

ELECTRIFICACIÓN DE FERROCARRILES

Estudios sobre su conveniencia económica¹

IV Y ÚLTIMO

Métodos expeditos

En el segundo artículo de esta serie, REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, número del 1.º de junio próximo pasado, hablé de la necesidad de justificar los coeficientes *a*, *b*, *c*, *d*, *e* que entraban en el segundo término de la ecuación de mínima economía. A continuación damos los datos recogidos a principios del año 1927, sin añadir ni quitar nada de lo que figuraba en el trabajo presentado al Instituto de Ingenieros Civiles.

GASTOS DE TRACCIÓN POR TONELADA-KILÓMETRO:
 λ , EXCLUIDO EL COMBUSTIBLE

El segundo término de la ecuación de mínima economía es, como se dijo anteriormente, λT , donde λ es el conjunto de las economías que en los gastos de tracción distintos del combustible introduce la electrificación, o de otro modo, la diferencia entre los gastos de tracción por vapor y electricidad, excluido el combustible. Esta diferencia puede expresarse en función de un tanto por ciento de los gastos de tracción por vapor, procedimiento que vimos era el más expedito. Se tiene

$$\lambda = a + b + c + d + e$$

donde

a = gastos de conservación de las locomotoras.

b = coste del personal de las locomotoras.

c = coste del personal, depósitos y otros gastos de los mismos.

d = alimentación de agua (sólo los gastos propios).

e = coste del engrase de las locomotoras.

Si *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, *e'* representan el tanto por ciento de los gastos anteriores, que se traduce en economía por la implantación de la tracción eléctrica, el conjunto λ quedará reducido a esta expresión

$$\lambda = (aa' + bb' + cc' + dd' + ee') \frac{1}{100}$$

La deducción de *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, *e'* ha de ser forzosa-mente a base de estadísticas que, por desgracia, no son aún ni lo numerosas ni detalladas que deseá-riamos, debido al poco tiempo de experimentación con que se cuenta en la tracción eléctrica. Sin embargo, este término de la ecuación de mínima economía es muy importante respecto al porcentaje de los gastos totales de explotación. Y como, además, creo es la primera vez que su valor se tiene en cuenta en un estudio de esta naturaleza (novedad quizá la principal de este trabajo), hemos analizado la mayo-

ría de los datos estadísticos recogidos en todos los países, hallando su promedio y corrigiendo los resultados con un coeficiente de adaptación a nuestras esenciales características ferroviarias, coeficiente siempre a favor de la tracción por vapor, con el objeto repetidamente puntualizado. Se tiene así, sucesivamente

a') *Diferencia, en por ciento de a, entre los gastos de conservación de las locomotoras de vapor y eléctricas*

En las electrificaciones por corriente trifásica y monofásica no se ha dado hasta ahora gran importancia a este capítulo, de tal modo que en los ferrocarriles italianos, suizos y alemanes no se encuentran especificaciones tan numerosas, en este sentido, que en los Estados Unidos. Esto se explica porque, efectivamente, el coste de conservación en las locomotoras de corriente continua es bastante menor (la mitad aproximadamente) que en las trifásicas¹ y, sobre todo, que en las monofásicas. Ello no sólo es por la menor complicación de los elementos, sino por las propiedades intrínsecas del motor monofásico comparado con el trifásico y continuo, por ser menos robusto, no poder admitir sobrecargas tan elevadas, etc., que producen, a su vez, en la locomotora un considerable aumento de su coste de conservación. Así se ha podido decir² que los dichos gastos en las locomotoras mono y trifásicas son prácticamente equivalentes a las de vapor. He aquí la razón de que siempre se hayan despreciado estos factores al calcular la economía debida a una electrificación³. En cambio, en las locomotoras de corriente continua (no olvidando que lo anterior no es rigurosamente exacto, como lo prueban algunas estadísticas de líneas monofásicas americanas⁴) ofrecen una gran economía sobre las de vapor, pues llega hasta el 50 por 100. Varias Asambleas del «R. I. E. E.» americano se dedicaron a este asunto y a las ventajas de todos los órdenes de una locomotora sobre otra. (E. R. I. 30 de octubre y 13 de noviembre de 1920.) La «Interstate C. Commission», luego de numerosas estadísticas, concluyó que el promedio de economía para 100 toneladas millas de locomotora era de 10 céntimos; una locomotora eléctrica puede recorrer 5 000 km entre inspecciones, etc. Si examinamos los datos que siguen, puede asegurarse que la economía en la conservación de una locomotora eléctrica de corriente continua que lleve el mismo servicio que otra de vapor, es el 25-30 por 100 del gasto total en ésta.

