430

EL FERROCARRIL DE MADRID A FRANCIA

Y SU TRAZADO MAS CONVENIENTE POR EL INGENIERO DE CAMINOS

D. José Valentí de Dorda

◎ ◎ ◎

JUNIO DE 1919

Imp. provincial á cargo de M. Falces

EL FERROCARRIL DIRECTO DE MADRID A FRANCIA Y SU TRAZADO MÁS CONVENIENTE; POR EL INGENIERO DE CAMINOS

D. JOSÉ VALENTI DE DORDA

JUNIO DE 1919

6678

I.-Consideraciones generales

En los meses de Febrero y Marzo últimos publicó el autor de estas lineas una serie de artículos en el diario madrileño «El Sol» sobre el estado actual de nuestra red ferroviaria, como punto de partida para el estudio de las características más convenientes que ha de tener la gran red de ferrocarriles directos que debe construirse y de la cual hay ya algunas líneas en proyecto. Coincidió esta campaña con la emprendida por el ilustre Jefe del Cuerpo de Caminos Sr. Bellido, en otros periódicos diarios y desde la Revista de Obras públicas, y con la díscusión habida en las columnas de «Madrid Científico» entre el Excmo. Sr. Vizconde de Eza y el ilustre Ingeniero D. Antonio González Echarte; y quizás estos trabajos unidos á la discusión en Cortes del proyecto de ley del 21 de Enero último relativo á la construcción por cuenta del Estado de un ferrocarril directo entre la frontera francesa y el puerto de Algeciras, y el publicado en la «Gaceta» del 15 de Febrero referente a la construcción en análogas condiciones del ferrocarril directo Madrid-Valencia y del ramal Pamplona-Pasajes, han sido la causa fehaciente de este clamor de entusiasmo en regiones abandonadas hasta hoy por los Poderes Públicos en este aspecto, y de tanta queja exteriorizada en muchas otras que se estiman preteridas.

Sobre mi mesa tengo una «Propuesta de modificación del Proyecto de Ley para la construcción por el Estado, del ferrocarril de la Frontera Francesa a Algeciras, presentada por las Diputaciones y Ayuntamientos de Burgos, San

Sebastián, Santander, Vitoria. Bilbao y Segovia» y un folleto anónimo titulado «Una opinión acerca del Proyecto de ferrocarril Directo entre la Frontera Francesa y el puerto de Algeciras.» Sabido es que en Burgos funciona una titulada «Comisión burgalesa de iniciativas ferroviarias» que a todas partes se dirige en solicitud de adhesiones a unas conclusiones a primera vista de cierto carácter general ferroviario, pero de las que pretenden deducir consecuencias bien particularistas. Por su parte, Guadalajara, Soria y Logroño también se aprestan a la defensa de sus intereses nombrando una Comisión fija en Madrid, integrada por valiosísimos elementos.

Todos estos esfuerzos y trabajos a los que seguramente habrá que sumar algunos más que yo desconozca, acreditan bien claramente que el país y dentro de él, naturalmente en mayor grado las regiones directamente interesadas, se preocupa y presta toda su atención á cuestiones ferroviarias que hasta ahora no habían pasado del dominio de escaso número de técnicos si se exceptúa el cariño con que siempre las distinguió y prestó su valioso apoyo Su Majestad el Rey, que en estos asuntos como en tantos otros es más técnico que muchos que de ello presumen. Hora es, pues, de que cada uno dentro de nuestras fuerzas contribuyamos a encauzar este movimiento grande de opinión, y yo me creo más obligado que otro cualquiera a hacerlo así, cuanto en mis modestos artículos se ha encontrado base para algunos de los trabajos y campañas de que he hecho mención; y sin más preámbulos, justificada mi intervención en el asunto, paso a desarrollar el tema que me he propuesto.

II.-Ferrocarril directo de Madrid a la frontera francesa

En los folletos y artículos de que he hablado se narra con

todo detalle la historia del anteproyecto de ferrocarril directo de Madrid a la Frontera Francesa redactado por una comisión presidida por D. Antonio González Echarte en cumplimiento de las Reales órdenes de 17 de Enero de 1914 y 31 de Enero del mismo año. Conocido también es el informe hecho por Mr. Lavis por encargo de la «American International Corporation» proponiendo una variación en el trazado. Comenzada a principios del año corriente la discusión pública de este asunto, puede asegurarse que cada capital de provincia más ó menos posiblemente afectada por el futuro ferrocarril directo propone un trazado distinto y lo defiende con todas las energías que le dá su convencimiento y su interés, no intentaremos pues enumerar todos los trazados propuestos para la unión directa de Madrid con la Frontera Francesa, pero sí daremos cuenta de los principales.

1.º Trazado del anteproyecto.—Partiendo de Madrid cruza la divisoria entre el Tajo y el Duero por el puerto de Bochones (1.233 m.) toma Soria como punto obligado, baja al Ebro por el abrupto puerto de Oncala, llega a Calahorra y sube a Pamplona siguiendo el Arga. Desde Pamplona sigue por el Arga y cruza los Pirineos por el puerto de Urtiaga en los Alduides (912 m.), debiendo enlazar en Dax con la red francesa. El trayecto Madrid-Frontera todo él de nueva construcción supone una longitud aproximada de 440 kilómetros.

2.º Trazado posible según Echarte, si se pretende utilizar líneas existentes.—Utilizando las líneas existentes Madrid-Torralba y Torralba-Soria, construyendo el trozo Soria-Castejón, utilizando el existente Castejon-Pamplona y construyendo el ramal Pamplona-Urtiaga, se tiene un trazado de 474 Kms. de longitud aproximada, de los cuales únicamente serían 137 Kms. de nueva construcción, la mayoría de ellos por terreno fácil.

3.º Trazado Lavis.—Se decide por un trazado Madrid, Paredes, Almazán, Agreda, Alfaro, Pamplona, Urtiaga, intermedio entre el 1.º y 2.º, todo él de nueva cons-

trucción, de desarrollo algo mayor que el del primer trazado, pero de recorrido más suave.

4.° Trazado Somosierra-Burgos.—Construyendo la línea directa Madrid-Burgos por el puerto de Somosierra, Aranda de Duero y Lerma y utilizando el trozo existente Burgos Irún.

5.° Trazado Segovia-Burgos.—Utilizando la línea actual Madrid-Segovia, construyendo la línea directa Segovia-Burgos y aprovechando como en el trazado anterior el trozo Burgos-Irún.

6.° Trazado existente.—Línea del Norte Madrid Irún con 640 kms. de recorrido.

El 4.° trazado que he indicado es el que se preconiza en la Propuesta de modificación de Diputaciones y Ayuntamientos de Burgos, San Sebastián..... y el 5.° trazado lo defiende el folleto anónimo de que he hecho mención. Ambos se caracterizan por tomar la estación actual de Irún como enlace con la red francesa, evitando así la construcción del centenar de kilómetros de enlace de Urtiaga con Dax, (1) ventaja que apreciarán especial y grandemente nuestros vecinos los franceses.

No he hablado de la longitud de los trazados 4.° y 5.° porque desconozco los detalles de los trazados a construir que preconizan los defensores de esas soluciones y como de ellos depende mucho su desarrollo, me parece preferible dar un resumen de los trazados estudiados con anterioridad y de ellos deducir las posibles longitudes y condiciones de los que pudieran ejecutarse. Del estudio de los trazados estudiados entre Madrid y Burgos que a continuación expongo, he deducido el siguiente estado de longitudes tomando Dax como punto obligado de enlace con la red francesa.

---

(1) El recorrido del puerto de Urtiaga a Dax sería de unos 107 kms. contra los 80 kms. que tiene el de Irún-Dax.

	Longitud en España.	Longitud en Francia.	TOTAL
	Kilómetros	*Kilómetros*	*Kilómetros*
1.° Madrid-Bochones-Soria-Calahorra-Pamplona-Urtiaga-Dax.....	440	107	547
2.° Madrid-Torralba-Soria-Castejón-Pamplona-Urtiaga-Dax.....	474	107	581
3.° Madrid-Paredes-Almazán-Alfaro-Pamplona-Urtiaga-Dax.....	450	107	557
4.° Madrid-Somosierra-Burgos-Irún-Dax.....	570	80	650
5.° Madrid-Segovia-Aranda-Burgos-Irún-Dax.....	590	80	670
6.° Madrid-Medina-Burgos-Irún-Dax.	640	80	720

III.-Trazados estudiados entre Madrid y Burgos

La longitud actual del recorrido Madrid-Burgos por la línea del Norte que es de 370 kilómetros aproximadamente, ha pretendido acortarse en multitud de proyectos fundados unos en la realización del ramal directo Segovia Burgos y otros en un enlace completo de nueva construcción Madríd-Burgos cruzando el Guadarrama por el puerto de Somosierra.

