una combustión suficientemente intensa para desarrollar una capacidad de sobrecarga elevada de la caldera, ó bien para recorridos intermitentes mantener un fuego débil y volver á encender el combustible después de haber interrumpido la alimentación.

2.<sup>a</sup> Se depositan en las paredes tubulares escorias procedentes del azufre y del óxido de hierro en fusión contenidas en las cenizas.

Estas dificultades se han resuelto con feliz éxito, pero el empleo de cada combustible exige la resolución de un problema especial, y hasta el presente no se ha llegado todavía á determinar la relación de los elementos variables de la combustión según el solo análisis del combustible. Se han realizado, sin embargo, progresos suficientes para facilitar esta adaptación. Una vez regulado el hogar para un combustible dado, se puede admitir una variación bastante grande en la composición del combustible entregado por la mina sin que sea necesario proceder á una nueva regulación.

Tal vez sea interesante recordar que los primeros ensayos para quemar petróleo bruto en las locomotoras fueron muy descorazonantes y sólo después de un estudio concienzudo de los métodos de combustión y de esfuerzos prolongados para la regulación de los aparatos fué cuando se hizo posible mantener la intensidad de combustión necesaria para obtener buenos resultados de evaporación.

Además de la posibilidad de emplear combustibles de poco valor, el empleo del carbón pulverizado permite aumentar el rendimiento de la caja de fuego en un 20 á un 25 por 100, gracias á la facultad de interrumpir la combustión cuando la máquina está parada ó su marcha en vacío.

Experimentos comparativos, hechos con locomotoras del mismo tipo empleadas en el mismo servicio, han probado que para realizar el mismo trabajo, la locomotora cargada á mano

ha consumido 1.000 kilogramos de combustible, mientras que la que quemaba carbón pulverizado no ha quemado más que 565 kilogramos. La economía más sensible se realiza durante el período de inflamación.

En el servicio regular de viajeros se obtuvieron resultados tan satisfactorios, como con la hulla, con el lignito pulverizado conteniendo 1,75 por 100 de humedad, 47 por 100 de materias volátiles, 41 por 100 de carbono, 9,5 por 100 de cenizas, ó 75 por 100 de azufre, y produciendo 5.950 calorías por kilogramo.

Resulta de los ensayos efectuados hasta el día que la cantidad de vapor vivo necesario para mover la maquinaria de alimentación es, próximamente, 1,5 por 100 del vapor producido á plena marcha. Esta cantidad es sensiblemente inferior á la necesaria para mover un cargador mecánico ó á la utilizada en el chorro de vapor de los mecheros de petróleo, la cual es, próximamente, el 6 por 100 de la producción.

Ensayo en una locomotora Ten Wheel de diferentes combustibles pulverizados.

	COMBUSTIBLE PULVERIZADO		
	1	2	3
Humedad, por 100.....	0,40	0,81	0,59
Materias volátiles, ídem.....	23,42	36,07	24,16
Carbón graso... } Carbono, ídem.....	67,43	57,00	64,05
} Cenizas, ídem.....	6,85	5,44	10,36
} Azufre, ídem.....	1,90	0,68	0,84
} Calorías, por kilogramo.....	8.100	7.850	7.850
Longitud total de los trayectos, kilómetros.....	2.128	682	637
Número de vagones por tren, término medio.....	61	65	60
Carga media por tren, toneladas.....	1.550	1.630	1.580
Velocidad media de marcha, kilómetros por hora.	42	40	38
Presión media (máximum 14), atmósferas.....	13,9	13,6	13,8
Temperatura del vapor, grados centígrados.....	312	318	308
Consumo de carbón por hora, kilogramos.....	1.490	1.390	1.575

Este cuadro indica los resultados obtenidos con una locomotora Ten Wheel, empleada para trayectos de 145 á 220 kilómetros con trenes de mercancías directos, en el curso de los ensayos efectuados con el objeto de comparar diferentes combustibles en las mismas condiciones de explotación.

