

FERROCARRIL, INGENIERÍA Y SOCIEDAD

Excelentísimo Señor Presidente,
Excelentísimos Académicos,
Excelentísimas Señoras y Señores,
Señoras y Señores:

La emoción que me acompaña, al iniciar el acto de mi recepción pública como miembro de la Real Academia de Ingeniería, espero no me impida transmitir con claridad el sentido agradecimiento a sus miembros por la generosa acogida y por el honor que me hacen con su elección.

Agradecimiento que lleva implícito el reconocimiento de la benevolencia con la que han analizado mi trayectoria profesional y posibles méritos. Benevolencia a la que intentaré corresponder con la mayor dedicación posible a las tareas de la Academia.

Deseo también que estas primeras palabras sean de agradecimiento y recuerdo para quienes me abrieron las puertas del mundo del transporte, especialmente del ferrocarril, y, en paralelo, me brindaron su apoyo. Sin ellos mi discurrir profesional no me hubiera conducido a este momento. Que todos se sientan aquí mencionados.

Pero considero obligado recordar, explícitamente, a: Fernando Oliveros, ya desaparecido, que me introdujo en el ferrocarril y en la Universidad; a Renfe como empresa y a su Presidente Miguel Corsini, por encontrar en ella y en él, apoyo para mi formación permanente, comprensión para mis inquietudes profesionales y una impagable proyección internacional; a Gerardo Paukner por su inestimable y desinteresada ayuda con los ferrocarriles alemanes; a la Escuela de Ingenieros de Caminos de Barcelona y a la Cátedra COMSA que posibilitaron un nuevo impulso en mi carrera docente; y, finalmente, a Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña, en particular a sus presidentes Albert Vilalta, y Antonio Herce, por las inmejorables oportunidades profesionales que me ofrecieron. A las Instituciones, empresas y personas citadas, mi más sincero agradecimiento, pues como dijo Richard de Vos: "Hay pocas cosas en el mundo que sean más apreciadas que un empujón positivo, una sonrisa o una palabra de optimismo y de esperanza".

Quiero, por último, concretar también la gratitud en mi familia, especialmente en mis padres y hermanos que junto a mi mujer e hijos han sido,

y continúan siendo soportes imprescindibles, con su comprensión y apoyo, de mi vida personal y profesional. Un recuerdo emocionado para mi padre a quien el tren de la vida le llevó ya a la última estación.

Introducción

En el pasado año 2003 y en el presente 2004 concurren una serie de efemérides del ferrocarril de notable relevancia. En este ámbito cabe situar: el centenario de los 210 km/h que se alcanzaron en Berlín, en octubre de 1903, durante un recorrido de ensayo; el cuarenta aniversario de lograr la citada velocidad en servicio comercial, con motivo de la inauguración de la nueva línea de ferrocarril entre Tokio y Osaka, en octubre de 1964; y, finalmente, los veinte años de la entrada en explotación comercial de la primera línea de alta velocidad europea, entre París y Lyon, a 260 km/h en septiembre de 1983.

Por ello, he considerado de interés analizar, en la medida que el tiempo dedicado a este acto lo permite, la trayectoria de este modo de transporte y su previsible escenario en las próximas décadas. Trayectoria centrada en el ámbito de la realización de nuevas infraestructuras, acompañadas en general, de grandes obras de ingeniería y en su aceptación social y medio ambiental como modo de transporte.

Para llevar a cabo este análisis, focalizado en el ámbito europeo, adoptaré como punto de partida e hilo conductor de la exposición, la célebre frase que, a mediados del siglo pasado, estableció el famoso ingeniero francés Louis Armand a manera de sentencia:

*“El ferrocarril será el modo de transporte del siglo XXI
si logra sobrevivir al siglo XX”*

El contenido de su afirmación reflejaba, de algún modo, una cierta contradicción. Por una parte se reconocía la debilidad del ferrocarril y por otra, se confiaba en sus posibilidades para configurar una oferta de calidad y de interés para los clientes de los otros modos de transporte: la carretera y el avión.

Analizar en qué medida sigue vigente hoy día la reflexión de Louis Armand, constituye pues el objetivo central de mi intervención. Se trata, por tanto, de efectuar una rápida mirada al pasado y, apoyándome en la

realidad actual, vislumbrar el papel del ferrocarril en el sistema de transportes del siglo XXI. Les invito, por tanto, a acompañarme en este, confío, interesante viaje.

