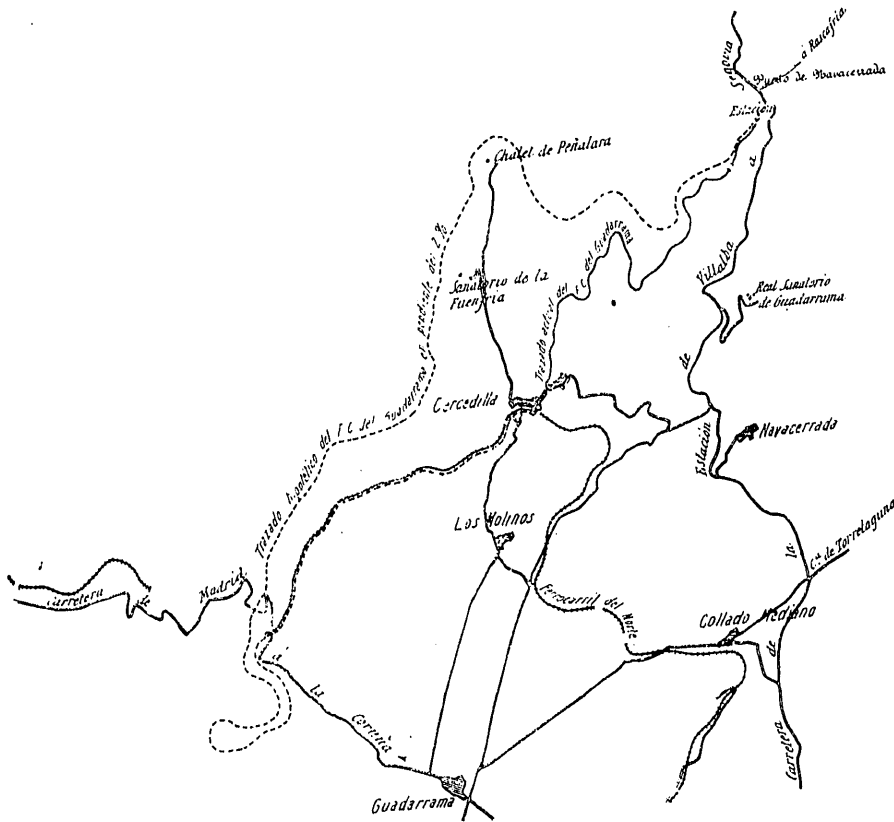


# La red de ferrocarriles españoles, vista a través del ferrocarril eléctrico del Guadarrama

Algún tiempo después de inaugurarse nuestro ferrocarril del Guadarrama, mi buen amigo y jefe, D. Vicente Machimbarrena, me pidió unas cuartillas para dar una noticia sobre él en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS. El mucho trabajo que sobre mí pesaba y unas inoportunas gástricas me impidieron hacerlo entonces, como prometí y hubiera deseado.

Han transcurrido dos años de explotación de esa

fueron con arreglo a las normas antedichas; y al recaer sobre ellos sanciones oficiales favorables se puso de manifiesto que esas ideas generales eran patrimonio también, por lo menos, de los ingenieros, numerosos por cierto, que en ello intervinieron. De esos proyectos, algunos están construídos; otros, en construcción; otros yacen en el olvido; si, por lo que luego se dice, acertamos o no al fijar sus caracterís-



Croquis del trazado actual del f. e. eléctrico del Guadarrama y del trazado hipotético en pendiente de 2 por 100.

línea y, fundándome en los resultados obtenidos, cabe hacer algunas consideraciones de carácter general, que pueden ser útiles ahora que está sobre el tapete la construcción por el Estado de una gran red de ferrocarriles de todas las categorías. Al hacerlo ahora cumplo un deber de cortesía, pues más vale tarde que nunca, y si nuestro ejemplo del F. E. G. contribuye a mejor invertir las pesetas del patrimonio nacional, valdrá bien el retraso sufrido en la divulgación de sus características.

