

PANORAMICA SOBRE LA ELECTRIFICACION DE FERROCARRILES EN ESPAÑA

Por JAIME BADILLO
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertas

Se refiere el autor en este trabajo a su punto de vista de considerar conveniente se continúe la electrificación del ferrocarril, como solución de mejora en la utilización de la energía, siendo este artículo, en esencia, la conferencia que con el mismo título fue pronunciada recientemente en el Ateneo de Oviedo, con motivo del ciclo organizado en homenaje y recuerdo a Cambó.

Algo ambicioso puede parecer el tema, pero la realidad es que se pretende únicamente exponer, en un breve comentario, la situación actual de la electrificación y su futuro, para lo cual es necesario establecer previamente algunos antecedentes.

La electrificación de los ferrocarriles españoles se inició con la de Nacimiento-Gádor, en corriente trifásica a 6 000 V. (1911), y Busdongo-Ujo, en corriente continua a 3 000 V. (1924). Sin embargo, no toma verdadero impulso hasta 1928 y 1929 con las electrificaciones a 1 500 voltios de Alsasua-Irún y Cataluña. Posteriormente se inicia la electrificación de Madrid-Avila-Segovia, que fue terminada después de la Guerra de Liberación y, al fin, toma verdadera importancia la electrificación al plasmarse de un modo oficial los distintos programas en el Decreto de 25 de enero de 1946, en que se aprobó un Plan extensivo de electrificación que fue completado por Orden Ministerial de 28 de febrero del mismo año, en que se fijaron las líneas que habían de constituirlo. Esta ordenación oficial es la que sirve como punto de partida para todos los planes, completando las líneas que lo forman con algunas otras que por unir nudos importantes permitieran el mejor aprovechamiento del material motor, elevando el rendimiento de la instalación y recogiendo así las ideas de productividad posteriores a la fecha de 1946.

En los distintos planes de RENFE se han recogido las ideas anteriores, y así, en el Plan General de Reconstrucción, se incluyeron 1 400 kilómetros, que se ampliaron con los trayectos:

Alcázar de San Juan-Santa Cruz, Baeza-Córdoba y Ponferrada-Monforte.

Posteriormente se estableció un Plan de Modernización, donde se incluyen 4 348 kilómetros. La primera etapa de este Plan, llamado Plan Quinquenal, incluía 1 777 Km., y como primera etapa se segregaron los trayectos Madrid-Alcázar y Massanet Massanas-Port-Bou, en lo que se llamó Plan de Reactivación de la Economía Nacional, que fueron puestos en servicio en 1963.

El Plan siguiente, llamado Programa de Inversiones, incluía 1 101 Km., que corresponden a las líneas Venta de Baños-León, Palencia-Alar, Avila-Medina-Venta de Baños, Hontanares-Medina y Venta de Baños-Burgos-Miranda, que finalmente fueron transferidos al Plan Decenal de Modernización, actualmente en vigor (1964-1973), aprobado por las Cortes Españolas el 31 de diciembre de 1963. Este Plan es parte fundamental del primer plan cuatrienal de Desarrollo Económico y Social, y ha sido revisado recientemente, habiendo sido aprobado por el Gobierno dicho Plan actualizado (*B. O. del Estado* de 27 de julio de 1967). Esta actualización, debida casi únicamente a que el Plan primitivo fue calculado a precios constantes, prácticamente no ha modificado el Plan físico inicial (nada en absoluto en relación con electrificación), y permitió al redactarlo comprobar al terminarse la primera etapa del Plan Decenal que dicha etapa fue cumplida casi exactamente como se proyectó, lo que representa una gran satisfacción y orgullo para RENFE.

Resumiendo, como situación actual de las

electrificaciones, si se considera que está prácticamente terminada la del trayecto Venta de Baños-Burgos-Miranda, que se inaugurará en breve, se puede concluir que la electrificación alcanza 3 111 Km. de líneas de RENFE, que, en relación con los 13 385 Km. totales de vía, representa el 23 por 100. Se han considerado longitudes de líneas, pero si se tiene en cuenta trayectos de vía doble, reduciendo estos trayectos a vía sencilla, la longitud total de vías principales electrificadas es de 4.419 Km., que en relación con la longitud de la Red, también reducida a vía única, de 15 194 Km., representa el 29 por 100.