Los primeros trazados de ferrocarril

Para comprender el porqué de la referida frase de Louis Armand, es conveniente situarse a finales de la década de los años cincuenta del pasado siglo. En ese momento temporal, el ferrocarril europeo había dejado atrás su época de esplendor y comenzaba a verse superado por el atractivo de la carretera y de la aviación.

Permítanme recordarles, a través de unas breves pinceladas, algunos de los hechos que hicieron del ferrocarril el modo de transporte por excelencia. Posición que se debió tanto a sus proezas ingenieriles como a la repercusión que tuvieron en las condiciones de movilidad de la sociedad del siglo XIX y primer tercio del siglo XX.

Es un hecho objetivo que, para realizar los primeros trazados, el ferrocarril se enfrentó a importantes retos técnicos los cuales, en ocasiones, superaron a los que presentó la construcción de carreteras. Nótese, fig. 1, la diferente manera en que carretera y ferrocarril superan la dificultad que se deriva de la existencia del río Truyère, en el itinerario que une, en Francia, las poblaciones de Béziers y Clermont-Ferrand. El ferrocarril construyó para ello el celebre viaducto de Garabit, realizado por Gustave Eiffel entre 1882 y 1884. La estructura metálica de 448 m de longitud y 123 m de altura descansa sobre un gran arco central de 65 m de luz.

Dos reflexiones apoyan la constatación de las mayores dificultades encontradas por el ferrocarril respecto a la carretera: la primera, los condicionantes que imponían las rampas máximas admisibles (2 a 3,5% en el ferrocarril y 15 a 20% en la carretera), lo que implicó la ejecución de numerosas obras de fábrica en los trazados ferroviarios. Un ejemplo ilustrativo de esta repercusión se encuentra en la vertiente sur del puerto de l'Albula, en Suiza, entre las poblaciones de St. Moritz y Filisur. La carretera, con rampas máximas del 12% apenas necesita obras singulares para alcanzar la cima, Por el contrario, el ferrocarril, con rampas máximas de 3,5%, necesita, para salvar análogo desnivel, de un cierto número de túneles helicoidales.

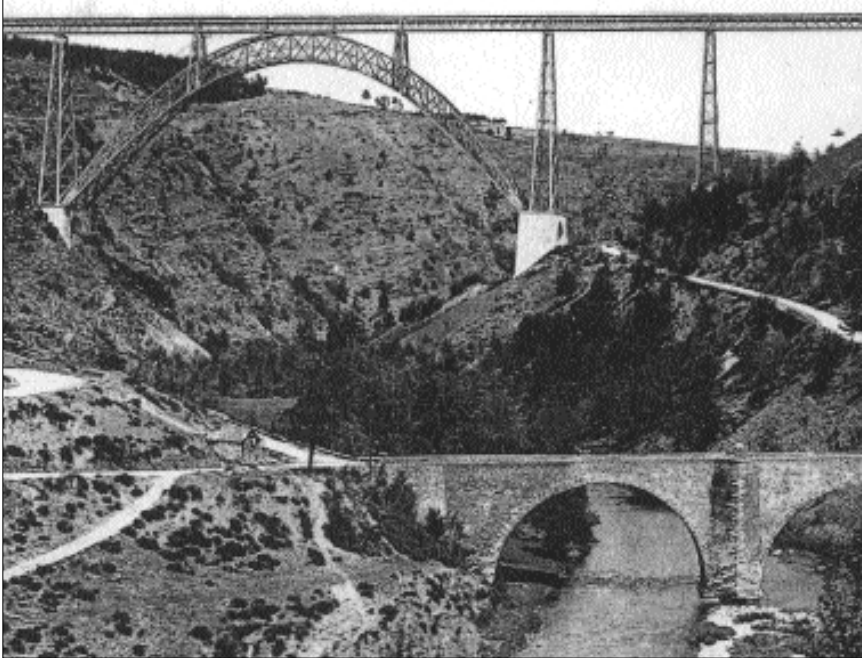


Fig. 1. Viaducto de Garabit en el línea Béziers-Clermont Ferrand.

Cabe destacar que, recurriendo al uso de la cremallera, el ferrocarril europeo construyó el famoso acceso al Monte Pilatus, el más inclinado del mundo con una rampa máxima del 48%. En España, y en particular en Cataluña, mencionaremos el cremallera de Montserrat finalizado en 1892 y recientemente reinaugurado, así como el cremallera de Nuria abierto en 1931.