\* \* \*

Cuando yo estudié Ferrocarriles en la Escuela, empiezo a no querer saber cuántos años hace, era un postulado que la pendiente de los ferrocarriles no debe exceder del 2 por 100 ni sus curvas ser de menor radio de 120 m en vía de metro y 300 en vía normal.

Terminada la carrera, la colaboración con mi padre me llevó a proyectar ferrocarriles, y todos lo

tics, la posteridad se encargará de averiguarlo en un plazo, afortunadamente, largo.

Por entonces las aficiones montaraces me llevaron a ser de los iniciadores del Club Alpino Español, recordando con satisfacción inmensa las gratas horas pasadas en nuestras veladas, al amor de la lumbre, comentando las aventuras del día invertido concienzudamente en patinar en la nieve, viendo nuestra amada Sociedad crecer en importancia y estimación pública, y sin que nunca faltase alguna alusión lamentosa a lo mucho que era preciso andar con los esquís al hombro para patinar un rato, y entonces las miradas se dirigían a mí, no sé si con una interrogación o un reproche. La tragedia de mi mente era terrible: el terreno no se prestaba a construir un funicular; un tranvía era solución insuficiente, y la imagen del ferrocarril venía acompañada de un quebrado que

decía:  $\frac{600 \times 100}{2} = 30\,000$  m. Seiscientos metros

de desnivel desde Cercedilla al Puerto de Navacerra-

da, teatro de nuestras hazañas, al 2 por 100, 30 km de desarrollo; es decir, una suma de 20 ó 30 millones: algo inabordable.

Un viaje a Suiza en aquella época dió la solución: vi allí ferrocarriles eléctricos, no tranvías (se distinguen de éstos por la reglamentación más severa de su trazado, material móvil y sistema de explotación intermedio entre unos y otros), como el Berninabhan, de más de 100 kilómetros, con pendientes del 7 por 100 y curvas de 45 m de radio; el de Chur Arosa, de 25 km en rampa del 6 por 100 y curvas de 60 m de radio, y los Rheticos, entonces de vapor, hoy eléctricos, con rampas de 4 por 100, cuya red no baja de 400 km. Todos de vía de metro, pudiendo los primeros hacer trenes con 300 viajeros y de 100 toneladas de peso.

Llegado a Madrid, tomando como modelo el Chur Arosa, que se ajusta exactamente a la moderna reglamentación suiza, hice el proyecto del actual F. E. G.; vi que costaría unos 3 millones de pesetas y resolvería nuestro problema; nos atrevimos con él, y hecho está, prestando innegables servicios al vecindario madrileño, sin haber costado un céntimo al Estado; antes bien, le ha entregado algunos miles de duros; y si su experiencia sirve para que ahorre algunos millones o los invierta mejor, se le puede declarar benemérito de la patria.

Para quien no lo conozca, acompaño un plano y algunas fotografías, agregando que sus características generales son:

**TRAZADO.**—Longitud, 11 250 m. Rampa uniforme de 5,85 por 100. Desnivel entre estación de Cercedilla y la del Puerto de Navacerrada, 580 m. Siete estaciones en horizontal y recta, las dos extremas de 400 m, y cinco intermedias de 100 m. Curva de radio mínimo, 60 m. Entre recta y curva parábola de acuerdo de 20 m de longitud. Entre curva y contracurva recta de 20 m de longitud. No hay obras de arte importantes, ni túneles; algunos desmontes y terraplenes, casi siempre en granito, de cota máxima de 10 m,



La explanación antes del asiento de la vía.