Para dar una idea de comparación con otras administraciones ferroviarias conviene señalar que en porcentajes en relación con la longitud de líneas (doble y sencilla), según datos de la revista "Vía Libre", Suiza tiene electrificado el 99 por 100; Suecia, el 55; Noruega, el 50; Italia, el 48,5; Holanda, el 47; Austria, el 36; Bélgica, el 23; Francia, el 22; Alemania Occidental, el 21; Checoslovaquia, el 13,5; Inglaterra, el 12; Portugal, el 11; Polonia, el 8; Alemania Oriental, el 7; Hungría, el 5,5; Yugoslavia, el 4; Dinamarca, el 3, y Rumanía y Grecia, el 0,5 por 100.

En el mapa que se adjunta están representadas las líneas electrificadas que constituyen las longitudes a que se ha hecho referencia y que en resumen son: de Madrid hacia el Norte por Avila-Venta de Baños-León, donde se bifurca hasta Monforte, en Galicia y hacia Asturias, cuya electrificación es total. También se bifurca desde Palencia a Santander y, finalmente, desde Venta de Baños hasta Miranda, donde se desdobra a Bilbao e Irún. Es decir, están electrificadas las comunicaciones de Madrid con todas las capitales del Norte, deteniéndose en Monforte la comunicación con Galicia. Hacia el Sur, la comunicación de Madrid con Córdoba, y, finalmente, en el Nordeste, desde Mora, todo el "ocho" catalán hasta la frontera por Puigcerdá y por Port-Bou.

Ya se ha dicho que el punto de partida para la elección de estas líneas es el Decreto de 25 de enero de 1946, completado por la O. M. de 28 de febrero del mismo año, en el que se figuran las líneas que corresponden al Plan de Modernización, que fue completado con otras para permitir el mejor aprovechamiento del material motor. Conviene comentar que, en un principio, la electrificación vino a resolver problemas loca-

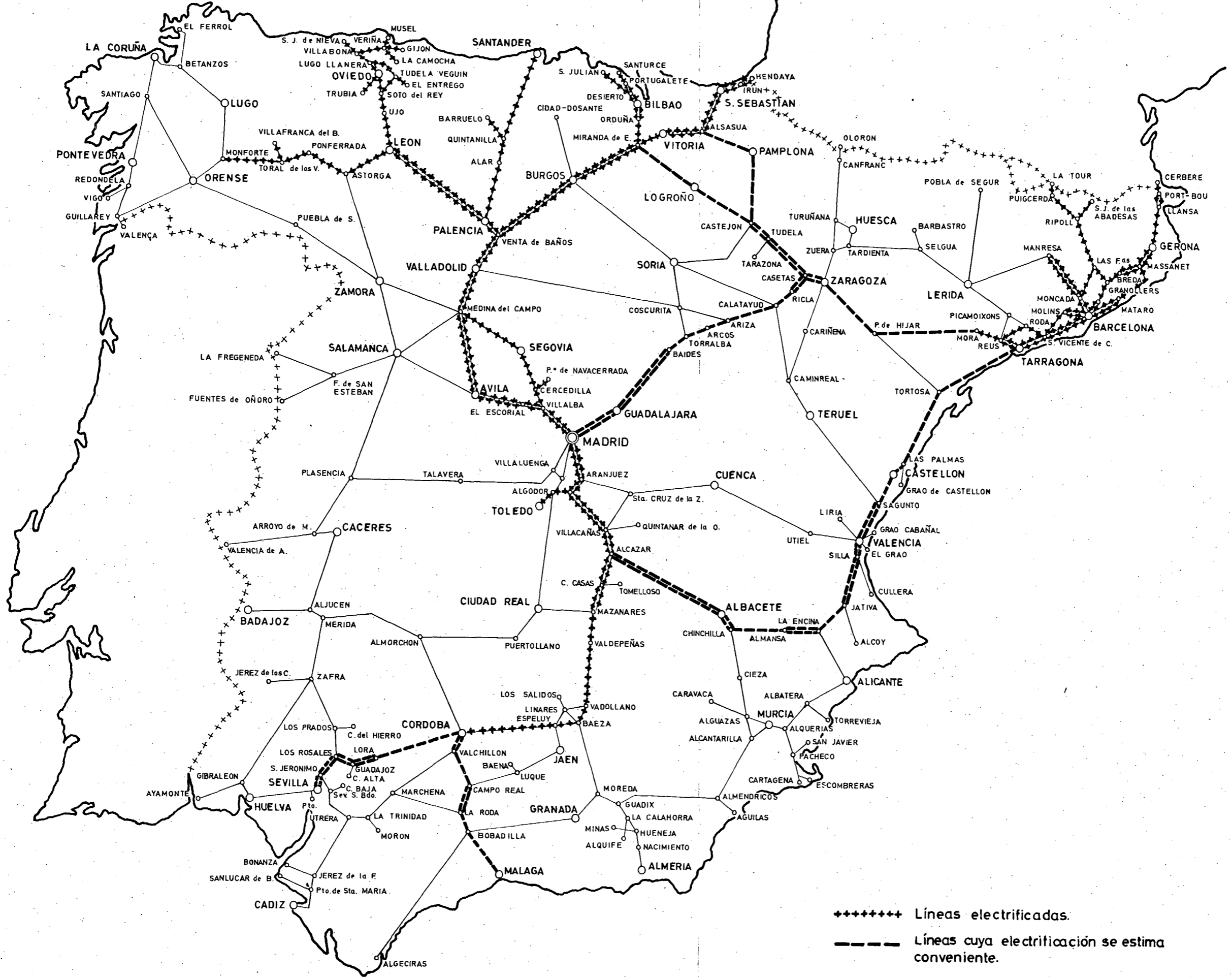
les, idea que fue evolucionando con el tiempo desarrollándose como solución para economizar en la explotación; es decir, que en el momento actual, la electrificación, e igualmente la tracción diesel, vienen a resolver un problema económico de la empresa ferroviaria al modernizar los métodos de tracción.