La segunda reflexión se refiere a la perforación de túneles de considerable longitud antes de finalizar el siglo XIX. Túnel de Mont Cenis (13,7 km) en 1871 y túnel de San Gotardo (15 km) en 1882. Aquel constituyó el primer enlace internacional en la cadena alpina y su realización necesitó de 14 años. Su apertura permitió disponer de la ruta más corta entre París y Roma (fig. 2). Como se sabe, la ejecución del mismo supuso un extraordinario campo de experiencias para las primeras aplicaciones del aire comprimido en la perforación de túneles a través de los trabajos de los ingenieros Sommeiller, Grandis y Grattoni. Por otra parte, el San Gotardo alcanzó notoriedad por la construcción de sus celebres túneles helicoidales en ambas vertientes (fig. 3).



Fig. 2. Trayecto europeo Manchester-Nápoles (J. Berge, 1911, Médiathèque de Chambéry).

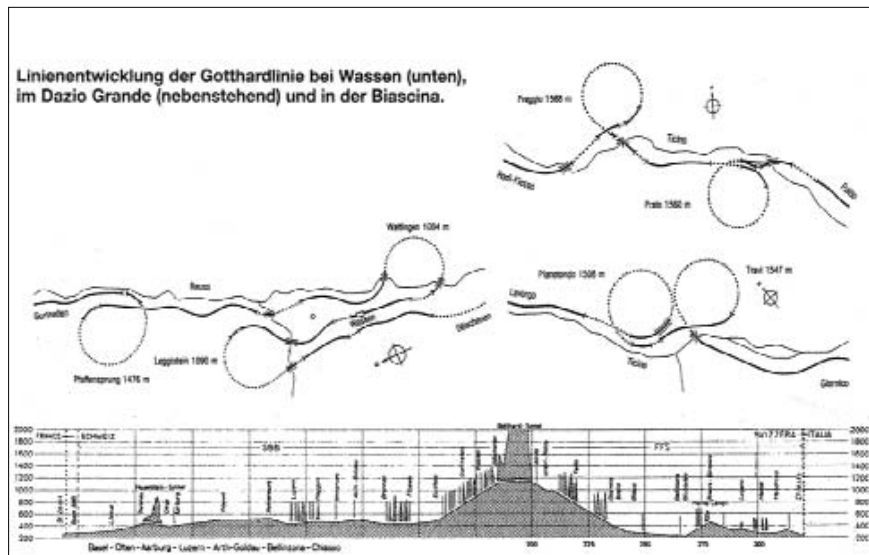


Fig. 3. Itinerario por ferrocarril entre Basilea y Chiasso a través del San Gotardo.

Para una Europa en plena formación política el ferrocarril llegó en el momento adecuado. Acercar los países del norte con los del sur, por el interior de la montaña, constituía una necesidad económica. Por ello, algunos años después serían realizados túneles de ferrocarril de análoga o superior longitud, como el Simplon I (19,8 km) en 1905 (fig. 4). Para encontrar en la carretera túneles de similar longitud fue necesario esperar a que el siglo XX estuviese bien avanzado: túnel de Mont-Blanc (11,7 km) en 1965.

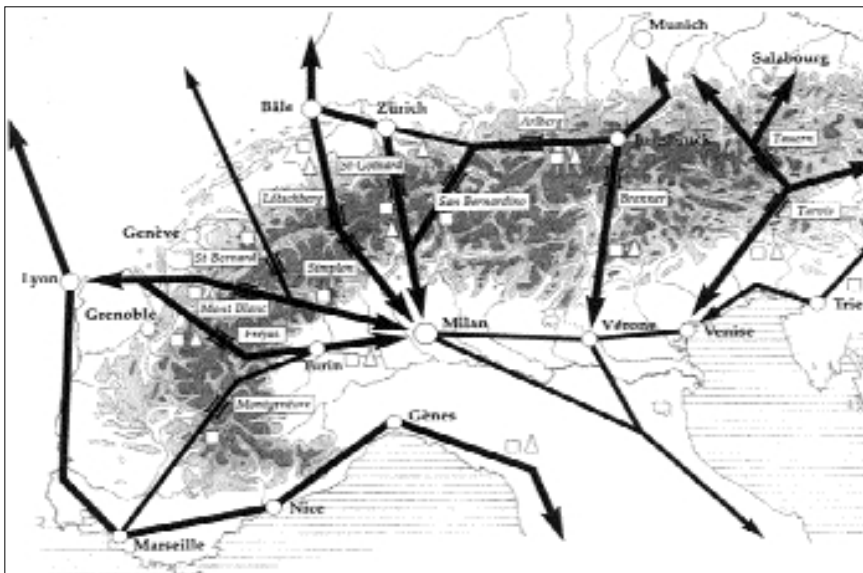


Fig. 4. Principales itinerarios alpinos de carretera y ferrocarril.