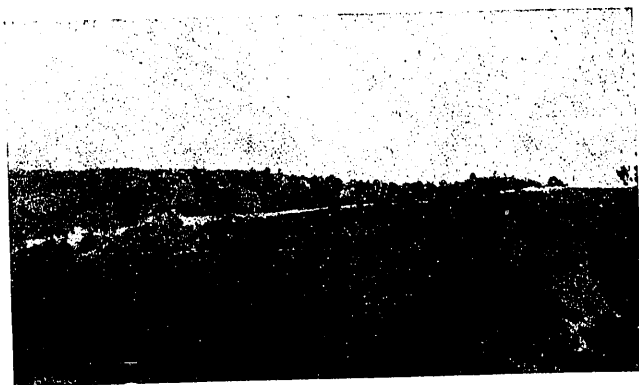
habiendo sido posible ejecutar una explanación relativamente económica, a pesar de lo escabrosísimo del terreno, merced al detallado estudio que de ella se hizo y a sus características citadas: 50 por 100 del trazado en recta y 50 por 100 en curva.

Debiendo hacer notar aquí que nuestros famosos trazados en la vertiente cantábrica, que han sido obras costosísimas, salvan, en general, desnivel parecido a éste entre pie de rampa y divisoria.

**VÍA.**—Carril Vignole, de 25 200 kg/m, de 12 m de

largo, 16 traviesas de roble por carril, bridas de ángulo reforzadas con cuatro tornillos por brida, placas en todas las curvas y en las juntas. Juntas eléctricas de cobre debajo de la brida. Ancho de vía de un metro.

**LÍNEA AÉREA.**—Postes de pino inyectados de creosota, situados a distancia máxima de 30 m, en curva



Vista del trazado desde el Club Alpino.

de 60 m a 18 m, suspensión con doble aislamiento por ménsulas, hilo de cobre de 100 mm<sup>2</sup> de sección. Tensión de trabajo, 1 250 voltios. Alimentación de la línea por su centro, en donde está situada la central generadora, habiendo allí desconectores para dividirla en dos secciones independientes. Pararrayos, cada 2 km.

**MATERIAL MÓVIL.**—Se dispone de coches motores y remolques; las características de los primeros son: Longitud entre topes, 17,5 m. Longitud de la caja, 16,5 m. Anchura de la caja, 2,7 m. Altura, 3,5 m. Separación de los ejes de las ruedas de los bogies, 2,4 m. Separación de los ejes de bogies, 13,4 m.

Peso total del coche en vacío, 33 t; carga útil, 10 t; peso total en servicio, 43 t. Carga máxima por eje, 10,7 t.

Puede llevar un número total de viajeros de 120, de los cuales 24 sentados en segunda y 10 de pie, y 46 sentados en tercera y 40 de pie. Estas dos clases están separadas por una gran plataforma central que corresponde a tercera clase.

Lleva dos amplias cabinas para el conductor, una en cada extremo, completamente aisladas del público. En ellas están los aparatos de maniobra y medida. A estas cabinas no tiene acceso la corriente de alta tensión; de modo que es imposible que el conductor, en caso de avería, sea electrocutado; el controller de mando está debajo del piso del coche, y el conductor lo gobierna por medio de transmisiones aisladas.

**FRENOS.**—En razón a las fuertes pendientes y elevado peso del material, el frenaje ha sido objeto de especial estudio. Cada coche lleva ocho zapatas, una sobre cada rueda, que se pueden actuar, por un freno de mano y por freno de aire comprimido, pudiendo éste actuar de un modo rápido para obtener la parada inmediata en caso de urgencia, o de un modo suave y continuo para regularizar y limitar la velocidad en el descenso. Durante las pruebas oficiales en presencia de la Inspección del Gobierno, un tren formado por motor y remolque, cargado cada uno con 10 t de carriles, bajando a 20 km por hora, se detenía, con la vía mojada, en 12 m de recorrido, usando cualquiera de los frenos mecánicos.

Lleva, además, un freno eléctrico, obtenido haciendo funcionar los motores como generadores sobre las resistencias de arranque colocadas en el techo del coche. Este freno tiene varios puntos que determinan la rapidez del frenado, teniendo uno en el cual puede el coche descender a su velocidad de régimen sin el empleo de ningún otro, realizándose así de este modo



Coche motor del f. c. eléctrico del Guadarrama.

el descenso a la velocidad debida de un modo automático.