Los proyectos que yo conozco fundados en esta última resolución aparte de los ensayos y estudios muy antiguos, son los siguientes:

a) Proyecto de ferrocarril directo Madrid-Santoña por Burgos, del que era concesionario Mr. Charles Braconnier, cuya confrontación se hizo en 1897 y cuyos tra-

bajos de ejecución ya comenzados fueron paralizados en absoluto por la declaración de guerra entre España y los Estados Unidos.

Este ferrocarril estaba proyectado con carácter económico, con ancho de vía de 1,00 m, rampas de 23 °/oo y curvas hasta de 150 m. de radio. Las estaciones eran las siguientes: Madrid, Hortaleza, Alcobendas, Algete y Fuente el Saz, Valdetorres, Molar, Torrelaguna, El Berrueco, Lozoyuela, Manjirón, Buitrago, Braojos y Laserna, La Acebeda, Santo Tomé del Puerto, Cerezo de Arriba, Riaza, Corral de Ayllón, Maderuelo, Linares, Fuente el cesped, Aranda de Duero, Gaimiel, Oquillas, Cilleruelo, Castrillo, Lerma, Torrecilla, Madrigal, Revillarruz, Burgos.

El trazado tiene:

En horizontal....	50'727	Kms.
Rampas entre 0 y 7'5 °/oo	56'997	»
» » 7'5 °/oo y 15 °/oo	52'094	»
» » 15 °/oo y 20 °/oo	81'006	»
» » 20 °/oo y 23 °/oo	23'004	»
TOTAL	263'828	»

b) Proyecto de la Vasco Castellana, utilizando las antiguas concesiones de Madrid á Fuente el Saz con ramales á Torrelaguna y Alcalá, Torrelaguna á Bocequillas con ramal á Aranda de Duero, Aranda de Duero á Burgos y buscando la prolongación á Bilbao; se proyectó de ancho de vía de 1,435 metros, curvas mínimas de 300 metros y rampas máximas de 16 °/oo, es decir, con características de línea de gran tráfico.

Las estaciones eran Madríd, Fuencarral, San Sebastián, San Agustín, El Molar, Torrelaguna, Berrueco, Manjirón, Prádena, Somosierra. Cerezo, Castillejo, Bocequillas, Ureña, Torreadrana, Moradillo, Adrada, Aranda de Duero, Ventosilla, Cabañas, Cilleruelo, La Andaya, Lerma, Villamayor de los Montes, Ontoria, Cuzcurrita, Ibeas, Burgos.

El trazado tenía

En horizontal.....	62.287	metros
Rampas entre 0 y 5 ‰	44.618	»
» » 5 ‰ y 10 ‰	81.107	»
» » 10 ‰ y 12 ‰	46.686	»
» » 12 ‰ y 14 ‰	7.688	»
» » 14 ‰ y 16 ‰	79.855	»
TOTAL.....	322.241	»

c) El proyectado ferrocarril económico de Bosch, Zapata y Brockmam de los años 1892 y 1894, de Madrid á Burgos, de vía estrecha, curvas de 150 metros de radio y rampas hasta de 30 ‰, con un desarrollo total de 272'3 kilómetros.

Como se vé, todos los proyectados ferrocarriles directos de Madrid a Burgos tiene desarrollos por encima de los 270 kilómetros, y el trazado que había de elegirse para el directo de Madrid a Francia habrá de asemejarse mucho por sus características al de la Vasco Castellana y aun cuando a costa de aumentar la importancia de las obras de fábrica y movimientos de tierra, se rebajará algo de la longitud de 322 kilómetros que aquel trazado tenía ¡no se podrá fácilmente bajar de los 300 kilómetros, economizando unos 70 kilómetros sobre el recorrido actual.

La otra resolución de aprovechar los 101 kilómetros del recorrido actual Madrid-Segovia construyendo el directo Segovia-Burgos tiene su apoyo el estar este último ramal incluído en la ley de ferrocarriles complementarios de 25 de Diciembre de 1912, pero tiene el grave inconveniente de que siendo el trayecto Segovia-Burgos uno de los más suaves de la línea del Norte, es muy difícil de acortar beneficiosamente como se ordenaba en el preámbulo del proyecto de la ley de que hablamos, pues la región de Sepúlveda es sumamente accidentada y entre Aranda y Burgos hay que cruzar algunos valles de través y en muy malas condiciones y de ahí que el primer proyecto de ferrrocarril directo de Segovia a Burgos por Sepúlveda y

Aranda que se presentó a la confrontación de la 1.ª División de ferrocarriles fue desechado previo el informe desfavorable del Ingeniero Jefe de la División. Actualmente se halla un segundo proyecto modificando el primero sometído a confrontación, y como es natural, nada podemos preveer sobre la suerte que corra, pero no creemos muy atrevido afirmar que no mejorará grandemente el estado actual de comunicaciones entre Segovia y Burgos y no pasará de una cincuentena de kilómetros el acortamiento que signifique, pues el primer proyecto Segovia-Burgos tengo entendido que tenía cerca de 220 kilómetros de recorrido y seguramente en el proyecto modificado aumentará éste. Creemos, pues, en vista de lo dicho, haber justificado ampliamente las cifras de 300 kilómetros para la longitud de la línea directa Madrid-Burgos y 320 kilómetros para el Madrid-Segovia-Burgos que agregados á los 270 kilómetros largos que hay de Burgos a Irún dan 570 kilómetros y 590 kilómetros respectivamente para los dos trazados Madrid-Somosierra-Burgos-Irún y Madrid-Segovia-Aranda-Burgos-Irún, que son los desarrollos que he hecho figurar en el cuadro del capítulo anterior.

IV.-Trazado más conveniente

Es que el trazado más corto es siempre el más conveniente? Lejos está de mi ánimo el sentar tan descabellada afirmación y en un artículo publicado en el número 452 de «El Sol» estimo que aclaro suficientemente este concepto. Decía en él que al comparar distintos trazados entre dos puntos, hay que marcarse los puntos de vista bajo los cuales se va a hacer el estudio para determinar su mayor o menor conveniencia; y de la infinidad de puntos de vista que pueden adoptarse no cabe dudar que los más importantes son los tres siguientes:

(a) Cuál es la línea más rápida de recorrer?

(b) Cuál es la que supone menores gastos de explotación?

(c) Cuál es la de más económica construcción?

Además los resultados de la aplicación de los dos primeros puntos de vista varían según fijemos nuestra atención en los tráficos rápidos o lentos de viajeros, mixtos o de mercancías y según el sistema elegido para la tracción sea de vapor ó eléctrico.

Tratándose de la línea directa de Madrid a Francia, estimo que de acuerdo con lo decidido por el Ministerio de Fomento, la tracción debe ser eléctrica aunque no fuera éste el sistema más económico pues de no serlo la desventaja no sería mucha, y las ventajas en las restantes condiciones de la tracción la compensarían ampliamente. Respecto a la clase de tráfico a que se debe conceder primordial atención, por el carácter de dícha línea directa, con un gran tráfico de viajeros intercontinental entre París y Dakar, opino que debe estudiarse principalmente su adaptabilidad al tráfico de viajeros, no olvidando naturalmente la importancia que el tráfico rápido de mercancías ha de alcanzar.

(a) Cuál es la línea más rápida de recorrer?

Fijadas ya estas premisas, vamos á comenzar nuestro estudio indagando los tiempos empleados en el recorrido por los distintos trazados que se proponen. Indudablemente las curvas de pequeño radio en un trazado imposibilita el conseguir grandes velocidades; análoga influencia se concede generalmente á las fuertes rampas y pendientes sin que la realidad, especialmente tratándose de tracción eléctrica, lo confirme. En efecto, la gran capacidad de los tractores eléctricos permiten subir a gran velocidad rampas por fuertes que sean, especialmente si no son muy largas; por lo que respecta a las pendientes todos sabemos que prácticamente en las pendientes de 20 $^{o}/_{oo}$ existentes en la línea del Norte para el paso de la Sierra de Guadarrama, los trenes rápidos alcanzan velocidades próximas al centenar de kilómetros por hora, siempre que se trata de compensar retrasos en el cumpli-

miento del horario, confiándose los conductores casi en absoluto en el freno automático de vacío, júzguese, pues, de la posibilidad de realizar esas velocidades en las bajadas, con tracción eléctrica, disponiendo á más del frenaje automático, del frenaje electríco de accionamiento regulable y poderosísimo.

Partiendo, pues, de la premisa de la utilización de la tracción eléctrica y tomando un promedio de velocidades de circulación en las distintas rampas subiendo y bajando, para el tráfico rápido de viajeros obtendremos las siguientes cifras:

Rampas.	*Velocidades de circulación.*
Horizontal...	100 kilómetros por hora.
5 °/oo.....	96 » » »
10 °/oo.....	90 » » »
15 °/oo.....	83 » » »
20 °/oo.....	75 » » »
25 °/oo.....	65 » » »

Fundándonos en estas cifras y sin tener por ahora en cuenta el retraso ocasionado por curvas, paradas en las estaciones, etc., llegamos a los siguientes tiempos aproximados de recorrido para cada uno de los trazados que estamos estudiando entre Madrid y la Frontera.