En España, las conexiones internacionales con Francia, a través de los Pirineos, no presentaron el mismo grado de dificultad que en los Alpes. Sin embargo los enlaces Barcelona-Toulouse por Puigcerdá y Pau-Canfranc (fig. 5) obligaron también a la realización de túneles helicoidales.

Esta rápida visión de algunos testimonios físicos del desarrollo inicial del ferrocarril nos conduce directamente al análisis de su misión como modo de transporte, es decir, el traslado de personas y mercancías. En otras palabras, a su impacto en la sociedad.

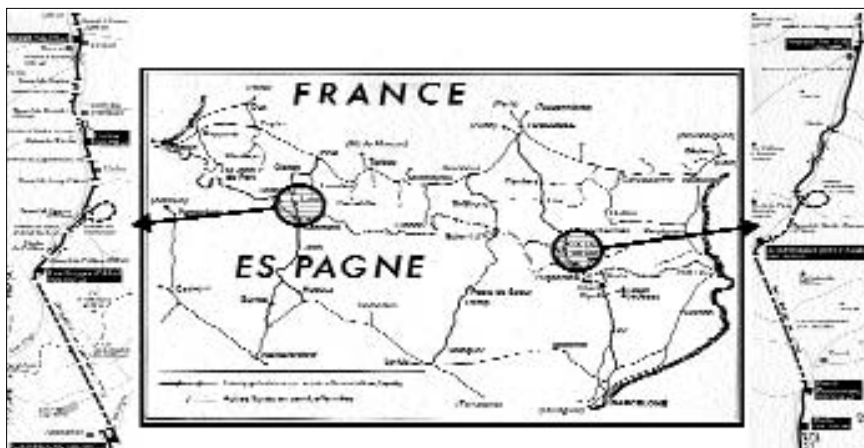


Fig. 5. Líneas de ferrocarril con Francia.

Impacto social

Para valorar este impacto, en el ámbito del tráfico de viajeros, es útil recordar que hasta la inauguración de la primera línea de ferrocarril, 27 de septiembre de 1825, el modo normal de transporte fue la diligencia, utilizando las diversas líneas establecidas ya en el último tercio del siglo XVIII.

Como referencia, y siguiendo al historiador Santos Madrazo, puede decirse que coincidiendo con la inauguración de la primera línea de ferrocarril en España, entre Barcelona y Mataró, las diligencias, unían Madrid con Barcelona, a través de Zaragoza, en 75 horas, lo que suponía, incluyendo paradas, una media de 8 km por hora.

La primera línea de ferrocarril abierta entre Stockton y Darlington (Reino Unido), de aproximadamente 34 km de longitud, fue recorrida por el primer tren de viajeros de la historia, a los mandos de Stephenson, en algo más de dos horas, lo que supuso duplicar la velocidad promedio conseguida por las diligencias.

No sorprende, por tanto, que el ferrocarril se extendiese rápidamente en todos los países, dado que a sus mayores prestaciones, en términos de tiempo de viaje, unía también un confort más elevado.

El impacto de este nuevo modo de transporte en la sociedad fue muy relevante, tal como reflejan algunas cifras referidas a la demanda de viajeros. En particular, en aquellas relaciones donde eran más difíciles las condiciones de circulación por las infraestructuras viarias.

A título indicativo recordemos que, en 1849, del orden de 13.000 personas atravesaron la ruta del Gotardo en diligencia. Cifra que ascendió hasta 60.000 personas en 1882, justo en el momento de inaugurarse la línea de ferrocarril entre Lucerna y Milán a través del túnel de San Gotardo. En el primer año de funcionamiento de esta nueva línea, el tráfico ferroviario fue de más de un millón de viajeros. Al finalizar el siglo XIX, es decir, 18 años después, se multiplicó por tres.

La génesis de la alta velocidad

Un voluntario salto en el tiempo nos permite situarnos a finales de la década de los años cincuenta del pasado siglo. El ferrocarril europeo ve cómo poco a poco la carretera y especialmente el avión, comienzan a atraer a los viajeros que utilizaban el ferrocarril como modo de transporte. La publicidad de la aviación era realmente un buen reclamo: en tres horas se podía atravesar París a pie, desplazarse en avión desde la capital francesa a Marsella, o bien efectuar, también en avión, un viaje de ida y vuelta a Londres.