Independientemente de los frenos anteriores está también dotado de un freno de cuatro zapatas anti-deslizantes de carborundum, colocadas entre cada dos ruedas, y que actúan directamente sobre el carril; es un freno de seguridad movido por aire comprimido, de un depósito especial independiente de los demás del coche, y que puede actuar aunque los otros estuvieran inutilizados. Su acción se produce haciendo descansar el coche sobre las referidas zapatas, dándose el caso curioso de que yo adopté este freno en previsión de los grandes hielos que en aquella región se producen y pudieran poner el carril extraordinariamente resbaladizo; y este caso no ha ocurrido; aun con las más fuertes heladas ha sido posible dominar el tren con los frenos ordinarios; en cambio hubo que apelar a él varias veces, y siempre con éxito, cuando la invasión de oruga procesionaria en el pinar, que al ser aplastada sobre el carril le envolvía en una película viscosa, sobre la cual los otros frenos a la rueda perdían su eficacia.

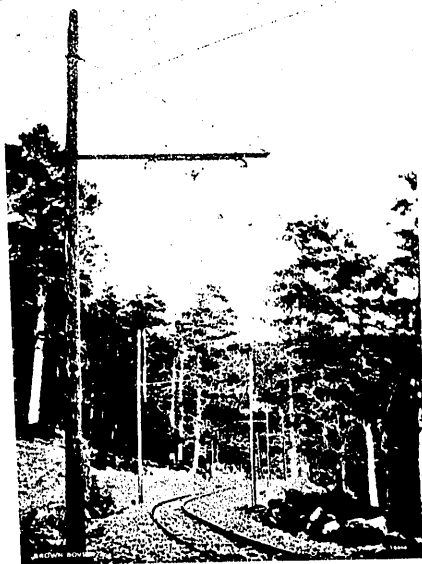
**EQUIPO ELÉCTRICO.**—Está formado por cuatro motores de corriente continua, actuando cada uno sobre un eje, conectados dos a dos en serie, pudiendo las dos parejas serlo a su vez en serie o paralelo, pudiéndose obtener de este modo diez velocidades de marcha: seis correspondientes a diversas posiciones de serie, cuatro a otras tantas del paralelo y seis puntos de frenado. La potencia horaria de cada motor es de 102 CV; giran a 550 v/m, a tensión de 1 200 v, y en estas condiciones desarrollan en la llanta de la rueda, que tiene 920 mm, 390 CV. La toma de corriente se hace por dos arcos de aluminio de 1,50 m de arco de frotamiento.

Como la intensidad de la corriente que se produce en el frenado no debe exceder de 125 amp, el conductor puede en todo momento, mirando al amperímetro, saber cuándo tiene que ayudar al freno eléctrico con los neumáticos, y le sirve al mismo tiempo para comprobar que la velocidad de régimen en el descenso no es superada.

**REMOLQUES.**—Son también de cuatro ejes, con las siguientes características: Longitud entre topes, 13 m; separación entre ejes de bogies, 9 m; separación de los bogies, 1,70 m; altura de la caja sobre el carril, 3,40 m. Número de plazas, 125, de las cuales 70 sentados, todas de tercera clase. Freno de husillo y por aire comprimido, en sus dos modalidades: de acción lenta y suave para regular el descenso, o rápida y energética para parada inmediata. Peso, 14 t.

**TREN.**—El tren completo se forma con un motor y dos remolques, que puede subir la rampa en cuarenta minutos; el motor con un remolque, en treinta y cinco minutos, y el motor solo, en treinta. Claro está que en la subida la composición del tren queda limitada por la potencia del motor y de la central. En el descenso, por la capacidad de las bombas de alimentación de los depósitos de aire comprimido; en nuestro caso pueden servir motor y tres remolques. La práctica de frenado en el descenso de un tren es colocar el freno eléctrico del motor en el punto conveniente para la velocidad de régimen de descenso de 18 a 20 km/hora y mirar el amperímetro; cuando pase de 120 amp es señal de que esta velocidad se rebasa (además hay telémetro); frenar con el freno continuo suave los remolques, que de este modo se sostienen a sí mismos y aun tiran del coche motor; así el desgaste de ruedas de los motores es mínimo y el tren va en mejores condiciones. Durante las pruebas se hizo con buen éxito la de detener rápidamente todo el tren sin frenar el motor, solamente con el freno automático de los remolques.