1.° ..... 5 h. 10'
2.° ..... 5 h. 25'
3.° ..... 5 h. 15'
4.° ..... 6 h. 40'
5.° ..... 6 h. 55'
6.° ..... 7 h. 05'

Claro es que a estos tiempos de recorrido hay que agregar el tiempo perdido en el tránsito de curvas (las mínimas son de 300 metros de radio en casi todos los traza-

dos y en longitud aproximadamente igual) en paradas en las estaciones con los frenajes y arrancas consiguientes y el tiempo necesario para llegar desde la Frontera hasta Dax. Puede, sin embargo, fácilmente deducirse que los trazados más rápidos de recorrer son el 1.°, 2.° y 3.° y que se recorren seguramente en un 15 °/₀ ó un 20 °/₀ menos de tiempo que los trazados 4.°, 5.° y 6.°

Esta comparación que hemos hecho para un tráfico rapidísimo de viajeros podríamos repetirla para toda clase de tráficos de viajeros y mercancías y seguramente los resultados diferirían muy poco de los expuestos.

(b) . Cuál es la línea que supone menores gastos de explotación?

Existen multitud de fórmulas que pretenden dada una línea férrea de cierta pendiente, determinar la longitud de un tramo horizontal equivalente bajo el punto de vista de la resistencia a la tracción por tonelada de tren, longitud que denominan *longitud virtual* de la línea a estudiar. Estas fórmulas de escasísimo valor científico y ya desacreditadas en el Congreso de Ferrocarriles de Bruselas de 1885, han sido utilizadas por algunos tratadistas para deducir dada una línea, la longitud de tramo horizontal equivalente en gastos de tracción y en gastos de explotación; estas últimas fórmulas son las que comentaremos aquí y de ellas las de la Comisión Suiza de Amiot, Menche de Loins y Jacquier que son las más conocidas.

Todas ellas están fundadas en la tracción de vapor y suponiendo líneas de exclusivo tráfico lento de mercancías: de ahí que lleguen á coeficientes exageradísimos y que me haya creído en el deber de agregar en el cuadro que a continuación expongo, una columna de longitudes virtuales probables con tracción eléctrica. Para deducir los números que en ella figuran he tenido en cuenta que con tracción eléctrica, el consumo de energía representa tan solo de un 5 a un 10 °/₀ del total de los gastos de explotación y que la influencia de las rampas en la composición de trenes con tracción eléctrica no es tan desfavorable como con

tracción de vapor. Además he considerado una línea con tráfico de viajeros y mercancías igualmente dignos de ser tenidos en cuenta. En las bajadas la tracción eléctrica no supone consumo de energía y puede suponer recuperación, y he tomado para el cálculo de las cifras de gastos de explotación tráficos equivalentes subiendo y bajando, que es el caso general. El cuadro es el siguiente:

Rampas en milésimas.	GASTOS DE EXPLOTACIÓN				
	Comisión Suiza. 1873	Amiot 1879.	Menche de Loins 1879.	Jacquier 1904.	Tracción eléctrica.
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00
10	1,52	1,50	1,17	1,30	1,10
15	1,81	1,75	1,45	1,63	1,20
20	2,13	2,00	2,31	2,11	1,35
25	2,46	2,25	2,64	2,76	1,50
30	2,82	2,50	3,21	»	»
40	3,64	3,00	»	»	»
50	4,60	3,50	»	»	»

Los coeficientes de la última columna que a primera vista pueden parecer reducidos, son más bien elevados, pues he extremado en su obtención el criterio pesimista. Aplicando estos coeficientes al cálculo de la longitud virtual equivalente de cada uno de los trazados que pretendemos comparar, bajo el punto de vista de los gastos de explotación, llegamos a los siguientes resultados:

	Kilómetros virtuales.
Madrid á Francia (Trazado del anteproyecto)	517
Madrid-Torralba-Soria-Castejón-Pamplona-Urtiaga.	553
Madrid-Paredes-Almazán-Alfaro-Pamplona-Urtiaga.	525
Madrid-Somosierra-Burgos-Irún	664
Madrid-Segovia-Aranda-Burgos-Irún.....	690
Madrid-Medina-Burgos-Irún.....	724

Es decir, que la explotación por los trazados por Soria (o próximos a esta ciudad) y Pamplona resultará de un 17 á un 26 % más económica que con los trazados por Burgos e Irún. No hemos tenido en cuenta la influencia de las curvas por las razones expuestas anteriormente.

(c) Cuál es la línea de más económica construcción?

Indudablemente las soluciones más económicas de construcción, son aquéllas que utilizan en su totalidad o en parte líneas ya construídas y a las que únicamente habría que dotar (salvo excepciones) de doble vía, de instalaciones más completas de vía y material, y proceder a su electrificación.

El trazado del anteproyecto tiene un coste de construcción, según los cálculos del Sr. Echarte, de unos 340 millones de pesetas, comprendido el coste de la electrificación, pero excluído el importe de los saltos. De construirse con simple vía su importe ascendería solamente á unos 250 millones. Estos cálculos se basan en los precios anteriores a la guerra, dada la inestabilidad y gran tendencia á la baja de los precios actuales.

El trazado Madrid-Torralba-Soria-Castejón-Pamplona Urtiaga, necesita en los 337 kilómetros ya en explotación, de su recorrido, la construcción de doble vía, electrificación y ampliación de sus instalaciones cuyo coste podemos calcularlo en 300.000 pesetas por kilómetro o sea en un total de 100 millones de pesetas. Además hay 137 kilómetros de nueva construcción cuyo coste, fundándonos en las cifras del Sr. Echarte, podrá ser de unos 110 millones, con lo cual el total de las obras a efectuar ascendería á unos 210 millones. Con simple vía se reduciría este presupuesto a unos 140 o 150 millones.

Del importe de la construcción del tercer trazado preconizado por Mr. Lavis no hay cálculos muy seguros, pues los aproximados de Mr. Lavis se reducen al caso de construcción con simple vía y tracción de vapor, pero fundándonos en los datos que expone, podemos fijarlo para tracción eléctrica y vía simple en unos 210 millones. Con doble vía su

presupuesto ascendería aproximadamente á los 300 millones, suponiendo un ahorro de unos 40 millones (cifra quizás exagerada) sobre el importe de la construcción del trazado del anteproyecto.

Para el trazado Madrid-Somosierra-Burgos-Irún hay que construir unos 300 kilómetros nuevos entre Madrid y Burgos, y electrificar 272 kilómetros en el trozo Burgos Irún, duplicando la vía entre Miranda y Alsasua (77 kilómetros). Calculando el coste kilométrico de la nueva construcción a 790.000 pesetas por kilómetro, (1) a 300.000 pesetas por kilómetro el de la duplicación de vía, ampliación y electrificación y a 150.000 pesetas el de la mejora y electrificación de la doble vía llegamos a un presupuesto global de 290 millones de pesetas. Partiendo de las mismas hipótesis se deducirá que el importe del trazado Madrid Segovia-Burgos-Irún en el que hay que construir el trozo de Segovia-Burgos y duplicar la vía en los de Villalba-Segovia y Miranda-Alsasua será de unos 250 millones.

Por último, la adaptación de la línea actual Madrid-Irún al tráfico del directo, construyendo la doble vía entre El Escorial y Medina y entre Miranda y Alsasua, electrificando su tracción, impondrá siempre dentro de las mismas hipótesis, un gasto de unos 130 millones de pesetas.

Con lo expuesto tenemos los datos de los costes aproximados de construcción de los diversos trazados, pero es que el Estado que sería forzosamente la entidad que sufragara los gastos de aplicación, adaptación y electrificación de las líneas existentes, habría de dejar en poder de Compañías particulares, parte de la propiedad de éstas, con las consiguientes dificultades en la explotación? Estimamos que de ninguna manera y que por lo tanto el Estado habría de estatificar los trozos de líneas existentes que hubiera de aprovechar el trazado que se eligiere.

El trozo Madrid-Torralba de la línea Madrid-Zaragoza suponiéndole un valor proporcionado al del total de la línea

---

(1) Coste kilométrico análogo al del anteproyecto de Echarte

está capitalizado en 330.000 pesetas por kilómetro, descontando lo que corresponde a la subvención del Estado. La línea Torralba-Soria capitalizada en análoga forma tiene un valor de 170.000 pesetas por kilómetro, y de 250.000 pesetas por kilómetro el trozo Pamplona-Castejón.