La máquina producía un esfuerzo de tracción de 14 toneladas; el diámetro de las ruedas es de 1,755 metros.

La máquina se condujo á su potencia máxima, mateniéndose la velocidad normal para cada trayecto con un 10 por 100, próximamente, de tonelaje suplementario, con relación á los trenes remolcados habitualmente por máquinas semejantes, quemando carbón sobre rejilla. La sección de la tobera de escape estaba aumentada en un 25 por 100. A la velocidad máxima, la presión del vapor se mantenía con el inyector abierto.

Con carbones que contenían más azufre (núm. 1) y más cenizas (núm. 3), había menos de 10 decímetros cúbicos de residuos en el cenicero al fin de cada trayecto.

Todavía cita el autor otros ensayos hechos con diferentes locomotoras, de los que tenemos que prescindir por su mucha extensión.

### Nuevas instalaciones en las grandes estaciones centrales de los Estados Unidos.

M. K. Sosnowski acaba de dar dos interesantes conferencias; una en la Sociedad francesa de Electricistas, otra en la Sociedad de Ingenieros civiles, en las cuales ha puesto de manifiesto los progresos realizados, en el transcurso de estos últimos años, en las más importantes y potentes instalaciones de las estaciones centrales eléctricas de los Estados Unidos; vamos á dar una idea de aquéllas resumiendo para ello un artículo de M. A. C. publicado en *Le Génie Civil*.

**CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES CENTRALES TÉRMICAS.**—Entre estas características señalaba M. Sosnowski, desde 1916:

El aumento de la potencia unitaria de los grupos electrógenos que ha pasado, en diez años, de 5.000 á 35.000 kilovatios.

El aumento de su velocidad, elevada de 750 á 3.000 vueltas por minuto, para las unidades que exceden de 10.000 kilovatios.

El aumento de la potencia unitaria de las calderas, que pasa de 8.000 á 60.000 litros de agua evaporada por hora.

El aumento de la presión, de 6 á 18 kilogramos por centímetro cuadrado.

El aumento del recalentamiento; elevándose la temperatura del vapor hasta 350° C.

La recuperación de las calorías perdidas por radiación de los aparatos y tuberías de vapor.

Sobre todos estos puntos hay en la actualidad un progreso bastante notable: se encuentran grupos de 30.000 á 50.000 kilovatios, velocidades de 1.500 vueltas, considerables para unidades de esta importancia, presiones de vapor de 24 kilogramos por centímetro cuadrado, recalentamientos correspondientes á casi 400° C.

**Turbinas de Laval.**—Es interesante también señalar los grupos electrógenos de engranajes de Laval. Gracias a estos reductores, las velocidades de las turbinas y generatrices pueden fijarse en los valores más convenientes para cada uno de estos aparatos.

Sabido que se hacen corrientemente engranajes para 10.000, 20.000 y aun más caballos; se pueden constituir conjuntos de esta naturaleza para toda clase de potencias. Así es como se han construido las turbo-bombas elevadoras de agua de Laval, varias de ellas de 1.500 á 2.000 caballos instaladas en las fábricas elevadoras de agua de Pittsburg, Filadelfia, Cleveland, etc. Está en estudio un grupo de 5.000 caballos, que será el grupo elevador más potente que se haya ideado. Los rendimientos son muy elevados y los consumos de vapor del orden de 5,8 kilogramos por caballo-hora en agua elevada.

**Rendimientos térmicos.**—Por rendimiento térmico—dice el autor—entendemos la inversa de la relación entre la energía calorífica del combustible y la energía eléctrica suministrada á partir de la estación. Como progresos realizados desde el punto de vista de los rendimientos térmicos, se llega en la actualidad á 19 por 100 lo que corresponde á un consumo de 18.000 B. T. U.

(unidades térmicas inglesas), ó sean 4.535 calorías por kilovatio-hora.

En resumen, el consumo de las grandes unidades ha disminuido en 50 por 100, su peso en 70 por 100 y su precio en 60 por 100 por kilovatio.