Esta idea económica o balance financiero se fue realizando comparando en las distintas líneas la tracción vapor con la tracción eléctrica, comparación que se hace teniendo en cuenta los distintos gastos de ambos sistemas. Al instalar una electrificación se realizan inversiones muy importantes, de las que el sistema de alimentación, las subestaciones y línea catenaria representan gastos independientes del tráfico, mientras que las locomotoras y los gastos de explotación representan gastos proporcionales al mismo. Esto permite dibujar la curva (recta o compuesta de rectas) de gastos de explotación en tracción eléctrica, y sí, igualmente, se realiza con los correspondientes a tracción vapor tendremos dos curvas en función del tráfico que permiten, al hallar su punto de intersección, determinar el que se ha llamado umbral de rentabilidad; es decir, el volumen de tráfico que hace conveniente la electrificación desde este punto de vista económico a que se está haciendo referencia.

En el momento actual, la comparación no se hace entre tracción vapor y tracción eléctrica ni entre tracción vapor y tracción Diesel (el otro sistema de modernización de la tracción), sino que ha surgido el problema de la comparación entre la tracción eléctrica y la tracción Diesel para establecer el volumen de tráfico que hace aconsejable uno u otro sistemas, pues en la tracción Diesel, el problema es algo semejante al de vapor, ya que la casi totalidad de sus gastos son proporcionales al tráfico.

El problema enfocado así está ligado, como se ha dicho, a los costos de explotación, entre ellos el precio de la energía eléctrica por un lado, y el de gas-oil por otro, y naturalmente a los costes de las instalaciones fijas y del material motor.

En el Plan de Modernización de RENFE, del que ya se ha hecho referencia y que absorbió los planes anteriores, se limitan las electrificaciones a los trayectos Avila-Venta de Baños, Hontanares-Medina como primera etapa (ya en servicio) y Venta de Baños-Burgos-Miranda como segunda etapa, cuya inauguración es inmediata. Elló



era debido a que se consideraba como posible la exención del impuesto de 2,75 Ptas./litro con que está gravado el consumo de gas-oil. No es objeto de este trabajo el considerar la procedencia o no del pago de dicho impuesto por el ferrocarril, aunque digamos de pasada que parece no muy lógico, dado a los fines a que se destina.