Bastante más cara de adquisición es la línea de Madrid Irún, de la Compañía del Norte, pues aún unida a líneas de menor valor aparece capitalizada en 420.000 pesetas por kilómetro. Con arreglo a estos datos se ha estudiado el siguiente cuadro:

TRAZADOS	COSTE EN MILLONES DE PESETAS		
	Construcción.	Compra de líneas existentes.	Total.
Madrid á Francia (trazado del anteproyecto).....	340	»	340
Madrid-Torralba-Soria-Castejón Pamplona-Urtiaga	210	90	300
Madrid-Paredes-Almazán-Alfaro Pamplona-Urtiaga	300	»	300
Madrid-Somosierra-Burgos-Irún	290	114	404
Madrid-Segovia-Aranda-Burgos Irún.....	250	157	407
Madrid-Medina-Burgos-Irún....	130	270	400

RESUMEN

Compendiando todo lo expuesto, vemos que tanto bajo el punto de vista de las velocidades de recorrido como atendiendo a los gastos de explotación o construcción, los trazados del ferrocarril directo Madrid-Francia, que siguen la línea general Soria-Pamplona-Urtiaga, presentan ventajas considerables (hasta de un 20 a 25 °/₀ en algunos as-

pectos), sobre los que pretenden alcanzar la Frontera Francesa en Irún, pasando por Burgos.

Una hoja volandera que por ahí circula, editada por elementos burgaleses, afirma que admitiendo las mismas velocidades en la línea actual Madrid-Irún que las que sirvieron a la Comisión del Anteproyecto para el estudio de los cuadros de marcha en la proyectada línea Madrid Bochones-Soria-Oncala-Calahorra-Pamplona-Urtiaga, la diferencia del tiempo de recorrido para los trenes rápidos entre Madrid y Dax, es únicamente de 20 minutos entre una y otra línea, a favor naturalmente de la segunda. Como los resultados que presentamos en este folleto son completamente distintos, pues nosotros afirmamos que esa diferencia en tiempos de recorrido es muchísimo mayor, alcanzando de un 15 % á un 25 % del tiempo total, vamos a explicar al lector lo que á primera vista parece inexplicable.

La Comisión del Anteproyecto fijaba en siete horas la duración del recorrido Madrid-Frontera Francesa partiendo de las siguientes velocidades:

En horizontal.....	100	kms.	por	hora.
Rampa o pendiente de 5 ‰	90	»	»	»
» » » 10 ‰	80	»	»	»
» » » 15 ‰	65	»	»	»
» » » 20 ‰	56	»	»	»
» » » 25 ‰		»	»	»

Los cálculos se hicieron tomando siempre para rampas o pendientes intermedias la velocidad inferior, siendo así que los elementos burgaleses toman la superior en su aplicación a la línea Madrid-Irún. A más de esta opuesta modalidad en la aplicación de las velocidades tipos, la Comisión del Anteproyecto teniendo en cuenta que no se trataba de conseguir velocidades teóricas, sino de estudiar cuadros de marcha perfectamente realizables a más de calcular ampliamente el tiempo perdido en tránsito de curvas, frenaje, parada y arranque de trenes en las estaciones, etc. tomó un gran margen de seguridad al señalar las siete horas para el recorrido, para permitir la recuperación de posibles re-

trasos y asegurar la perfecta conservación del horario; con un criterio tan optimista y decidido como el de la hoja burgalesa de que hablamos, el recorrido Madrid-Dax por la línea objeto del Anteproyecto se haría tan solo en 7 horas 37' como demostramos en el apéndice que figura al final de este Folleto y la diferencia en tiempo sería de 1 hora 22' y no tan solo de 20 minutos como esos señores equivocadamente afirman, lo que representa una economía de un 18 %.

Así, pues, si los trazados por Soria y Pamplona para una comunicación directa entre Madrid y la Frontera Francesa, son mucho más rápidos de recorrer, y más económicos de construcción y explotación que los trazados por Burgos e Irún, estimamos que los intereses particulares burgaleses, muy respetables sin duda, deben acallarse en este caso, ante el interés nacional que así lo exige. Al defender Burgos lo indefendible obedece á impulsos lógicamente nobles y levantados, pero su campaña seguramente no dejará de ser vista con complacencia por la poderosa Compañía del Norte, que vé en ella la más eficaz palanca para la consecución de sus fines; la completa estancación del proyecto de ferrocarril directo de Madrid a Francia

A ciertos argumentos refutados en páginas anteriores suman los elementos partidarios del trazado por Burgos e Irún, un razonamiento que a ellos paréceles decisivo. La línea actual Madrid-Avila-Burgos-Irún tiene ya enlaces con las líneas afluentes de nuestras regiones de Galicia, Asturias y Castilla la Vieja, sin olvidar Bilbao y cualquier trazado por Burgos, por separarse poco del actual requeriría muy pocos enlaces nuevos; en contraste con ello la línea Madrid-Soria-Pamplona-Urtiaga necesitaría para su complemento la construcción de numerosos enlaces.

Si este argumento pudiera ser decisivo, sería imposible el incremento de las redes ferroviarias en todos los países, pues a líneas nuevas corresponden nuevos enlaces, y valga la perogrullada. Y ¿es que hay alguien que no tenga intereses acordes con los de las actuales Compañías Fe-

rroviarias, que pueda pensar ni un momento, que España tiene una red ferroviaria suficiente, y suficientemente dotada para sus necesidades actuales, sin hablar de sus necesidades próximas? Nuestros 12 000 kilómetros de vía ancha debían doblarse, triplicarse si quisiéramos que todas nuestras energías en estado de potencia se manifestaran cual deben, si tratáramos de sacar a nuestra economía nacional del marasmo en que se halla.

Y al pensar en ampliar nuestra red ferroviaria lo primero que se ocurre es establecer un sistema de comunicaciones directas del Centro con la Periferia que hoy no existe, completado con las líneas transversales y circulares necesarias; y no puede negarse que la necesidad del enlace directo de Madrid con Francia es de las que más se dejan sentir.

Luego si hemos de construir una línea nueva, forzoso será enlazarla con las existentes y no se estime este dispendio como inútil, pues todo dinero gastado en ferrocarriles es reproductivo, si no siempre para la Empresa Explotadora, sí lo es sin excepciones para la Nación, cuya riqueza aumenta considerablemente, y para el Estado que ve incrementar sus fuentes de tributos.

De las tres soluciones expuestas en estas páginas para la unión directa de Madrid y Francia por tierras de Soria y Pamplona, nosotros somos decididos partidarios de desechar la solución fundada en el aprovechamiento de las líneas existentes Madrid-Torralba, Torralba-Soria y Pamplona-Castejón, y a continuación exponemos las razones que justifican nuestra actitud.

La adquisición y explotación por el Estado de la línea Torralba-Soria, (1) línea terminal, no había de ofrecer grandes dificultades; algo mayores serían las que presentara la Compañía del Norte para la cesión de su línea Pamplona

(1) Obsérvese que siempre hablo bajo la base de que sea el Estado quien construya y por lo tanto explote la línea directa aunque ello se disimule en una ú otra forma, pues es la única entidad en disposición de acometer tal empresa.

Castejón, que tanto coadyuva al enlace de su red catalana con la red principal, pero piénsese en las condiciones en que podría explotar sus líneas la Compañía M. Z. A. si le arrebatamos el trozo Madrid-Torralba, dejando sin conexión con el resto su red catalana.

Por otra parte ya hemos dicho que estimamos imposible que el Estado una vez sufragados los enormes gastos de construcción de la doble vía, ampliación y electrificación del trozo Madrid-Torralba, gastos realizados con vistas a asegurar el tráfico del directo, abandone la explotación en manos de la Compañía de M. Z. A. que ha de cuidar especialmente, como es lógico, de asegurar su tráfico peculiar en primer término. A más de que volvemos a repetir que nuestra red actual es insuficiente, que la línea Madrid-Torralba tiene ya hoy día un tráfico sobrado que aumentaría grandemente si sus instalaciones fueran las que debieran, y que por mucho que mejoraran éstas, malamente podría servir la enorme aportación de tráfico de la línea directa Madrid-Francia.

Estos mismos inconvenientes, en escala muchísimo mayor, se presentarían si el Estado intentara el aprovechamiento de algún trozo de la línea Madrid-Irún de la Compañía del Norte, y hacen ver lo absurdo del propósito.

Necesitamos aumentar nuestra red, construir líneas nuevas, y el Estado debe estimar como política funesta la de emplear el erario público en la adquisición de líneas férreas particulares cuyo aprovechamiento generalmente, mal resuelve el problema de las necesidades ferroviarias de la Nación cuando la construcción de nuevas líneas que aumentan la riqueza nacional atravesando regiones abandonadas y poniendo en circulación energías hoy dormidas, es lo que el desarrollo de las actividades del país reclama.

Decidir ya entre los dos trazados de nueva construcción, estudiado uno por la Comisión del Anteproyecto con arreglo a las prescripciones que la Superioridad le dictara, y preconizado el otro por Mr. Lavis, señalando cuál es el preferible, no puede ser ya misión del que pergeña estas li

neas. Existe una nueva Comisión nombrada para redactar el proyecto definitivo de construcción, presidida por el conocido y eminente Ingeniero Sr. Machimbarrena, que libre de algunas trabas que a la primitiva Comisión del Anteproyecto se impusieron, realizará seguramente una labor brillante y aclarará aquellos detalles y características del trazado que hoy aún pueden aparecer dudosos.