En paralelo, la demostración de seguridad efectuada en 1957 con un avión Caravelle, que planeando recorrió la distancia que separaba París de Dijon (265 km) en 46 minutos, contribuía a favorecer los viajes en avión.

Ante esta amenaza, que se convertiría en dura realidad a mediados de los años setenta, como veremos posteriormente, el ferrocarril europeo trató de dar un nuevo impulso a la calidad de sus servicios interurbanos de viajeros, especialmente en recorridos diurnos.

En 1957 se materializó la denominada red TEE (Trans Europ Express), constituida por el conjunto de los servicios de mayor calidad y confort con que contaba el ferrocarril europeo. Es preciso reconocer que: al reducirse al mínimo las paradas comerciales; efectuarse a bordo del tren los trámites de aduana correspondientes al paso de fronteras, y al disponer de un confort espacial y de restauración excelente, la red TEE

significó un importante revulsivo de la oferta ferroviaria y supuso un relevante aumento de la demanda de transporte por ferrocarril.

A esta red de prestigiosos trenes perteneció el Talgo, inventado a comienzos de los años cuarenta por el ingeniero militar español Alejandro Goicoechea. Con el paso del tiempo, el Talgo se hizo un sitio de privilegio, por méritos propios, en la historia del ferrocarril.

Sus posteriores versiones para pasar automáticamente de un ancho de vía a otro, o para reducir, mediante la tecnología pendular los efectos de la aceleración centrífuga en las curvas, no hicieron sino reforzar su prestigio internacional.

El mayor impacto de la red TEE tuvo lugar en el período comprendido entre su creación en 1957 y mediados de los años setenta. En efecto, a partir de 1974 el modo aéreo atrajo hacia él, una parte notable de la clientela que hasta entonces utilizaba el ferrocarril para sus desplazamientos. Las diferencias tarifarias existentes entre ambos modos, entre un 30 y un 100 % superiores en el avión, no parecieron influir sensiblemente en elegir este último modo para viajar.

En este contexto, es de interés destacar que la carretera pasó de una situación de base configurada por redes nacionales (1 x 1 carril), a otra de autopistas (al menos 2 x 2 carriles) a partir de 1935. La aviación pasó de los motores de hélice a los de reacción y a los sistemas de aterrizaje todo tiempo, en la década de los años cincuenta a sesenta. Por el contrario, el ferrocarril tuvo que esperar hasta la década de los ochenta para pasar de los ferrocarriles construidos el siglo XIX, a los trazados aptos para la circulación a alta velocidad.

La realidad del sistema de transporte, que ha sido sintetizada precedentemente, comenzaba a poner de relieve que:

1. El tiempo de viaje y la frecuencia de servicios eran dos de las variables que mayor incidencia tenían en la elección de uno u otro modo de transporte.
2. Desde la perspectiva del factor tiempo de viaje el ferrocarril europeo se encontraba estructuralmente penalizado. Para una rela-

ción dada, la distancia a recorrer superaba, en media, en 50 km a la de la carretera y en más de 150 km a la del avión. Como referencia puede señalarse que las distancias entre Madrid y Barcelona son: 480 km por avión, 621 km por carretera y 683 km por ferrocarril.

3. Los trazados ferroviarios no permitían, en general, alcanzar velocidades de circulación mantenidas por encima de 160 km/h.

El resultado era, por tanto, para el ferrocarril, un tiempo de viaje incompatible con las exigencias de la demanda y, por vía de consecuencia, la imposibilidad de ofrecer una elevada frecuencia de servicios en una relación dada.

Sin duda fue ésta la realidad que condujo a Louis Armand a dejar constancia, con el término “si sobrevive al siglo xx”, de la enfermedad de un paciente llamado ferrocarril convencional.

Sin embargo, el académico francés confiaba en las posibilidades intrínsecas del ferrocarril para superar la delicada situación que atravesaba este modo de transporte. ¿Se encontraba fundamentada esta confianza? En todo caso la vinculaba al incremento de las velocidades de circulación, dado que el autor francés señaló también que “El futuro del transporte de viajeros por ferrocarril no podía concebirse sin el desarrollo de las altas velocidades”.

Cabe recordar, como se indicó con anterioridad, que en octubre de 1903 el ferrocarril había alcanzado, en ensayo, 210 km/h de velocidad máxima. Años más tarde, los ferrocarriles franceses trataron de mostrar al mundo la potencialidad que en materia de velocidades todavía guardaba este modo de transporte. El 28 de marzo de 1955 se alcanzaron, en las Landas francesas, 331 km/h de velocidad máxima. La foto de la fig. 6, prohibida durante muchos años y sólo publicada en 1981, muestra el estado en que quedó la vía después del citado récord de velocidad. Tuvieron que pasar 25 años para que dicha velocidad se alcanzase sin deteriorar la vía.