Como dicha exención no acaba de obtenerse, RENFE en varios de sus escritos ha señalado que, en tal caso, modificadas las hipótesis del Plan de Modernización será preciso modificar éste y abordar, por razones económicas la electrificación de nuevas líneas.

En dichos informes de RENFE, redactados por su Dirección de Modernización, se señala, igualmente, que de lograrse la exención del impuesto era correcto el Plan de Modernización en vigor, de acuerdo con los tráficos previstos en el mismo, pero a la vista de los transportados en 1966 y con el crecimiento previsible para 1973, fin del Plan, aun con la exención del impuesto y siempre desde el punto de vista de economía a que se ha hecho referencia, resultaría conveniente la electrificación de los trayectos: Zaragoza-Mora (que debería completarse realizando Madrid-Zaragoza-Mora), Valencia-Tarragona, Miranda-Castejón y Córdoba-Sevilla.

En nota reciente (12 de marzo del actual), redactada por el Ingeniero señor Tapia, de la Dirección de Modernización de RENFE, se ha actualizado la determinación del umbral de rentabilidad entre ambos tipos de tracción eléctrica y diesel, determinando el tráfico mínimo por kilómetro y por día que aconsejaría la electrificación de una línea por razones económicas, en vez de su explotación con tracción Diesel, y que será aquel tráfico que sobrepase o que permita igualar los gastos por kilómetro de línea para el mismo servicio en ambos sistemas de tracción. En dicho trabajo se han tenido en cuenta los siguientes gastos:

a) Para tracción eléctrica:

— Amortización de costes de las instalaciones fijas.

— Gasto anual correspondiente a haberes del personal de servicio en subestaciones y líneas, y el importe de los materiales para el entretenimiento de subestaciones y líneas.

— Gasto anual para reparación de locomotoras eléctricas.

— Coste actual de la energía eléctrica.

b) Para tracción Diesel:

— Amortización anual de las locomotoras Diesel.

— Gasto anual para reparación de locomotoras Diesel.

— Gasto anual del gas-oil para tracción.

Como puede comprobarse, se prescinde de aquellos gastos que como los de personal de conducción, instalaciones de talleres y depósitos, reparación de material móvil, etc., son comunes a ambas tracciones y con gran aproximación, puede admitirse que son del mismo orden en uno y otro caso. Igualmente se establece que el número de locomotoras de ambas tracciones es prácticamente el mismo, ya que deben recorrer 120 000 Km./año, remolcando trenes de 500 Tn. de carga media. Finalmente, para las amortizaciones se ha considerado un interés del 7 por 100 y unos períodos de amortización que se fijan en la ficha de U.I.C., número 371 R.

En resumen, de dicho trabajo se deduce que el coste por kilómetro de vía única y año en línea electrificada es de $252\,478 + 57,14 d$ pesetas, siendo d el tráfico en miles de toneladas por kilómetro brutas remolcadas por kilómetro y año.

Igualmente para vía doble, resulta la fórmula siguiente:

$$385\,401 + 57,14 d \text{ ptas.}$$

Por otra parte, para tracción Diesel, los costes son: 128,64 d pesetas en el caso del precio del gas-oil actual, y 102,51 d pesetas en el caso de que se consiguiera la exención del impuesto, siendo siempre d la densidad de tráfico que se ha definido anteriormente.

Con estos valores, en el trabajo a que hacemos referencia, se llegó a que, en vía única, el tráfico que igualaría los costes en ambos sistemas de tracción es el de 9 670 Tn./Km. brutas remolcadas por kilómetro y día, y 14 700 toneladas/Km. en vía doble con el precio actual del gas-oil. Cifras que se elevarían a 15 240 toneladas/Km. brutas en vía única y 23 270 en

vía doble, si se eximiese a RENFE del impuesto a que nos hemos referido.