¹ G. E. R. Tomo XXXIII, núm. 4, pág. 259.

² Tercera conferencia del Sr. Burgaleta en la Escuela de Ingenieros Industriales, año 1924.

³ También lo ha sido por no disponer de datos suficientes.

⁴ Línea New York, New-Haven-Hartford, los costes de conservación comparados, para los años 1916 y 1917, fueron—en céntimos por locomotora-kilómetro—13,59 y 8,46, 18,77 y 12,01, para vapor y electricidad, respectivamente.

¹ Véanse los números de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS correspondientes al 15 de mayo, 1 y 15 de junio 1928.

En la citada Asamblea se concluyó que el coste de conservación de una locomotora «Mallet» variaba entre 24 y 37 céntimos de dólar por milla, mientras que la eléctrica del «Chicago-M. St. Paul», tipo 1915, sólo alcanzaba la cifra de 14,65 céntimos por milla. En los estudios preparatorios para la adopción de un sistema único de electrificación de los ferrocarriles franceses, los representantes de las Compañías «Midi-P. O.-P. L. M.» pusieron de manifiesto la importancia del menor costo de conservación de las locomotoras eléctricas de corriente continua a alta tensión sobre las de vapor. Pudiera decirse, como importante objeción, que las comparaciones con las locomotoras de vapor no se han hecho tomando de éstas los tipos más modernos. Y, efectivamente, aun no olvidando que también se efectúan progresos en las locomotoras eléctricas, los últimos adelantos efectuados en las locomotoras de vapor, tales como recalentadores, alimentación automática del carbón, tercer cilindro, instalaciones para mejorar el rendimiento y disminuir la cantidad de carbón consumido, etc., etc., suponen, evidentemente, apreciables disminuciones de coste total de tracción, pero quedando disminuído por la evidente mayor complicación de los aparatos. No obstante (y guardando siempre el debido margen de seguridad), puede limitarse el tanto por ciento buscado a un 25-30 del correspondiente a la locomotora de vapor, o un tercio de éste, valor nada exagerado si se tiene en cuenta que el personal de la locomotora de vapor puede ocuparse fácilmente y vigilar bien los cilindros, válvulas, engrases, conducción del fuego, etc., pero nada eficaz puede hacer en la caja de fuegos, caldera, etc., órganos fundamentales de la locomotora de vapor, y donde, como dice M. Armstrong, reside principalmente la verdadera limitación de la locomotora de vapor, en su potencia, en su eficacia y en su elevado coste de conservación.

Parte muy importante en la economía de la explotación radica en el «coeficiente de utilización» de ambas locomotoras. Se ha llegado, según consta en los últimos datos de la explotación del Chicago, a recorrer una locomotora eléctrica la enorme distancia de 9 600 km sin inspección alguna. Esto, unido

a otras ventajas de diversos órdenes, que analizaremos en la tercera parte, es la consecuencia de que una locomotora eléctrica sustituya a varias de vapor. Así, los 1 039 km de explotación eléctrica del «Chicago-M. St. Paul Railway», que necesitaban 167 locomotoras de vapor, han sido sustituidas por 59 eléctricas; es decir, una locomotora eléctrica reemplaza a 2,8 de vapor. En el ferrocarril «Paulista» (Brasil), 8 eléctricas a 17 de vapor. «Sildhen a Newport» (Inglaterra), 5 a 13. «London and North Eastern Railway», 1 a 3. Y análogas cifras se obtienen del examen de los ferrocarriles suizos e italianos.