**CENTRAL ELÉCTRICA.**—El aprovisionamiento de energía para este ferrocarril era un problema, pues



Línea aérea.

las centrales hidráulicas de las inmediaciones tenían su fuerza vendida, y como nuestras necesidades instantáneas eran de un mínimo de 500 CV y de un factor de carga malo, por las grandes irregularidades del tráfico, no fué posible llegar a un contrato, a pesar de tener comprada ya la central transformadora de convertidores de mercurio de alta tensión, primera en España de esta clase.

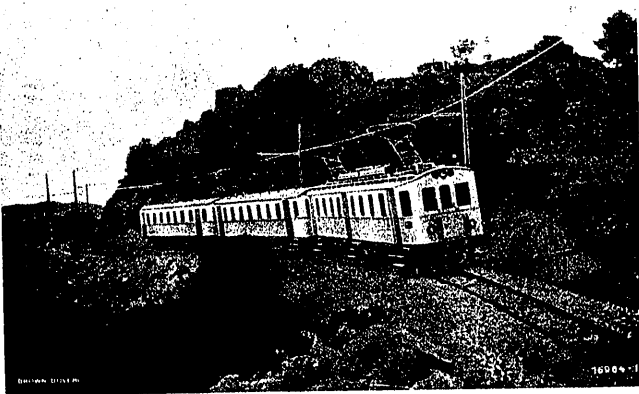
Debiendo tener una central propia, me lancé resueltamente al motor Diesel, en los cuales, si bien e-

kilovatio producido puede ser más caro que con otros generadores térmicos, en cambio su adaptación a nuestras irregularidades de tráfico permitía obtener un promedio anual más económico; y adquirimos un motor Diesel de 550 CV y 150 v/m; recuerdo que entonces se me hicieron no pocas objeciones a esta elección, pero cada vez estoy más convencido de que fué un acierto, y prueba de ello es que de entonces acá es han generalizado mucho en esta clase de explotaciones, que en aquella época no se usaban.

Para producir la energía eléctrica acoplamos directamente al motor un alternador, que a su vez lo fué directamente también al convertidor. Esta maniobra, que parece una anomalía, tuvo su razón de ser, y después hemos visto que ofrece también varias ventajas. Teniendo ya el gasto hecho del convertidor, valía la pena de ensayarlo, y el montar un alternador, no era más caro que una dínamo de igual potencia, y así en el porvenir podríamos transportar fuerza de nuestra central a subcentrales si algún día convenía; un alternador es de un entretenimiento más sencillo que una dínamo, y el rendimiento del grupo alternador convertidor es mejor que el de la dínamo. Además, en la explotación hemos visto que esta transformación equivale a una junta elástica entre el tren y el motor Diesel, protegiéndole contra los golpes de carga plena a vacío, que continuamente ocurren en estos servicios.

\* \* \*

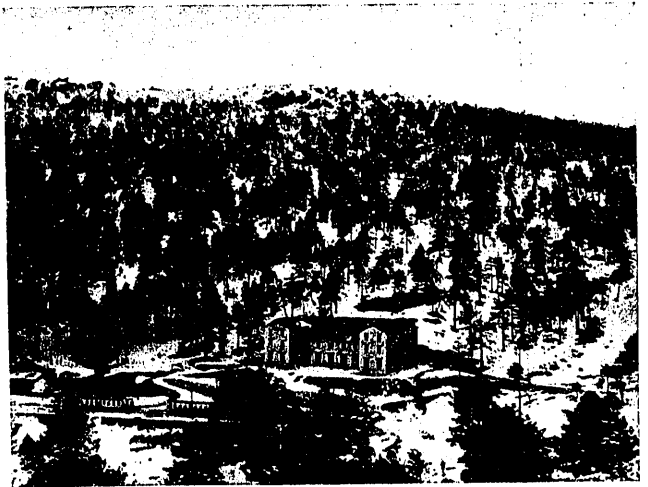
Después de esta ligera descripción diré, como consideración general, que la construcción de este ferrocarril, con las características más duras de rampa y curvas y, por tanto, con los mayores gastos de explotación; con tráfico incipiente y el menos remunerador, pues es solamente de viajeros y en unas condiciones de intermitencia formidables; siendo eléctrico donde no había electricidad, produciéndola por el medio térmico más caro, con un factor de carga en la central muy malo, ha sido un caso de voluntad, y que, como a pesar de esas circunstancias, paga sus