La conjunción de nuevas infraestructuras ferroviarias y la puesta a punto de composiciones capaces de circular por encima de 200 km/h de velocidad máxima, constituyeron, probablemente, la fundamentación de



Fig. 6. Estado de las vías después de circular a 331 km/h (1955).

Louis Armand para confiar en el futuro del ferrocarril. Cabe recordar, en este contexto, que en 1964, con motivo de la inauguración de la nueva línea de alta velocidad entre Tokio y Osaka, los ferrocarriles japoneses introdujeron servicios comerciales a 210 km/h de velocidad máxima.

En todo caso, es importante subrayar que la construcción de líneas de ferrocarril aptas para la circulación a alta velocidad, se debió a razones comerciales por causa de la falta de competitividad del ferrocarril convencional.

En efecto, veamos cuál era, en los años sesenta, la situación de concurrencia entre los distintos modos de transporte en la primera relación francesa: París-Lyon. En 1963, el ferrocarril ofrecía, entre ambas ciudades, un tiempo de viaje de 4 h lo que representaba, para los 515 km de recorrido, una velocidad comercial próxima a 130 km/h. Esta prestación le proporcionaba una cuota de mercado del 65%, frente al 28% de la carretera y al 7% de la aviación.

Sin embargo, cuatro años más tarde, el ferrocarril perdió 17 puntos de cuota de mercado, y la previsión para 1976, año en el cual el tiempo de viaje se vería reducido a 3h 45, indicaba que el ferrocarril perdería 23 puntos suplementarios de cuota de mercado. Todo ello en base a los estudios realizados por Michel Walrave que años después llegaría a ser Director General de la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC). Tan sólo la construcción de una línea de alta velocidad permitiría al ferrocarril invertir esta progresiva pérdida de tráfico.

Pero ¿estaba preparado el ferrocarril europeo para explotar comercialmente servicios de viajeros a velocidades máximas superiores a 200 km/h? La respuesta es afirmativa. En efecto, la tarea de investigación de los ferrocarriles franceses había hecho posible que en 1967 ya se hubiese explorado, en experimentación, el campo de velocidades máximas de hasta 250 km/h, y que desde ese año se afrontase la problemática de circular a 300 km/h.

Como referencia, cabe señalar que, en paralelo, los ferrocarriles japoneses efectuaron circulaciones experimentales a velocidades comprendidas entre 250 y 300 km/h, en el período 1963-1979.

Por tanto, en el momento de iniciarse la construcción de la primera línea de alta velocidad entre París y Lyon en 1976, el ferrocarril francés disponía de una notable experiencia en el intervalo de velocidades comprendido entre 250 y 300 km/h. De hecho, en 1972, el TGV 001, rama experimental con turbinas, había circulado ya en ensayo a 318 km/h. Los progresos de la investigación ferroviaria hicieron posible que en febrero de 1981, unos meses antes de abrir a la explotación comercial normal la nueva línea París-Lyon, septiembre 1981, el TGV situase el récord mundial en 380 km/h. Siete años más tarde, 1988, el tren alemán de alta velocidad, ICE 1, elevó dicho récord hasta 408 km/h. Récord que en 1990 nuevamente los ferrocarriles franceses situaron en, los todavía vigentes, 515 km/h.

Cuando en septiembre de 1981, se abrió a la explotación comercial la primera sección de la línea de alta velocidad entre París y Lyon, se inició también una nueva era en este viejo pero renovado modo de transporte que es el ferrocarril. Sin ella, es muy posible que los servicios interurbanos de viajeros por ferrocarril estuviesen hoy día, en Europa, en la recta final de su desaparición.

Por ello, me parece obligado reconocer y en paralelo agradecer a los ferrocarriles franceses, mediante una breve mención de algunos de sus, en mi opinión, más importantes protagonistas técnicos, el esfuerzo realizado para hacer posible los servicios de alta velocidad. Especialmente si, como resulta bien conocido, la introducción de este tipo de servicios no fue, institucionalmente hablando, un camino de rosas.

Protagonistas de la historia

Desde esta perspectiva, los nombres, entre otros, de Fernand Nouvion y Marcel Tessier, en el ámbito del material y la tracción ferroviaria, serán siempre una referencia obligada por sus notables aportaciones al mejor conocimiento de la interacción vía-vehículo.