En fin, como resumen a cuanto antecede, es preciso anotar las conclusiones y datos aportados en el último Congreso internacional de Ferrocarriles (Londres, junio de 1925), en que intervinieron las principales eminencias mundiales en estas cuestiones: «Una locomotora de vapor no recorre generalmente por día más que el trayecto que puede ser efectuado por un equipo, al contrario de la eléctrica, que puede hacer el trayecto correspondiente a varios equipos, y que supone al año recorridos dobles que la de vapor, cuando menos. (MM. Bianchi, Bachellery.) Las cifras 120 000-60 000 kms anuales de recorrido para las locomotoras eléctricas y de vapor, respectivamente, pueden considerarse normales. (M. Bianchi.) Esta cifra de 60 000 km-año para las locomotoras de vapor es sensiblemente menor en Inglaterra. (M. Fowler) En los ensayos de París-Orleans se ha llegado a recorridos dobles de las locomotoras eléctricas sobre las de vapor. (M. Parodi.) Conclusión... «Resulta, sin embargo, de la corta experiencia adquirida y de los cálculos, que la tracción eléctrica deberá presentar un adelanto sobre la tracción a vapor.» (*Bulletin de l'Association Internationale des Chemins de Fer*. Abril de 1926.)

Estas conclusiones coinciden con las posteriores de la «International Railway Fuel Association», 10-18 de mayo de 1926 (Railway Oige, mayo de 1926), que fijaron los rendimientos totales de ambas locomotoras, eléctricas y de vapor, en 8 por 100 y 14,9 por 100, respectivamente.

Los siguientes datos estadísticos ayudarán a obtener el valor *a'* que buscamos:

Año 1923.—Chicago-M. St. Paul Railway: 1 039 kms.

Número de locomotoras vapor...	167	59	Número de locomotoras eléctricas.
Gastos de primer establecimiento.	5 615 505 dól.	8 069 574 dól.	Gastos de primer establecimiento.
Gastos anuales de conservación...	1 335 009 »	480 236 »	Gastos anuales de conservación.
Tanto por ciento del coste de primer establecimiento.....	25,3	5,95	Tanto por ciento del coste de primer establecimiento.
Tanto por ciento de economía en la conservación.....	71	2/3	Parte proporcional de economía.

Promedio de ferrocarriles americanos.—Corriente continua a alta tensión

CAPÍTULOS	Vapor	Electricidad	Reducción
Combustible o energía	33,80	27,50	6,30
Conservación de locomotoras.....	30,40	10,70	19,70 = 64/100 · 30,40
Lubrificantes y otros	2,35	1,41	0,94
Depósitos	4,62	0,77	3,85
Personal de locomotoras.....	13,76	6,82	6,94
Personal de trenes	15,07	8,10	6,97
Conservación línea trabajo.....	»	4,32	4,32
TOTAL.....	100	59,62	40,38

Coste de conservación de locomotoras de vapor y eléctricas

VAPOR	Líneas (año 1919)	Locomotora-milla	Locomotora-año	Locomotora-milla	Locomotora-año	ELECTRICIDAD
	N. Y. N. Haren	40,92 cént.	8 363 dól.	11,47 cént.	3 076 dól.	
Central N. England . . .	41,60 »	10 118 »	6,49 »	1 312 »	Butte, Anaconda.	
New York Central	29,70 »	7 306 »	15,59 »	7 394 »	Chicago-M. St. Paul.	
Erie	55,25 »	11 860 »	14,10 »	3 462 »	Michigan Central.	
Pensylvania	45,55 »	10 850 »	6,41 »	1 704 »	New York Central.	
Philadelphia	31,53 »	8 772 »	16,71 »	7 266 »	Pensylvania Ter.º	
	244,55 cént.		70,57 cént.			

De la tabla segunda resulta que la economía, *a'*, es el 64 por 100 del coste de conservación por vapor. De la tercera:

Promedio de locomotora-milla, vapor . . . = 40,7 céntimos.
 Promedio de locomotora-milla, eléctrica . = 11,7 —
 Economía, *a'*, en tanto por ciento del coste por vapor = 72 por 100.