A la vista de estos valores, y teniendo en cuenta los tráficos realizados por las distintas líneas de RENFE, se deducen las consecuencias que hemos señalado anteriormente; es decir, que con el precio actual del gas-oil habría que electrificar las líneas: Madrid-Zaragoza-Mora, Valencia-Tarragona, Córdoba-Sevilla, Miranda-Castejón-Casetas, Alcázar-Chinchilla - La Encina-Valencia y, como complemento, Alsasua-Castejón y Córdoba-Málaga, cuyos tráficos, si bien no alcanzan los valores mínimos necesarios, se aproximan a los mismos, con la ventaja que reportaría la unificación del sistema de tracción en las líneas de la 6.^a Zona y por las características del trazado y mejora del aprovechamiento en las líneas de la 3.^a Zona.

Por otra parte, si se lograra la exención del impuesto, con los tráficos actuales, ninguna nueva línea debería ser electrificada, lo que justifica que el Plan de Modernización de RENFE está bien establecido. No obstante, si el tráfico aumentase de forma que en el año 1973 alcanzase un valor de 1,27 veces el tráfico actual, aumento previsible según los crecimientos del Plan de Modernización, resultaría conveniente electrificar: Zaragoza-Mora, Valencia-Tarragona, Miranda-Castejón-Casetas-Zaragoza y Córdoba-Sevilla.

En resumen, según mi modesto punto de vista, deben electrificarse, al menos, las líneas que acabamos de decir, aún si se consiguiera la exención del impuesto a que hemos hecho referencia, y la totalidad de las señaladas sin no se lograra. De esta forma, se llegaría a la solución general de muchos otros países, según los cuales se electrifican las arterias principales, y se explotan con tracción Diesel las líneas que convergen a dichas arterias.

Poco más cabría añadir en relación con las ideas actuales, salvo la de que esta modificación previsible en el Plan de Modernización, obligaría a definirse por el sistema en que debería iniciarse la electrificación de estas líneas. Recordemos, en relación con dicho punto que la electrificación en corriente continua a 3 000 voltios, que es la usual hoy día en España, viene impuesta por las Normas que acompañaron al Decreto de 1946, al que hemos hecho referencia. Sin embargo, no hay que olvidar que siguiendo la tendencia francesa, y con el patrocinio de M. Armand, a partir de 1950 se inició

en Francia la electrificación en monofásica con frecuencia industrial. No queremos definirnos a favor de uno u otro sistemas, pero sí querríamos que antes de introducir innovaciones, si es que esto llegara a producirse, y como quiera que ambos sistemas son buenos desde el punto de vista técnico, se hiciera un completo balance económico teniendo en cuenta los puntos siguientes:

— La electrificación en monofásica tiene menos gastos de instalación por las menores secciones de la catenaria y por las subestaciones, si bien en estas últimas y para reducir los desequilibrios en el haz primario obliga a montajes Scott y a dificultades en la alimentación bilateral de los tractores que para ser logrados obligaría a montajes de condensadores, de precios elevados.

— Por otra parte, el material motor sufre un incremento notable de precio, ya que debe ser apto para varios sistemas de tracción y eso que, recientemente, se han puesto en servicio en Alemania las locomotoras tetracorrientes BB serie E 410 000, en las que han conseguido que el peso en orden de marcha se reduzca a 84 toneladas, es decir, la normal en las locomotoras eléctricas para un solo tipo de corriente.

— Los mayores gastos de explotación que se originan al tener diferentes tipos de material motor, motivados entre otras razones por la dificultad de transvases de unos Depósitos a otros que estuvieran en zonas con distinto sistema de corriente, la necesidad de mayor número de tractores de reserva, piezas de repuesto, etc.

Creemos que los motivos de electrificación hasta ahora ligados, como hemos dicho, a la economía de la Empresa ferroviaria y como consecuencia a la del país, irán evolucionando hasta convertirse en motivo nacional. En efecto, nos encontramos en un momento en que se están produciendo en Europa nuevas orientaciones en la política general de transportes. Naturalmente nos referimos al plan de transportes alemán "Plan Leber" y al inglés, que, por analogía, podríamos llamar "Plan Mrs. Castle".

Estos dos planes, en espíritu, resucitan la llamada "coordinación reglamentaria", que por la vía normativa pretende armonizar los diversos sistemas de transporte, procurando encauzar el tráfico por el medio más económico para la colectividad.