V.-Ancho de vía

No queremos terminar este folleto sin dedícar algunos párrafos a la tan debatida cuestión del ancho de via, cuestión tomada por algunos como argumento para la defensa de determinados trazados del directo, y que nosotros por estimar por completo independiente, no hemos querido tratar hasta terminado el estudio de aquéllos. Sabido es que las redes normales española y portuguesa tienen un ancho de vía de 1'67 m. siendo así que el ancho de vía en el resto de Europa, exceptuando Rusía, es de 1'44 m. Esa diferencia en el ancho de vía, con los consiguientes trasbordos e imposibilidad de intercambio de material, es causa de la aminoración del tráfico en la Frontera Francesa, manteniendo España casi por completo aíslada del movimiento económico é intelectual del resto de Europa, encarece grandemente numerosos productos necesarios para nuestro consumo e imposibilita la exportación de otros.

Sin volver sobre las causas de tal estado de cosas, causas que estudiamos en nuestro artículo del número 424 del diario «El Sol» si hemos de recordar lo que allí decíamos sobre el coste de la operación de cambio de ancho de vía en nuestra red normal. Decíamos allí: «En 211 millones de pesetas calcula Echagüe el importe del cambio en los 11 mil y píco de kilómetros que poseemos de vía ancha; los ingenieros franceses que se han ocupado del asunto hacen ascender el importe a 300 millones aproximadamente y Ma-

ristany, en sus cálculos, con un criterio algo pesimista, llega a los mil millones en cifras redondas.»

El Sr. Garriga en su discurso del Senado el 4 de Febrero último, al tratar este asunto, abogó por la modificación del ancho de vía solamente en la mitad de nuestra red, aceptando las cifras de coste del Sr. Maristany, aun conceptuándolas muy elevadas según sus cálculos. Tanto éste, como todos aquellos otros técnicos que han estudiado el problema, reconocen la posibilidad y conveniencia de la modificación del ancho de vía: la última Asamblea Nacional de Ferrocarriles aprobó entre sus conclusiones la necesidad de ir a este cambio de vía, y únicamente algunos retroceden ante lo que estiman elevado coste de la operación.

Pero reflexiónese que España, hoy no posee más que la mitad o tercera parte de la red ferroviaria que necesita, que las dificultades e inconvenientes del actual aislamiento nuestro (las cifras de tráfico por nuestra frontera asustan por su pequeñez), han de aumentar terriblemente en un plazo breve, dado el enorme desarrollo que han de adquirir todas las actividades humanas en las Naciones tan terriblemente afectadas por la pasada conflagración, y la evolución y progreso mundial consiguiente, ante el que nuestro retraso, hoy de años, semejará de siglos. Este es el momento de acometer la obra del cambio del ancho de vía de nuestra red; mañana, que nuestra red haya aumentado, pese a todas las trabas puestas por las actuales Compañías Ferroviarias y demás intereses encontrados, el importe de esa obra sería doble ó triple de lo que pueda ser hoy, y medio millar o un millar de millones gastados ahora oportunamente, pueden ahorrarnos 2 ó 3.000 millones derramados dentro de algunos años, y un período de estancamiento en la vida nacional con enormes perjuicios de toda índole, imposibles de calcular económicamente.

Ahora bien, claro es que de ir al cambio del ancho de vía, los ferrocarriles directos que se construyan han de hacerse ya con el ancho de vía internacional y así lo establece el Ministerio de Fomento en sus proyectos de ley para

la construcción del ferrocarril directo de Madrid á la Frontera Francesa con su ramal Pamplona-Pasajes y del directo Madrid-Valencia. La construcción de estos directos con el ancho de vía 1,44 metros será, pues, el primer paso para el obligado cambio de ancho de vía de nuestra red, aunque los Gobiernos en su fuero interno convencidos de lo beneficioso de tal medida, no se hayan aún atrevido a abarcar el problema en toda su amplitud, por esperar una acción contraria muy poderosa de las Compañías Ferroviarias, temerosas de toda innovación y de los perjuicios que pudiera ocasionarles tal cambio; temen las Compañías, que aunque el Estado indudablemente sufragaría los gastos materiales de tal cambio, las Empresas concesionarias y explotadoras, dado el escaso valor de muchas instalaciones que habían de ser reformadas o suprimidas, no habían de obtener por ellas la remuneración que aspiran, a más de los trastornos y perjuicios en su explotación, difícilmente evaluables. Es fácil también que el Estado al efectuar el desembolso necesario para el cambio de ancho de vía, decidirá incautarse de algunas redes apresurando el fin de la concesión, y al evaluar el valor de éstas, supusiéralo amortizado en mayor proporción que la que la Compañía fijara. Estos obstáculos que las Compañías oponen al cambio de ancho de vía, son análogos en un todo a los que se opondrán a la electrificación de nuestros ferrocarriles, el día que ese problema quiera estudiarse seriamente.

Veamos cómo influirá la elección de 1'44 m como ancho de vía para los directos, sobre los diferentes trazados posibles para el ferrocarril Madrid-Frontera Francesa. En las líneas de nueva construcción la influencia es escasa y en sentido favorable, pues aunque poco, abarata el importe de las obras, pero cuando se trata del aprovechamiento de lineas existentes de 1·67 de ancho de vía, la modificación de este ancho que siempre hubiera sido precisa finalmente, pero no con tanta urgencia supone un aumento de gasto considerable (unas 80.000 pesetas por kilómetro según Maristany) gasto que hay que agregar al de ejecución de la do-

ble vía, ampliación de instalaciones y electrificación; así que los trazados que hemos estudiado aprovechando líneas actuales supondrían un coste inmediato mucho más elevado, y resultarían aún más favorecidas bajo el punto de vista de economía en la construcción las soluciones 1.ª y 2.ª preconizadas por el autor de estas líneas. El cuadro de la página 17 se convertirá en el siguiente:

TRAZADOS	COSTE EN MILLONES DE PESETAS			
	Construcción	*Compra de líneas existentes*	*Modificación de vía*	TOTAL
Madrid a Francia. (Trazado del anteproyecto).....	340	»	»	340
Madrid-Torralba-Soria-Castejón-Pamplona-Urtiaga...	210	90	27	327
Madrid-Paredes-Almazán-Alfaro-Pamplona-Urtiaga.. .	300	»	»	300
Madrid-Somosierra-Burgos-Irún.....	290	114	38	442
Madrid-Segovia-Aranda-Burgos-Irún.....	250	157	49	456
Madrid-Medina-Burgos-Irún..	130	270	84	484

Téngase a más en cuenta que el aprovechamiento de algunas de las líneas principales existentes, modificando su ancho de vía, haría imprescindible (y más complicada) la inmediata modificación del ancho en nuestra red, obra que estimamos finalmente necesaria, claro es, pero ejecutable en mejores condiciones.

CONCLUSIONES

Como cosecuencia de todo lo expuesto, deducimos las siguientes conclusiones a nuestro juicio suficientemente demostradas.

1.ª Si ha de construirse por el Estado (pues las Compañías particulares no la construirían nunca) una línea directa de enlace de Madrid con la Frontera Francesa, esa línea ha de cruzar por Soria o próxima a esta capital, pasar por Pamplona y atravesar los Pirineos por el puerto de Urtiaga o de los Alduides, pues ese trazado aproximado, es el más rápido de recorrer y el más económico de construir y explotar, con notable diferencia, sea el ancho español o el internacional, el que se elija para este ferrocarril.

2.ª Si es el ancho internacional el preferido para esta línea directa, entonces a las ventajas anteriores se une la de no exigir con la perentoriedad de las soluciones fundadas en el aprovechamiento de líneas actuales, el simultáneo e inmediato cambio de ancho de vía de nuestra red, con los enormes gastos consiguientes.

3.ª Si a pesar de las ventajas indicadas, se decidiera el Estado por la utilización de líneas ya construídas, para buscar el enlace directo de Madrid con la Frontera Francesa, estas líneas deberían ser las de Madrid a Torralba, Torralba a Soria, y Pamplona-Castejón, construyendo únicamente los trozos Soria-Castejón y Pamplona-Urtiaga.

Junio de 1919.

El Ingeniero de Caminos,

José Valentí de Dorda.

APÉNDICE I.