Igualmente se tiene para el promedio de los ferrocarriles ingleses, por locomotora-milla, en el año de 1922, excluido el combustible:

Capítulos	Vapor	Electricidad	Economía por 100
Administración	0,538 pen.	0,538 pen.	No cambia
Personal trenes	7,500 »	5,000 »	33 por 100
Reparaciones	6,910 »	2,300 »	66 por 100
Agua	0,331 »	0,000 »	100 por 100
Lubrificantes	0,352 »	0,120 »	66 por 100
Otros	3,105 »	0,942 »	69 por 100
TOTALES	18,836 pen.	8,900 pen.	47 por 100

de donde la economía obtenida, en lo que se refiere al elemento actual *a'*, llega al 66 por 100 de los gastos de conservación por vapor.

De la notable Memoria sobre la electrificación de la Rampa de Pajares, publicada por la Compañía del Norte (mayo de 1926), página 120 y siguientes, y a la cual nos referiremos varias veces en todo lo que sigue, se deduce «que los gastos propios de entretenimiento y reparación de las locomotoras eléctricas, por kilómetro, son, aproximadamente, el 50 por 100 de los correspondientes a las locomotoras de vapor». Pero teniendo en cuenta que las estadísticas sólo se refieren al primer año de explotación, donde forzosamente han existido gastos que no se originarán en los años posteriores, y previas otras consideraciones, se concluye en la dicha Memoria a que la economía por este concepto llega al 73,5 por 100 de los gastos de conservación y reparación de las locomotoras de vapor; 865 404 pesetas, 229 332 pesetas, respectivamente, con economía de 536 072 pesetas, cifra que es el 73,5 por 100 de 865 404 pesetas, gastos en las locomotoras de vapor.

Así, pues, tenemos los siguientes promedios, en tanto por ciento: 71,64, 72,66, 73,5, cuyo valor medio es 71,3 por 100 ¹. Ahora bien, este tanto por

ciento bajaría algo de hacer la comparación con las locomotoras de vapor modernas a que se aludió antes, sin olvidar que la misma complicación de sus elementos traería consigo nuevos gastos de conservación. Reduciendo, pues, el valor obtenido, por el triple motivo de posibles parcialidades y errores en las estadísticas, por el coeficiente de seguridad en los cálculos y resultados de este trabajo, y por lo expuesto antes, podemos fijar un 50 por 100 como valor medio de *a'*, para ser aplicado al conjunto de los ferrocarriles españoles a ser electrificados. Así, pues,

$$a' = 50 \text{ por } 100.$$

b') Diferencia, en por ciento de b, entre los gastos de personal de las locomotoras de vapor y eléctricas

Notaremos que, al principio de toda explotación de tracción eléctrica, no solo no hay economía apreciable, sino que a veces se determina un aumento en los gastos del personal, por las dificultades propias del comienzo de un sistema de explotación desconocido. Además, la economía que posteriormente hay no obedece a que sean necesarios menos obreros para la conducción de las locomotoras, pues generalmente una locomotora eléctrica necesita un maquinista y un ayudante, como la de vapor, como se hizo constar en el último Congreso internacional de Ferrocarriles de Londres. Se pueden citar tres causas concretas de la economía resultante: a), disminución de jornales en el personal conductor, pues, en efecto, el aprendizaje es más corto y más sencillo; b), supresión o simplificación de personal afecto a las operaciones de carga de combustible, encendido, limpieza, etc.; c), aumento de velocidad comercial, que se traduce en una mayor utilización de las máquinas y mayor rendimiento del personal de conducción ¹.

Aplicando las estadísticas detalladas en el número anterior, y algunas más, encontraremos el valor de b'. La «Interstate C. Commission» ha efectuado trabajos muy detenidos en este sentido, comparando los gastos de personal en ambos sistemas para la mayoría de los ferrocarriles americanos electrificados.

Así, ha obtenido un promedio de 25-33 por 100 de economía total a favor de la tracción eléctrica.

Los principales estudios hechos sobre este particular pueden resumirse como sigue:

Divission, Erie). «Northern Divission, Erie». Greenwood, Lake, Erie». «Jefferson, Erie». Schnylkill Divission, Pennsylvania). «N. N. Haren and Hartford», etc.

¹ G. E. R. Volumen XXV, núm. 12; volumen XXV número 2. The Electrician, abril 1924. «Comparative Cost of Electrical and Steam operation. C. M. St. P. R.