Tren del f. c. eléctrico del Guadarrama.

gastos de explotación y empieza a dejar un beneficio, hay fundados motivos para creer que el día que todo el plan se vaya completando será un buen negocio, dando esa nota consoladora para los que somos entusiastas del ferrocarril como medio de transporte. Por ello, aunque siempre es peligroso generalizar,

es un argumento viviente para animar la construcción de ferrocarriles por entidades oficiales, que pueden suplir intereses al capital en sus primeros años y cuyo fin no es realizar un negocio inmediato, sino prestar un servicio a la colectividad, con el deseo, na-



El Hotel Victoria y la estación terminal del f. c. eléctrico en el Puerto de Navacerrada.

turalmente, de que en el plazo más breve posible el asunto se baste a sí mismo desde todos los puntos de vista.

Ahora bien; para obtener estos resultados sería condición indispensable que en cada caso se adoptaran las características más convenientes de construcción y explotación.

Para ampliar este último párrafo; que contiene la idea que me ha movido, por las enseñanzas de este ferrocarril, a escribir estas líneas, he dibujado en su mismo plano y acompaño el perfil de otro trazado hipotético para llegar desde Cercedilla hasta el Puerto de Navacerrada, adoptando las características usuales en ferrocarril de vía ancha, rampa de 2 por 100 y curva mínima de 250 m de radio; la longitud de línea sería 34 km con perfil extraordinariamente movido, que daría lugar a numerosos túneles, obras de arte, etc., a pesar de ser la zona de la montaña menos escabrosa.

El coste de esta línea, para poder franquear esa distancia con ese perfil en cuarenta y cinco minutos, no debería ser inferior a 40 millones de pesetas, pues debiendo hacerse velocidades medias de 60 km/hora, se precisaría carril pesado y locomotoras de las más potentes en uso.

Pues bien: en estos tiempos en que no es posible, al abordar una obra de esta índole, prescindir de considerar el interés del capital a invertir en ella, se comprende que en cada caso, entre la solución que hemos dado nosotros a nuestro asunto del Guadarrama con un gasto de tres millones, y el que hubiera motivado prolongando el Norte hasta el Puerto de Navacerrada, con un coste, al menos, de 40 millones, hay toda una gama de soluciones a proponer, en relación con la topografía del terreno y tráfico a servir, y es evidente que en cada caso y según las circunstancias, habrá una, que será la suya, la mejor, y el problema está en adoptarla con acierto.

Hay una tendencia, a mi juicio, demasiado teórica a suponer que en un ferrocarril siempre es lo mejor las amplias características de pequeñas pendientes y



ferrocarriles para vivificar otras manifestaciones de la vida nacional, y permanecerá eternamente estéril, convertido en túneles, viaductos o desmontes innecesarios.

La faceta contraria, es decir, el caso en que un medio de transporte resulte insuficiente, es menos peligrosa, pues si el problema ha sido bien estudiado, estas deficiencias se sienten al cabo de muchos años, y hay que notar que el capital no gastado en un principio, cada veinte años dobla en la economía nacional por acumulación de intereses no perdidos. Eso sin considerar que muchas veces, por esperar lo mejor, no se tiene lo bueno, y esto ya puede desde el primer momento prestar servicios muy estimables; y sobre este punto, al testimonio público me remito al juzgar lo nuestro.