En cuanto al desarrollo de las estaciones centrales diremos que el coste de la energía eléctrica suministrada por las centrales de Chicago no era más que de un millón de dólares en 1915, llegando á 37 millones en 1918.

Tratando hora de las centrales hidráulicas, debe señalarse como una de las más potentes estaciones hidroeléctricas la de la Laurentide Power C.<sup>o</sup>; actualmente tiene seis unidades de 17.500 kilovoltamperios, que van á completarse con tres nuevas que elevarán la potencia total á 157.500 kilovoltamperios.

Se citan unos turbo-alternadores trifásicos de eje vertical, construídos para la Niágara Power C.<sup>o</sup>, de 32.500 kilovoltamperios, 35 períodos, 12.000 voltios, á 150 vueltas por minuto, y se vislumbra la construcción de grupos de turbinas hidráulicas verticales, acopladas á alternadores trifásicos, 25 períodos, 12.000 voltios, de 44.000 kilovoltamperios, á 187 vueltas por minuto.

**INTERCONEXIÓN ENTRE LAS REDES.**—La crisis del carbón y de los transportes han decidido á los americanos al estudio práctico de la interconexión de las redes eléctricas y de las fábricas. Su ventaja es evidente, puesto que ciertas fábricas tienen á ciertas horas una reserva de energía inutilizada, mientras que otras fábricas tienen una carga diferente y que puede exceder á sus reservas.

La Boston Edison C.<sup>o</sup> y la New England Power C.<sup>o</sup> proceden ya al establecimiento de una línea de interconexión á alta tensión, que costará 620.000 dólares, pero que deben permitir á los interesados cambiar 15.000 á 20.000 kilovatios, entre una central de vapor y una fábrica hidroeléctrica.

La Eastern Massachusetts Electric C.<sup>o</sup>, gastando 305 000 dólares para unir las fábricas de Salem, Malden y Revere, ha economizado desde el primer ejercicio más de 50.000 dólares de carbón.

En el Estado de Nueva York, seis Compañías han hecho un ensayo de interconexión entre sus fábricas hidráulicas y de vapor, que les ha permitido obtener una economía mensual de 5.000 toneladas de carbón.

**TRANSPORTES DE ENERGÍA Á 150.000 VOLTIOS.**—La instalación Bishop-San Bernardino (California), de la Southern Sierras Power C.<sup>o</sup>, fué la primera (1913) establecida á la tensión de 150.000 voltios, en una distancia de 400 kilómetros. Después vino la primera parte de otra instalación californiana (Big Creek-Los Angeles), utilizando la misma tensión.

Más recientemente, la Aluminium C.<sup>o</sup> of America, de Marysville (Tennessee) ha emprendido la realización de una distribución de energía á 150 000 voltios, que llevará ulteriormente sobre 350.000 kilovoltamperios.

La línea de transporte atraviesa una región montañosa y se encuentran en su recorrido, nueve tiradas de gran vano, de una longitud media que excede de 1.500 metros.

Muchas de estas líneas, y principalmente las de Bishop-San Bernardino y de Big Creek Los Angeles, se han establecido de aluminio, ya bajo la forma de una aleación aluminio-cobre, ya bajo forma de cable aluminio-acero.

**GRUPOS TURBO-ALTERNADORES DE POTENCIAS MUY GRANDES.**—Vamos á describir un grupo de 50.000 kilovatios, instalado en Detroit (Michigan); después otro más potente todavía (60.000 kilovatios), pero en el cual esta potencia se obtiene por la asociación íntima y la dependencia mutua de tres unidades turbo-alternadores de menor importancia.

En el primer grupo, la turbina, que gira á 1.200 vueltas por minuto, gobierna directamente un alternador trifásico, 60 períodos, 12.200 voltios, unido directamente á un transformador-elevador (de 12.200 á 24.400 voltios) notable á causa de su potencia excepcional y de sus rendimientos elevados (99,4 por 100 á plena