¹ Hemos analizado, además, los resultados de explotación de los siguientes ferrocarriles: «New York and Jersey

Ferrocarriles electrificados	Economías por 100
Estadísticas de la I. C. C.	29
Promedio Ferrocarriles ingleses electrificados. («M. O'Brien»)	33
Idem americanos («J. Davis. R. E. G. F. C.)	43
Chicago-M. St. Paul Railway («M. Armstrong») ..	44
Butte-Anaconda. P. Railway	32
Rampa de Pajares, Compañía del Norte	67
PROMEDIO	41

total, puesto que en la tracción eléctrica no es necesaria la utilización del agua, y así se tiene:

$$d' = 100 \text{ por } 100.$$

e') *Diferencia, en tanto por ciento de e, del coste de engrase en ambas locomotoras, de vapor y eléctrica*

La gran disminución de los órganos que necesitan engrase en las locomotoras eléctricas, sobre todo si tomamos como tipo de comparación las locomotoras de transmisión directa a los ejes por engranajes y no por bielas ni manivelas, produce una notable disminución de gastos de engrase, que la ausencia de temperaturas elevadas (para las cuales se emplea la valvolina y otras grasas especiales en las locomotoras de vapor) hace más patente.

Tomando diferentes estadísticas, a base de las especificadas más atrás, se tienen estos valores como medida de la economía resultante:

$$e' = 38 \text{ por } 100 \text{ (J. Davis)} = 66 \text{ por } 100 \text{ (O'Brien)} = 49 \text{ por } 100 \text{ (Butte Anaconda J. y F.), etc.}$$

Análogas razones que para la determinación de a' adujimos, nos fuerzan a considerar este valor medio, $b' = 41$ por 100, algo elevado. La aplicación de las estadísticas extranjeras a los ferrocarriles nuestros ofrece lugar a críticas que, sin duda, serán muy dignas de tomarlas en consideración, pero no tanto que, con un coeficiente de seguridad, impidan proseguir este trabajo¹. Así, pues, y poniéndose siempre en hipótesis desfavorables a la tracción eléctrica, podemos tomar como valor de b' el 25 por 100:

$$b' = 25 \text{ por } 100.$$

c') *Diferencia, en tanto por ciento de c, entre gastos del personal y otros de los depósitos, en ambas tracciones*

Todas las ventajas y economías anteriores influyen, naturalmente, en las de este capítulo. El mayor coeficiente de utilización de la locomotora eléctrica, mayores recorridos, inspecciones menos frecuentes en los depósitos traen consigo, por tanto, disminución de los gastos en los mismos. La supresión del humo, de las instalaciones de toma de agua y carbón, de encendidos, de gran parte de recorridos en las máquinas, etc., producen de igual manera importantes reducciones en los gastos de los depósitos.

Un resumen estadístico es el siguiente, a base de locomotoras de corriente continua:

Ferrocarriles electrificados	Economías por 100
Promedio de F. C. ingleses («M. O'Brien»)	50
Idem americanos («J. Davis»)	78
Chicago-M. St. Paul Railway («Mr. Armstrong 1915»)	58
Idem íd. («Mr. Beeuwks 1918»)	67
Butte Anaconda P. Railway («Japiot y Ferrand») .	59

El promedio resulta ser 62,50 por 100. Los datos de la electrificación de Pajares no han sido tenidos en cuenta, por lo que se refiere a este concepto, en el estudio de la Compañía del Norte, no pudiendo, por ello, acompañar el único dato nacional de importancia real.

Por análogas consideraciones que anteriormente, podemos fijar la economía en un 45 por 100:

$$c' = 45 \text{ por } 100.$$

d') *Alimentación de agua*

Es evidente que la economía en este punto es

¹ Rogamos al lector tenga presente estas palabras al enjuiciar el valor de este trabajo, hecho hace más de un año.