En un folleto titulado «El Ferrocarril Madrid-Dax» *¡19 millones de pesetas por minuto!* partiendo de las velocidades adoptadas por los autores del anteproyecto del ferrocarril internacional Madrid á Francia por Soria, Pamplona y los Alduides se afirma que los trenes rápidos de la línea del Norte Madrid-Irún, efectuarían el recorrido en 7 horas y 20 minutos á los cuales habría que agregar unos 34 minutos perdidos en las paradas en las estaciones de Avila, Medina, Valladolid, Venta de Baños, Burgos, Miranda de Ebro, Vitoria, Alsasua y San Sebastián. Esto equivale a una velocidad media comercial de unos 80 kilómetros por hora, y suponiendo que los 87 kilómetros que hay de Irún a Dax se recorrieran a análoga velocidad, el tiempo total empleado para el recorrido Madrid-Irún-Dax, sería de 8 horas y 59 minutos

Los autores del folleto olvidan que en los cálculos del anteproyecto se tomó seguramente un gran margen de seguridad necesario para la posible conservación del horario, margen que ellos no tienen en cuenta para el recorrido Madrid-Irún y si se repiten los cálculos con las mismas hipótesis de velocidades para el anteproyecto Madrid-Soria-Pamplona-Frontera, que a que ellos hacen para Madrid-Irún, sin más paradas para los trenes rápidos, que las efectuadas en Soria, Calahorra y Pamplona, esto supone una pérdida de tiempo de solamente unos 15 minutos que agregados a las 5 horas, 54 minutos, 35 segundos, necesarios para efectuar el recorrido, suman un total de 6 horas, 9 minutos, 35 segundos, para recorrer los 443,5 kilómetros

de Madrid á la Frontera. Suponiendo que con esta misma velocidad comercial de 72 kilómetros por hora se efectúe el recorrido de 107 kilómetros de la Frontera hasta Dax empleando, por tanto, 1 hora, 29 minutos, 10 segundos, sumados éstos á los tiempos anteriores suponen un tiempo total de 7 horas, 38 minutos, 45 segnndos, para el recorrido total Madrid-Dax por Soria y Pamplona.

Así, ¡pues, aún con las hipótesis hechas por los autores del folleto el recorrido entre Madrid y Dax se efectúa en un 18 °/. menos de tiempo por el trazado del anteproyecto que por la línea actual del Norte.

Los cálculos figuran en los siguientes cuadros:

Línea actual MADRID-IRÚN

RASANTES	RECTAS	ALINEACIONES — CURVAS CON RADIOS DE						Sumas parciales
		1000 o más m.	800 a 1000 m.	600 a 800 m.	500 a 600 m.	400 a 500 m.	300 a 400 m.	
Horizontales y no superiores a 0'004..	223.357'00 100 Kms. hora 2 h. 14'	38.888'19 100 Kms. hora 0 h. 23' 18"	9.631'26 95 Kms. hora 0 h, 6'	7.557'00 90 Kms. hora 0 h. 5'	9.157'80 85 Kms. hora 0 h. 6' 24"	7.582'78 80 Kms. hora 0 h. 5' 36"	2.535'90 70 Kms. hora 0 h. 2' 6"	298 709'93 3 h. 2' 24"
Comprendidas entre 0'004 y 0'010.....	146.949'66 90 Kms. hora 1 h. 37' 54"	33.789'69 90 Kms. hora 0 h, 22' 30"	6.481'08 85'5 Kms. hora 0 h. 4' 30"	11.438'85 81 Kms. hora 0 h. 8' 24"	14.894'49 76'5 Kms. hora 0 h. 11' 36"	5.509'57 72 Kms. hora 0 h. 4' 30"	3.123'00 63 Kms. hora 0 h. 2' 54"	222.186'34 2 h. 32' 18"
Comprendidas entre 0'010 y 0'015,..... ...	47.564'83 80 Kms. hora 0 h. 35' 36"	6.779'28 80 Kms. hora 0 h. 5'	2.613'71 76 Kms. hora 0 h. 2'	4.439'40 72 Kms. hora 0 h. 3' 36"	9.363'08 68 Kms. hora 0 h. 8'	6.504'20 64 Kms. hora 0 h. 6'	8.205'75 56 Kms. hora 0 h. 8' 42"	85.471'15 1 h. 8' 54"
Comprendidas entre 0'015 y 0'020.....	15.049'91 65 Kms. hora 0 h. 13' 48"	1.690'30 65 Kms. hora 0 h. 1' 30"	1.242'77 61'75 Kms. hora 0 h. 1' 12"	1.431'40 58'5 Kms. hora 0 h. 1' 24"	2.053'66 55'25 Kms. hora 0 h. 2' 12"	5.504'69 52 Kms. hora 0 h. 5' 48"	6.124'40 45'5 Kms. hora 0 h. 8'	32.647'13 0 h. 33' 54"
Comprendidas entre 0'020 y 0'025.....	170'00 52 Kms. hora 0 h. 0' 12"	56 Kms. hora	355'00 53'2 Kms. hora 0 h. 0' 24"	50'4 Kms. hora	700'00 46'6 Kms. hora 0 h. 1'	760'00 44'8 Kms. hora 0 h. 1'	90'00 39'2 Kms. hora 0 h. 0' 6"	2.075'00 0 h. 2' 42"
Sumas parciales.....	4 h. 42' 18" 433.091'40	0 h. 52' 81.147'46	0 h. 13' 24" 20 328'82	0 h. 18' 24.866'65	0 h. 29' 36.619'93	0 h. 24' 25.411'24	0 h. 22' 18" 20.079'05	7 h. 20' 12" 641.089'55
		207.998'15						

Anteproyecto de MADRID A FRANCIA

RASANTES	RECTAS	ALINEACIONES — CURVAS CON RADIOS DE						Sumas parciales
		1.000 inclusive ó más	800 inclusive á 1.000	600 inclusive á 800	500 inclusive á 600	400 inclusive á 500	300 inclusive á 400	
Entre 0 y 0,004 inclusive.....	108.437'18 100 Kms. hora 1 h. 5' 3"	11.312'39 100 Kms. hora 0 h. 6' 47"	3.535'09 95 Kms. hora 0 h. 2' 13"	3.297'00 90 Kms. hora 0 h. 2' 11"	9.322'99 85 Kms. hora 0 h. 6' 34"	7.400'64 80 Kms. hora 0 h. 5' 33"	13.196'02 70 Kms. hora 0 h. 11' 18"	156.501'31 1 h. 39' 39"
Entre 0'004 y 0'010 inclusive..	62.482'78 90 Kms. hora 0 h. 41' 39"	7.298'18 90 Kms. hora 0 h. 4' 51"	688'12 85'5 Kms. hora 0 h. 0' 28"	1.729'40 81 Kms. hora 0 h. 1' 16"	3.496'26 76 5 Kms. hora 0 h. 2' 44"	3,305'77 72 Kms. hora 0 h. 2' 45"	2.774'38 63 Kms. hora 0 h. 2' 38"	81.774'89 0 h. 56' 21"
Entre 0'010 y 0'015 inclusive..	30.768'63 80 Kms. hora 0 h. 23' 4"	3.420'61 80 Kms. hora 0 h. 2' 33"	704'00 76 Kms. hora 0 h. 0' 33"	242'55 72 Kms. hora 0 h. 0' 12"	2.079'46 68 Kms. hora 0 h. 1' 50"	5.152'32 64 Kms. hora 0 h. 4' 49"	3.908'40 56 Kms. hora 0 h. 4' 10"	46.275'97 0 h. 37' 11"
Entre 0'015 y 0'020 inclusive..	97.248'87 65 Kms. hora 1 h. 29' 46"	11.246'64 65 Kms. hora 0 h. 10' 22"	0'00 61'75 Kms. hora	1.465'53 58'5 Kms. hora 0 h. 1' 30"	13.017'09 55'25 Kms. hora 0 h. 14' 8"	8.679'46 52 Kms. hora 0 h. 10'	21.488'62 45'5 Kms. hora 0 h. 28' 20"	153.146'21 2 h. 34' 6"
Entre 0'020 y 0'025 inclusive..	2.766'53 56 Kms hora 0 h. 2' 57"	667'48 56 Kms. hora 0 h. 0' 42"	0'00 53'2 Kms. hora	0'00 50'4 Kms. hora	205'07 46'6 Kms. hora 0 h. 0' 15"	0'00 44'8 Kms. hora	2.221'88 39'2 Kms. hora 0 h. 3' 24"	5.860'96 0 h. 7' 18"
Sumas parciales.....	3 h. 42' 29" 301.703'99	0 h. 25' 15" 33.945'30	0 h. 3' 14" 4.927'21	0 h. 5' 9" 6.734'48	0 h. 25' 31" 28.120'87	0 h. 23' 7" 24.538'19	0 h. 49' 50" 43.589'30	5 h. 54' 35" 443.559'34
		141.855'35						

BIBLIOTECA DE NAVARRA

BIBLIOTECA DE NAVARRA

APÉNDICE II.[1]

Existen varias fórmulas que con tracción de vapor tratan de dar una idea aproximada de los gastos de explotación, no teniendo en cuenta, como es lógico, las cargas de intereses y amortización de los capitales invertidos en el ferrocarril. Fundándose en las estadísticas hechas por M. M. Baum, Ricour y Amyot, Picard propone en su «Tratado de ferrocarriles» la fórmula: $G = 4000\ 0{,}40 \times I$ francos, en la que G represecta el gasto de explotación por kilómetro, e I el ingreso en francos por kilómetro (que es lo que los franceses llaman *receta kilométrica* de una línea).