Fernand Nouvion, que marcó un tiempo en la tracción eléctrica de los ferrocarriles franceses, fue desde luego el artífice del récord de velocidad antes mencionado de 331 km/h en Las Landas, a través de la creación de locomotoras aptas para elevadas velocidades.

Marcel Tessier, junto a Jean Alias, Jean Dupuy y Paul Gentil, promovió la creación, en agosto de 1966, del Service de la Recherche en la SNCF. Este departamento de los ferrocarriles franceses hizo público, en mayo de 1968, el denominado "Proyecto C-03" en donde se encontraba el primer estudio sobre la construcción de una línea de alta velocidad entre París y Lyon.

Marcel Tessier, discípulo de Louis Armand y considerado uno de los padres de la alta velocidad en Francia, fue también un excelente profesor en el "Conservatoire National des Arts et Métiers" en París, donde impartió enseñanzas sobre "Tracción eléctrica y termo-eléctrica". Su libro, sobre este tema, quedará siempre como una obra insustituible por su interés, rigor y claridad expositiva.

Análoga dualidad, ingeniero en los ferrocarriles franceses y profesor en l'École National des Ponts et Chaussées de París, se dio en la actividad profesional de Jean Alias, cuyos amplísimos conocimientos en el ámbito de las instalaciones fijas nos dejó en dos obras de referencia: *La voie ferrée* y *Le rail*.

Nada mejor para sintetizar la contribución realizada por los técnicos franceses, en el ámbito de la vía, que referirnos a André Mauzin y André Prud'homme. De André Mauzin cabe destacar que los vehículos de auscultación de la calidad geométrica de la vía llevaron su nombre, en reconocimiento a su aportación en este importante campo de la explotación ferroviaria: el conocimiento y la evaluación de la calidad de una vía férrea.

Quiero detenerme brevemente en destacar algunas de las importantes contribuciones de A. Prud'homme por la repercusión que tuvieron en la factibilidad técnico-económica de circular, comercialmente, a alta velocidad en vías sobre balasto. Aun cuando realmente no se conoce con exactitud quién podría ser considerado el padre de la vía del ferrocarril, lo cierto es que durante los primeros 150 años de su existencia se lograron, de forma satisfactoria, velocidades de hasta 160/200 km/h, sin disponer más que de someros conocimientos sobre el comportamiento de la vía frente a los esfuerzos verticales y transversales transmitidos por los vehículos.

En la segunda mitad de la década de los años sesenta del pasado siglo, el ferrocarril, gracias a los trabajos del autor francés y de su equipo, identificó el camino para reducir el impacto vertical de los vehículos sobre la vía y abrió paso a la circulación segura a alta velocidad. Todo ello en su celebre artículo “La voie”.

La expresión de Prud’homme para evaluar las sollicitaciones dinámicas de los vehículos puso en evidencia la necesidad de: reducir el peso no suspendido de los mismos, disminuir la rigidez vertical de la vía y mejorar la calidad de fabricación de los carriles. Como consecuencia de esta formulación, las ramas de alta velocidad poseen un peso no suspendido inferior en un 50% al del material convencional; las placas de asiento entre carril y traviesas han incrementado su elasticidad y los carriles han visto reducidos sus defectos de fabricación.

En el ámbito del comportamiento de la vía frente a esfuerzos transversales, la expresión:

$$H_c = \alpha \left(1 + \frac{P}{3} \right) f(T)$$

se conoce como fórmula de Prud’homme. Establece el esfuerzo máximo (H_c) que la vía es capaz de resistir transversalmente en función del peso por eje (P) del vehículo y del volumen de tráfico (T) que haya circulado por la vía después de realizar una operación de bateo. A partir de esta expresión resulta posible determinar, en particular, el radio y el peralte que debe tener una curva para circular a alta velocidad.

Las dos contribuciones señaladas del autor francés fueron decisivas, como se ha señalado previamente, para la factibilidad técnica y económica de la implantación de servicios de alta velocidad en vías sobre balasto. George Janin, Louis Gent, Serge Montagne y Roland Sauvage fueron algunos de sus principales colaboradores.