Las duras polémicas suscitadas enarbolando los principios de "libre competencia" y "li-

bertad de lección para el usuario", creemos serán superadas en un futuro próximo y que estos planes y los análogos que surgirán en otros países, acabarán por imponerse. Por lo pronto, se tiene que estar de acuerdo con los objetivos que se persiguen; en efecto, ambos concuerdan en afirmar que a fin de no despilfarrar recursos, el ferrocarril debe alcanzar un índice de utilización mayor que el actual, lo que implica que su participación en el transporte de mercancías a larga distancia debe aumentar. Asimismo, la creciente saturación de las carreteras, hace necesario ahorrar espacio y disminuir los costes de congestión, forzando el transvase de tráfico al ferrocarril, que con su enorme capacidad de respuesta a las innovaciones tecnológicas, podrá dar un servicio eficiente y rápido. Pues bien, me atrevo a asegurar que tanto al poner en marcha estos planes como en los que se establezcan en otros países, se confirmará la necesidad de electrificar como solución para mejorar los recursos energéticos de los mismos y la electrificación pasará a ser motivo nacional, como decíamos anteriormente, que vendrá a completar los otros motivos de coordinación.

No hay que olvidar que el panorama energético de Europa es sombrío, desde el informe de la Comisión Robinson de la Organización Europea de Cooperación Económica (O.E.C.E.) de 1958, el déficit entre las necesidades energéticas y las disponibilidades potenciales aumenta sin cesar, y se comprende, por un lado, algunas de las inquietudes políticas en relación con los países con grandes fuentes de energía, y por otro lado, la necesidad de buscar nuevas formas de suministro y mejor utilización de las disponibilidades.

En relación con el transporte ferroviario, es bien conocido el bajo rendimiento energético de la locomotora de vapor; recordemos que el esfuerzo en el gancho de tracción (aptitud de remolque de carga bruta) no pasa de ser el 5,5 por 100 de la energía del combustible, mientras que puede llegar al 59 por 100 en tracción eléctrica con energía utilizada procediendo de origen hidráulico. Pero mejor que extendernos en esta cuestión y en comentar los otros medios de transporte, será el presentar el cuadro que a continuación se transcribe, y que ha sido tomado de la publicación del Consejo de RENFE, que se realizó en 1960 con el título "Comentarios del ejercicio-El Ferrocarril y la política energética".

Consumos específicos en diversos sistemas de transporte de mercancías (España, 1958).

SISTEMAS DE TRANSPORTE	Combustible o energía	CONSUMOS ESPECIFICOS Energía o combustible consumido por Tn. Km. neta	
		En cada clase de combustible	En contenido energético (1) Kcal.
<i>Ferrocarril (RENFE).</i>			
Tracción vapor	Carbón	269 gr.	1 883
Tracción vapor	Fuel-oil	122 gr.	1 281
Tracción Diesel	Gas-oil	0,022 l.	199
Tracción eléctrica	En. eléctrica	0,119 kWh.	102
<i>Carretera (España)</i>			
Vehículos de.	Gasolina	0,156 l.	1 231
Vehículos de.	Gas-oil	0,070 l.	625
Avión (Cías. españolas) ...	Gasolina	1 934 l.	15 230

(1) Equivalencias adoptadas:

1 Kg. de carbón	=	7 000 Kcal.
1 " de fuel-oil	=	10 500 "
1 " de gas-oil	=	10 500 "
1 " de gasolina ...	=	10 500 "
1 kWh.	=	860 "

No vale la pena extenderse más sobre el asunto y solamente me voy a permitir unas conclusiones que vengan a ser como resumen de todo lo anterior, que representa, exclusivamente, mi punto de vista personal.

Conclusiones:

1.^a Conveniencia de modificar los planes de modernización, incluyendo nuevas líneas a electrificar, resultando así el ferrocarril compuesto de un sistema arterial equipado con tracción eléctrica, completado con un sistema secundario equipado con tracción diesel.

2.^a Que de no poder ser demostrado claramente, desde un punto de vista económico, que se continúe la electrificación en corriente continua a 3 000 voltios, cumplimentando lo legislado al efecto.

3.^a Que se establezca un plan de coordinación de transportes que, entre otros objetivos, tenga en cuenta el aprovechamiento de la energía suministrada como medida de buena administración de los recursos energéticos del país.