Un valor medio es el de 51 por 100, y según el criterio observado en la determinación de las constantes anteriores, tenemos en definitiva:

$$e' = 35 \text{ por } 100.$$

En resumen, se tiene, pues:

$$\begin{aligned} a' &= 50 \text{ por } 100 \\ b' &= 25 \text{ por } 100 \\ c' &= 45 \text{ por } 100 \\ d' &= 100 \text{ por } 100 \\ e' &= 35 \text{ por } 100 \end{aligned}$$

y, por tanto:

$$\gamma = (aa' + bb' + cc' + dd' + ee') \frac{1}{100} = [16] \\ = 0,5 \cdot a + 0,25 \cdot b + 0,45 \cdot c + d + 0,35 \cdot e$$

expresión en la cual basta sustituir los valores de a, b, c, d, e , que a su vez se contienen, o deben contenerse, en la contabilidad de cada Compañía, para obtener el valor de γ , la que nos dará, multiplicado por el tráfico T anual, el segundo término de la ecuación de mínima economía.

NOTAS

1.^a Por la razón expuesta al final de esta nota no hemos tenido en cuenta, al calcular el valor de γ , la economía que se obtiene en el personal de los trenes cuando se implanta la tracción eléctrica. Sin embargo, ella puede alcanzar cifras elevadas, puesto que dependiendo directamente de la reducción del número total de trenes—para tráficos iguales—, que produce a su vez un mayor rendimiento del personal, todas las ventajas de la explotación eléctrica entran en juego al pretender fijar esta economía. En efecto, una mayor aceleración en los arranques, por ejemplo, si bien no tiene gran influencia en el consumo de energía, no es igual en lo que afecta a la mayor velocidad comercial y a la capacidad de tráfico de la línea. Las cifras de 1^m,33 seg/seg alcanzada en el Ferrocarril de Chicago, y la media de 0^m,67 y 0^m,90 seg/seg de los ferrocarriles electrificados en los Estados Unidos, no pueden ser obtenidas en las locomotoras de vapor, cuya aceleración media no pasa de 0^m,15 seg/seg. El mayor coeficiente de utilización antes examinado, el tonelaje muerto en la explotación a vapor, debido al combustible constantemente remolcado, y que alcanza valores del

19 al 22 por 100 del tonelaje total arrastrado (cifras americanas); el hecho tan importante de que la locomotora eléctrica no sólo puede desarrollar un esfuerzo tractor más elevado que la de vapor, sino conservar la plena potencia a *velocidad doble*; la disminución del peso por eje motor, que produce mayor tonelaje de los trenes, etc., etc., determina un notable aumento de la capacidad de tráfico de la línea, y proporcionalmente una disminución del número de trenes, o mayor rendimiento del personal de los mismos. Las estadísticas acusan las siguientes economías: Datos de la I. C. C. = 29 por 100. Promedio de los ferrocarriles ingleses = 75 por 100. Idem americanos (Estados Unidos) = 42 por 100. Ferrocarril de Chicago-M. St. Paul = 38 por 100. Idem Butte Anaconda = 21 por 100. La diferencia entre el primer valor y los siguientes es debida a que Mr. O'Brien tuvo además en cuenta los gastos del personal de talleres, estaciones, etc. Mas al pretender fijar un valor de esta economía aplicable a los ferrocarriles españoles, es preciso no olvidar que la limitada potencia de los ganchos actuales, los perfiles siempre accidentados de nuestras líneas, etc., llevan consigo una verdadera limitación en la composición de los trenes y en el posible aumento del peso remolcado, a tal punto que no es prudente pasar de 400 toneladas por tren. En estas condiciones—que seguramente persistirán mucho tiempo—forzoso es confesar que la economía que por la electrificación se obtendría en el personal de trenes sería muy pequeña. Causa por la que no la hemos incluido en los cálculos base de la obtención de las economías introducidas por la electrificación.

2.^a Hasta ahora sólo hemos hablado del tráfico en toneladas brutas. Pero si en una explotación por vapor *T* representa el tráfico bruto, en toneladas, el tráfico neto, o útil, podremos representarlo por *T'*. Al efectuar la electrificación, para el mismo tráfico anual bruto, las toneladas útiles habrán aumentado considerablemente, pues el peso muerto de carbón y agua que las máquinas llevan consigo desaparecen. Según los resultados de explotación de los ferrocarriles americanos, dicho peso muerto representa, por término medio, el 20 por 100 del tonelaje total bruto anual, lo que supone, evidentemente, otra economía más a tener presente en el cambio de sistema de tracción. Pero su valor no es fácilmente calculable más que en electrificaciones generales, siendo prácticamente inaplicable en electrificaciones parciales, de cortos recorridos, porque la explotación

sigue con el sistema mixto de vapor y electricidad. Así, pues, aunque reconociendo su gran importancia, no aparece en los cálculos de las economías por electrificación, lo que es indudable nos colocó una vez más en condiciones pesimistas sobre la tracción eléctrica, siendo por ello más digno de crédito cuantas consecuencias deduzcamos más adelante.