Tanto esta fórmula como todas las análogas obtenidas dando distintos valores a los coeficienies tiene escasísimo valor, y dan en la práctica resultados muy poco conformes con la realidad: como una de las causas que a ello contribuyen es la variación enorme de unas a otras líneas de las dificultades para el arrastre, elemento distintivo que yo pretendía representar por la resistencia media a la tracción en kilogramos por tonelada arrastrada, muchos la han personificado en un factor dependiente de la pendiente de la línea, multiplicando los gastos de explotación de una línea en horizontal por dicho factor, obteniendo así una *longitud virtual*. Como recientemente se ha tratado en algunas Revistas de este asunto y parece ser que pretende darse por algunos cierto valor a las fórmulas de longitudes virtuales, valor que ya se señaló como muy escaso en el Congreso de Ferrocarriles de Bruselas (año 1885) y casi

(1) De la Memoria sobre «Posibilidad y conveniencia de la Electrificación de ferrocarriles españoles» del autor, obra premiada por el Instituto de Ingenieros Civiles.

nulo al referirse a la tracción eléctrica, a la cual precisamente quiere aplicarse; en todos aquellos casos en que ésta significa acortamiento en los trazados, vamos a permitirnos una pequeña digresión sobre el tema de las longitudes virtuales.

Hay gran diversidad de criterios sobre lo que se entiende por longitud virtual: las definiciones de la Comisión Inglesa para el estudio de los ferrocarriles irlandeses (1838) y de Ghegas (1844) son bastante confusas y poco precisas. Linder, en 1879, las define diciendo: «Longitud virtual de un trozo de vía en rampa y curva, se denomina á la longitud de un trozo idea de vía horizontal y recto, el cual presente para un tren que circula con la misma velocidad y la misma carga que en el trozo de vía de que se trata, la misma resistencia á la tracción; y por consiguiente se requiera para vencerla, el mismo efectivo (virtual) esfuerzo de tracción». Linder no incluye en esta definición el esfuerzo necesario para vencer las resistencias interiores de la locomotora, considerando, pues, ésta como un vehículo ordinario.

Ya aparecen aquí dos grandes imperfecciones de estos sistemas de comparación de líneas, pues empiezan por suponer la misma velocidad de circulación para los trenes en rampa que en el trozo ideal horizontal, hipótesis perfectamente ilógica, pues rampas y curvas sólo se admiten aparte de casos excepcionales, para cortar la longitud del trazado; y si ello es así, dicho se está que la velocidad puede disminuir al aumentar la rampa sin inconveniente para la duración del recorrido y con ventaja para la utilización de la locomotora en el primer estudio sobre longitudes virtuales ya se marca esta orientación aunque con equivocaciones lamentables; por otra parte la Comisión Inglesa para el estudio de los ferrocarriles irlandeses suponía invariable el esfuerzo de tracción con la velocidad (hipótesis errónea) y partiendo de una velocidad de 40 kilómetros en horizontal, disminuía las velocidades proporcionalmente al aumento de resistencia á la tracción debido á las rampas, tendiendo con ello a que fuera la misma la potencia suministrada por la

locomotora, y con las velocidades así calculadas hallaban los tiempos de recorridos, y éstos eran en definitiva los utilizados para la comparación de los trazados.

Ghegas persiste en el error de despreciar la influencia de la variación de velocidad en la línea cuya longitud virtual se trata de hallar, como función parabólica de las rampas y tienen en cuenta la variación de la resistencia á la tracción con la velocidad, incurriendo en la equivocación ya expuesta de comparar cada esfuerzo de tracción en rampa con el correspondiente (virtual) en horizontal *á la misma velocidad*. Stocker y Baum (cuyas fórmulas son las más conocidas y aplicadas) insisten en el mismo criterio.

Por lo que respecta al cálculo del esfuerzo de tracción en cada caso, todas las fórmulas tienen en cuenta el peso total del tren, incluida la locomotora: Stocker y Baum calculan la proporción entre peso arrastrado y peso de locomotora suponiendo que el primero es el máximo permitido por una adherencia de 1/7, y aplican á cada uno distintos coeficientes de resistencia á la tracción. La Comisión Inglesa calculó estos coeficientes experimentalmente, y Ghegas y Linder suponen el mismo coeficiente para la locomotora que para el resto de los vehículos, por no tener en cuenta resistencias interiores.

Como en todas las fórmulas no se comparan entre sí pesos útiles arrastrados, sino pesos totales, los resultados son prácticamente falsos, y puede darse el caso de no poder arrastrar pesos útiles, es decir, resultar imposible la tracción, sin que las fórmulas lo exterioricen.

Por lo que se refiere a las pendientes o bajadas, la Comisión Inglesa no consideraba esfuerzos de tracción en las bajadas, pero suponía que hasta pendientes de 7,14 milésimas la velocidod podía aumentarse en 1/5, y que a partir de esa pendiente la velocidad debía ser la misma que en horizontal (hipótesis de imposible realización con fuertes pendientes), y con esta base calculaba los tiempos de recorrido: Linder suponía no existentes las pendientes superiores á 3,1 milésimas, y Baum suponía el mismo con-

sumo de máquinas en horizontal que en pendiente ó bajadas.

Como todas estas fórmulas no tienen en cuenta la influencia de arrancadas y paradas, y suponen velocidades de marcha muy moderadas, únicamente son aplicables hasta cierto punto a las líneas de gran longitud con pocas paradas y tráfico casi exclusivo de mercancías: como sus coeficientes están calculados con arreglo á datos estadísticos antiguos en nuestros tiempos, dado el progreso de la técnica y variación de costes de multitud de elementos, estas fórmulas que no pueden dar más que una idea del esfuerzo a realizar para el transporte, son inaplicables en absoluto. La tracción eléctrica, con el aumento de capacidad de los tractores, recuperación de energía en las bajadas, etc ha puesto más en evidencia la inutilidad de estas fórmulas.

Existen otras fórmulas, deducidas de éstas y de las que han heredado la mayor parte de sus defectos, que pretenden relacionar los gastos de tracción y los gastos de explotación con las pendientes de la línea; a continuacion damos unos estados en los que a título de mera curiosidad científica exponemos los coeficientes virtuales a que se llega con las fórmulas más conocidas.

Longitudes virtuales de trozos de vía de distintas pendientes, según las distintas fórmulas de resistencia á la tracción.

Pendientes en milésimas.	C. INGLESA	GHEGAS	LINDER	STOCKET	BAUM
0	1	1	1'0	1,0	1'0
5	1'67-1'65	2'4	2'610	2,65	2'76
10	2'36-2'5	3'8	4'272	4,47	4'91
15	— —	5'2	5'994	6,44	7'50
20	— —	6'6	7'793	8,57	10'63
25	— —	8'0	9'683	10'86	14'36
30	— —	9'4	11'716	13'31	19'00
35	— —	10'8	13'977	15'92	— —
40	— —	12'2	17'313	18'69	— —
45	— —	13'6	19'960	21'62	— —
50	— —	15'0	22'356	24'71	— —

Longitudes virtuales de trozos de vía de distintas pendientes, según las distintas fórmulas de gastos de tracción y explotación.

Pendientes en milésimas	GASTOS DE TRACCIÓN		GASTOS TOTALES DE EXPLOTACIÓN			
	Comisión Suiza. 1873	Kreuter 1900	Comisión Suiza. 1873	Amiot 1879.	Menche de Loins 1879.	Jacquier 1904.
0	1'00	1'00	1'00	1'00	1'00	1'00
5	2'07	2'70	1'25	1'25	1'00	1'00
10	3'20	4'55	1'52	1'50	1'17	1'30
15	4'42	6'58	1'81	1'75	1'45	1'63
20	5'75	8'83	2'13	2'00	2'31	2'11
25	7'14	11'26	2'46	2'25	2'64	2'76
30	8'65	13'99	2'82	2'50	3'21	»
45	12'09	20'45	3'64	3'00	«	»
50	16'16	28'73	4'60	3'50	»	»

Parodí ha tratado de englobar en una fórmula algebráica los resultados de este último cuadro, y ha propuesto para fórmula de los gastos de explotación de una línea explotada con tracción de vapor:

$$G = (4.000 + 0'45\ I)\ (1 + \frac{3'51 - 18}{60 - i})$$

un francos por kilómetro, en la que *i* representa la pendiente *fundamental* de la línea en milésimas; pero lo mismo la pendiente fundamental que la media de las pendientes, no engloban todas las dificultades de la tracción. Creo que la resistencia media a la tracción en kilogramos por tonelada incluyendo arrancadas, etc , puede cumplir mejor estos fines.

En la fórmula de Parodi, la curva representativa es asintótica a la recta i=60, por suponer que para pendientes mayores la tracción de vapor es imposible: con tracción eléctrica estima Parodi que la curva debe ser asintótica a la recta i=140, porque para mayores pendientes considera la tracción eléctrica imposible con simple adherencia.

Opino que todas las fórmulas posibles para el cálculo de los gastos de explotación, con pretendidas generalizaciones, no alcanzan verdadero valor práctico, y que ni aún calculadas para cada país y cada tipo de tráfico podrían dispensar del estudio detenido de cada problema de economía ferroviaria que se presente, cuanto más esas tan decantadas fórmulas de longitudes virtuales, calculadas con estadísticas ya envejecidas y desacreditadas mucho antes de envejecer, y a las que algunos técnicos se aferran, más por economizar trabajos que por convicción de la posible aproximación de sus resultados.