Haremos notar, al paso, que nuestra capacidad de tráfico no es tan insignificante, pues un tren tipo Norte con locomotora 4 400 de potencia de 1 200 CV podría remolcar en la rampa de 2 por 100 a 60 km/hora 100 t. En el mismo tiempo, y con la misma carga y potencia, subiría a 20 km/hora uno de los nuestros. Por tanto, en punto a viajeros, nuestra capacidad de tráfico no es inferior.

Sí lo sería en mercancías, pues dicha locomotora puede, a 20 km/hora, llevar 260 t, y la nuestra de igual potencia, no llegaría a remolcar esa carga, porque al disminuir la velocidad para acercarse a ella, la adherencia la limitaría. Aproximadamente, para mercancías nuestra capacidad de tráfico sería de un 40 por 100 con relación al trazado hipotético supuesto.

Nadie vea en estas líneas una crítica embozada de las opiniones actualmente sostenidas de que los grandes ferrocarriles en proyecto deben hacerse con pendientes máximas del 1 por 100 y curvas de 700 m de radio mínimo; si el tráfico lo exige y el terreno no se opone a ello, no hay nada que objetar; mi punto de vista es que los diferentes proyectos en que de un modo aislado van cristalizando las aspiraciones ferroviarias de las regiones se van estudiando por iniciativas privadas, sin tener una visión del conjunto del problema nacional, y ateniéndonos, en general, a normas demasiado generales y teóricas, sin considerar el problema financiero ni en detalle ni en conjunto; práctica que estimo tan viciosa como sería realizar una red de distribución eléctrica en una población a base de conductor de sección constante.

Francia, Alemania, Bélgica, países de topografía

suave, y de los cuales, en general, recibimos las inspiraciones, pueden permitirse estos lujos, en razón a su gran densidad de población y a su riqueza. España no puede hacerse ilusiones: su riqueza media es inferior, así como su población, y su topografía es muy complicada; por tanto, no puede adoptar los mismos métodos. Si Suiza los hubiese seguido, a estas horas, en vez de esa admirable red que posee y vivifica todo el país, no tendría casi ningún ferrocarril. España no es Suiza, pero se le aproxima mucho, y para resolver este problema tenemos en aquella nación mucho que aprender, admirar e imitar, y no sería poco que llegáramos a poseer una red equivalente a la suya, con acceso a los más pintorescos e intrincados lugares, aunque para conseguirlo tengamos que desechar o saltar por encima de muchas teorías hasta hoy aceptadas, ya que siempre es mejor un conjunto de ferrocarriles suficientes andando, que la esperanza de cosas mejores que no podrán nunca ll gar a todas partes.

Creemos haber prestado a la obra nacional un servicio trasladando a España, en nuestro ferrocarril eléctrico del Guadarrama, un botón de muestra que puede servir de ensayo para otras soluciones en tantas regiones montañosas como hay en nuestro país, inaccesibles al comercio, turismo, etc.; y hoy, que rige los destinos del Ministerio de Fomento persona de las excepcionales condiciones de iniciativa y aptitud del conde de Guadalhorce, me atrevo, condensando las ideas anteriores, a sugerir la de que España, que es país que siempre excita la curiosidad del extranjero, *puede* tener, como Suiza, un ferrocarril que lleve a cada rincón del territorio, y desarrollar con ello, además de su comercio, un turismo intenso, fuente de copiosos ingresos.

El año 1925 han visitado España 50 000 extranjeros, lo que, contando por bajo, equivale a un ingreso de 25 millones de pesetas en la economía nacional. A conseguir que lleguen a ser 100, 200 o más millones anuales deben tender nuestros esfuerzos, y para alcanzarlo es preciso ampliar nuestra red ferroviaria, llevándola a tanto lugar pintoresco como España tiene, sin excluir sus montañas, como Sierra Nevada, Guadarrama, Picos de Europa, Pirineos, Gredos, etcétera; siendo evidente que el problema es posible si se aborda bien, técnica y financieramente.

José de AGUINAGA  
Ingeniero de Caminos