3.^a Si encontramos el valor medio de *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, *e'*, tenemos para el promedio de las economías que la electrificación introduce en los gastos de tracción distintos del combustible un 56 por 100 de los gastos por vapor, valor que no se aparta mucho del encontrado por otros técnicos, y de los resultados de la experiencia. Así, en la electrificación de Pajares, la Compañía del Norte ha obtenido 47 por 100 en el recorrido de tractores; 73,5 por 100, en la conservación y reparación de locomotoras; 63 por 100, en el personal de conducción, lo que da un promedio de 61 por 100, en contra del 56 por 100 hallado por nosotros, diferencia explorable por el sentido restrictivo de nuestras hipótesis ¹.

Francisco JIMÉNEZ ONTIVEROS
Ingeniero de Caminos

¹ Estas cifras coinciden con las dadas por M. Parodi en sus últimas conferencias de Barcelona.

NOTA.—Coincidiendo con la aparición de mi anterior artículo, tercero de la serie de cuatro que sobre métodos expeditos para encontrar la conveniencia económica de una electrificación he publicado en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, el Sr. Lucia, sin esperar, con extraña impaciencia, la terminación de mi trabajo, se creyó en el caso de dirigirme ciertos cargos, que el lector habrá apreciado la escasa relación que guardan con las breves y concretas observaciones técnicas expuestas en mis artículos, y su desproporción y contraste con el modo sereno, ponderado y objetivo con que he procedido.

Yo, por el contrario, estoy lejos de sentir tal impaciencia, y en el próximo número de esta REVISTA, si así lo decide su Comité de Redacción, recogeré en un breve comentario algo de lo dicho por el Sr. Lucia—todo no es posible, por no ser su campo propio el de estas columnas—, y en el que, casi era innecesario advertir, tendré muy presente la consideración y mesura que me merece todo compañero.

Instalaciones auxiliares llevadas a cabo para la construcción de la presa del Jándula

La presa del Jándula, de 88 m de altura sobre la base de cimientos y 230 de longitud en la coronación, almacenará un volumen de agua de 350 000 000 de metros cúbicos. La longitud del embalse llegará a ser de 28 km.

El macizo de esta presa equivale a un volumen de unos 315 000 m³.

Para ejecutar esta obra en tan corto plazo de tiempo como conviene ha habido necesidad de ejecutar trabajos previos e instalaciones auxiliares de consideración, de los cuales vamos a hacer una breve reseña:

Edificaciones para personal y servicios varios.— Por el plazo previsto para las obras, que se calculó en unos cuatro años, y por el emplazamiento de las mismas, alejadas de todo centro de población (distancia mínima, 33 km), era importante asegurar al personal unas condiciones de vida no solamente humanitarias, sino gratas. Se ha construido al efecto un grupo de edificios o pabellones, todos ellos de mampostería y cubierta de uralita, en número de siete, uno de los cuales se destina a oficinas técnicas

y administrativas, y los seis restantes, divididos a su vez en un cierto número de viviendas, al personal técnico y administrativo que tiene su residencia a pie de obra.

En el centro de este grupo se ha erigido un pequeño templo.

Asimismo se han edificado pabellones para capataces y Guardia civil, y viviendas de mampostería y uralita para alojamiento de obreros con sus familias y sin ellas, hospital, economato, restaurante, teatro y frontón de pelota.

Ha habido necesidad de construir 17 km de carretera, que enlaza las obras con la de Andújar a Puertollano.

Constituyen todas estas edificaciones un verdadero poblado, donde habitan unas dos mil personas, perfectamente dotado de aguas potables, alcantarillado, luz eléctrica y comunicación telefónica, enlazada a la red general de la Compañía Nacional de Teléfonos.

Hecho este ligero apuntamiento de las obras llevadas a cabo para alojamiento del personal y ofici