Aunque repito que nada partidario del uso de fórmulas para el cálculo de gastos de explotación, y sí del estudio detenido de cada problema, como en proyectos de f. c. se requiere acompañar una fórmula de explotación, me permito proponer una variación de la forma clásica de dichas fórmulas, agregándola un tercer término; la fórmula propuesta es la siguiente:

$$G = a + n\,(b + c.\ p.\ r)$$

en la que

G = gasto de explotación por Kilómetro de línea, en pesetas.

p = peso medio de los trenes en toneladas.

r = resistencia media á la tracción en kilogramos por tonelada.

a. b. c. = tres coeficientes á determinar con datos estadísticos.

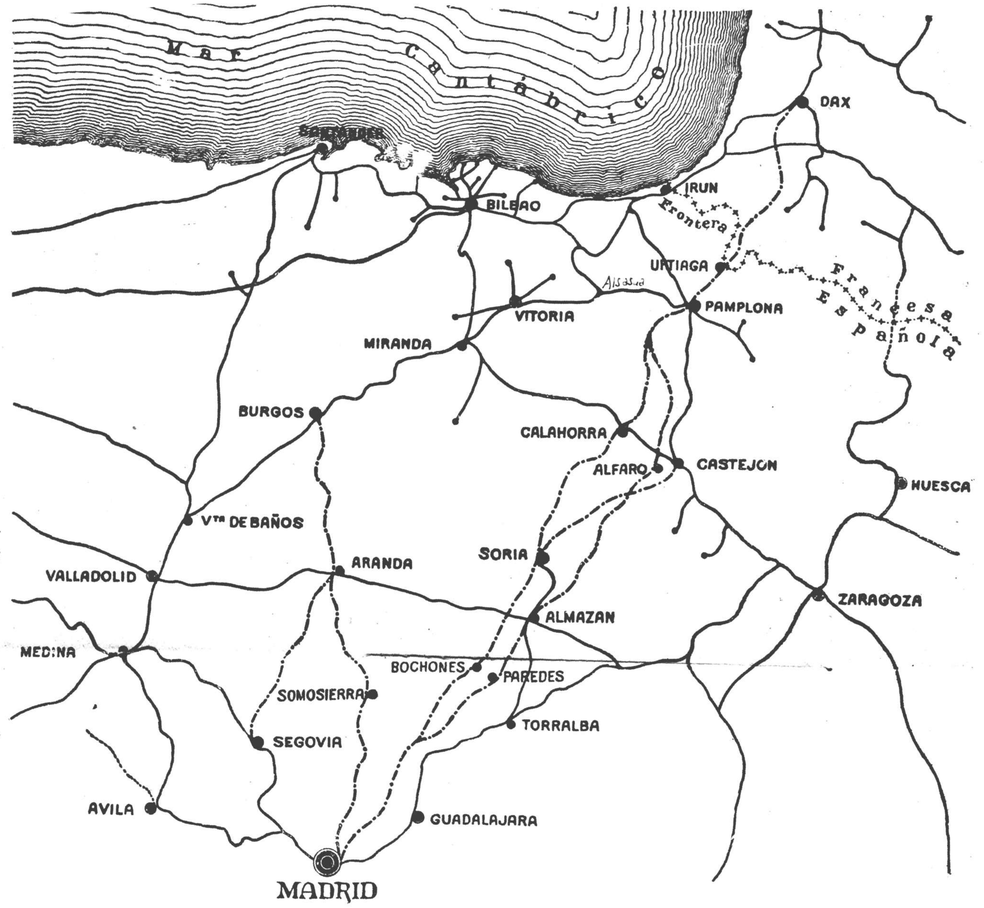
Los tres términos de la fórmula corresponden: el 1.° á los gastos independientes en cierto modo del tráfico y proporcionales á la longitud de la línea. (Dirección y Administración, Conservación de Edificios, Servicios Centrales, Vigilancia y conservación de la vía, Estaciones); el 2,° á los gastos proporcionales al recorrido de trenes (Gastos de material Móvil y Personal.....,.); y el 3.° aquellos gastos proporcionales á peso arrastrado y á la resistencia á vencer (Combustibles, etc. ....)

La fórmula propuesta tiene en cuenta las pendientes y el tipo de tráfico del ferrocarril porque estos elementos son los que determinan, sabiendo el tráfico que hay que servir, la resistencia media á la tracción **r**, el peso de los trenes **p**, y el número de trenes **n**.

Como estos tres datos hay que calcularlos en todo proyecto de ferrocarril y los tres coeficientes **a**, **b**, y **c**, pueden hallarse para cada región y con arreglo á las circunstancias de cada caso, me parece que fórmula propuesta, sin presentar mucha más complicación que la forma usual de explotación, proporciona mucha más exactitud, por ajustarse mejor a la realidad.

La electrificación influye en la fórmula aumentando el coeficiente **a** con el gasto de interés, amortización y conservación de las instalaciones eléctricas, disminuyendo **n** o **p** por el mejor aprovechamiento del material, disminuyendo **b** por la economía en personal, número de locomotoras, etc., disminuyendo algo **r**; por la supresión de muchas resistencias interiores de la locomotora; y disminuyendo **c** por la economía en combustible y agua; así pues los coeficientes **a**, **b**, y **c**, calculados para tracción de vapor, no pueden aplicarse a la tracción eléctrica. El aumento grande del coeficiente **a** debido á los gastos de establecimiento de la electrificación, y la incredulidad dominante entre muchos técnicos de la disminución del resto de los coeficientes y factores, son los obstáculos principales con que lucha la tracción eléctrica en su ansia de sustituir a la tracción de vapor; el casi seguro aumento de ingresos que lleva consigo, al evidenciarse con las estadísticas de instalaciones efectuadas, ha de constituir una de sus más eficaces armas en este combate.

◎ ◎ ◎



TRAZADOS ENTRE MADRID Y LA FRONTERA FRANCESA

GRÁFICOS COMPARATIVOS

LONGITUDES REALES

1.ª	Madrid-Bochones-Soria-Calahorra-Pamplona-Urtiaga	440ᴷ
2.º	Madrid-Torralba-Soria-Castejón-Pamplona-Urtiaga	474"
3.º	Madrid-Paredes-Almazán-Alfaro-Pamplona-Urtiaga	450"
4.º	Madrid-Somosierra-Burgos-Irún	570"
5.º	Madrid-Segovia-Aranda-Burgos-Irún	590"
6.º	Madrid-Medina-Burgos-Irún	640"

LONGITUDES VIRTUALES (GASTOS DE EXPLOTACIÓN)

1.º	Madrid-Bochones-Soria-Calahorra-Pamplona-Urtiaga	517ᴷ
2.º	Madrid-Torralba-Soria-Castejón-Pamplona-Urtiaga	553"
3.º	Madrid-Paredes-Almazán-Alfaro-Pamplona-Urtiaga	525"
4.º	Madrid-Somosierra-Burgos-Irún	664"
5.º	Madrid-Segovia-Aranda-Burgos-Irún	690"
6.º	Madrid-Medina-Burgos-Irún	724"

TIEMPO NECESARIO PARA SU RECORRIDO (SIN PARADAS)

1.º	Madrid-Bochones-Soria-Calahorra-Pamplona-Urtiaga	5ʰ 10'
2.º	Madrid-Torralba-Soria-Castejón-Pamplona-Urtiaga	5 " 25'
3.º	Madrid-Paredes-Almazán-Alfaro-Pamplona-Urtiaga	5 " 15'
4.º	Madrid-Somosierra-Burgos-Irún	6 " 40'
5.º	Madrid-Segovia-Aranda-Burgos-Irún	6 " 55'
6.º	Madrid-Medina-Burgos-Irún	7 " 05'

COSTE EN MILLONES DE PESETAS

1.º	Madrid-Bochones-Soria-Calahorra-Pamplona-Urtiaga	CONSTRUCCIÓN	340
		COMPRA DE LÍNEAS	»
		TOTAL	340
2.º	Madrid-Torralba-Soria-Castejón-Pamplona-Urtiaga	CONSTRUCCIÓN	210
		COMPRA DE LÍNEAS	90
		TOTAL	300
3.º	Madrid-Paredes-Almazán-Alfaro-Pamplona-Urtiaga	CONSTRUCCIÓN	300
		COMPRA DE LÍNEAS	»
		TOTAL	300
4.º	Madrid-Somosierra-Burgos-Irún	CONSTRUCCIÓN	290
		COMPRA DE LÍNEAS	114
		TOTAL	404
5.º	Madrid-Segovia-Aranda-Burgos-Irún	CONSTRUCCIÓN	250
		COMPRA DE LÍNEAS	157
		TOTAL	407
6.º	Madrid-Medina-Burgos-Irún	CONSTRUCCIÓN	130
		COMPRA DE LÍNEAS	270
		TOTAL	400

Agosto 1919.

El Ingeniero de Caminos