Es obligado reconocer en paralelo, en el ámbito de la vía, la contribución realizada por el profesor Josef Eisenmann, de la Universidad Técnica de Múnich, del que destacaremos la fórmula que lleva su nombre para cuantificar las acciones verticales de los vehículos sobre la vía. El carácter dual

de sus enseñanzas: firmes de carretera y líneas de ferrocarril, le indujo posiblemente, siguiendo la orientación japonesa, a proponer y construir la vía en placa tipo Rheda en 1972. La materialización de sus trabajos fue sin duda el germen de la existencia, en la actualidad, de la primera línea de alta velocidad, a nivel europeo, entre Colonia y Frankfurt, dotada de vía sobre placa de hormigón e inaugurada hace tan sólo dos años.

Si como es bien conocido, se reconoce que lo difícil no es llegar sino mantenerse, otros dos ilustres ingenieros franceses hicieron posible que los citados servicios de alta velocidad se consolidasen en Francia y con ellos los servicios interurbanos de viajeros por ferrocarril en los principales países europeos, incluida España. Me refiero a Michel Walrave y Philippe Roumeguère.

Michel Walrave, reconocido como el mejor representante de una nueva generación de ingenieros-economistas en Francia, fue el primero en evaluar el balance económico de disponer de un ferrocarril moderno.

Michel Walrave formalizó la interdependencia de los parámetros económicos, técnicos y de explotación; en paralelo, señaló los cambios que deberían efectuarse para lograr que el ferrocarril conservase su competitividad en un mercado de transporte cada vez más concurrencial.

Gracias a él, nos acostumbramos a una nueva forma de pensar en relación con el ferrocarril: la técnica no era un fin en sí mismo, sino una valiosísima herramienta al servicio de unos objetivos comerciales, en el marco de un balance de explotación deseablemente positivo. Gérard Mathieu, Jean Pierre Arduin y Michel Leboeuf fueron algunos de sus más valiosos colaboradores. Fue el autor de la primera propuesta europea de red de alta velocidad.

Por su parte, Philippe Roumeguère es el genuino representante del ingeniero polivalente, con una visión global del sistema de transporte y de su repercusión económica.

Nadie mejor que él representa, al ingeniero que desde el conocimiento detallado de las técnicas ferroviarias, se eleva hasta situarse en una perspectiva de gestión que se beneficia de su enorme capacidad de com-

prensión de los problemas técnicos. Su carrera como responsable de la vía, de la señalización, del departamento de estudios económicos y de las nuevas infraestructuras en los ferrocarriles franceses así lo certifica.

Durante más de 15 años y desde la primera mitad de la década de los años setenta compaginó su actividad en la SNCF, con la enseñanza del ferrocarril en el viejo edificio de l'École Nationale des Ponts et Chaussées de la calle Saints-Pères en París, que no hace mucho tiempo cumplió 250 años de existencia.

Escuela que es oportuno recordar; inició la docencia de esta disciplina en 1830, con el curso impartido por el ingeniero de caminos Charles-Joseph Minard. Fue este autor francés, el verdadero creador y difusor de la estadística gráfica aplicada al ferrocarril en 1845 a través de la publicación de los primeros esquemas sobre los flujos de viajeros en los principales corredores ferroviarios.

Philippe Roumeguère incorporaba a su reconocido magisterio una actitud personal que, unida a la convicción de sus pensamientos, le convirtieron en maestro y en paralelo también en amigo.

En las dos últimas décadas he tenido el privilegio de trabajar y compartir con él el enorme progreso logrado por el ferrocarril europeo. Su trayectoria profesional le ha conducido a dirigir, en la actualidad, la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) en un momento en que los profundos cambios estructurales del ferrocarril requieren de su decisión pero también de su moderación.

Y puesto que hace pocas semanas se firmó la concesión para realizar la primera conexión franco-española en ancho internacional y alta velocidad, me agradaría dejar constancia que Michel Walrave y Philippe Roumeguère hicieron posible con su disposición personal y su contribución profesional que la nueva línea entre Figueres y Perpiñán esté hoy día en fase de convertirse en realidad. Su actitud entre 1985 y 1990, en reuniones que podíamos calificar de cuasi-clandestinas, por lo que suponía hablar directamente entre París y Barcelona, con los responsables de Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña, en particular con Albert Vilalta, y en las que tuve la oportunidad de participar, fueron una muestra más de su visión de futuro pero también de su calidad humana.

Alta velocidad y demanda de transporte

Desde 1983, fecha de la inauguración completa de la primera línea de alta velocidad en Europa, entre París y Lyon, hasta el momento actual, se han construido y puesto en servicio más de 3.700 km de nuevas infraestructuras por las que diariamente circulan cientos de trenes de alta velocidad. El 50% de las nuevas líneas se encuentra en Francia, el 25% en España, el 20% en Alemania y el resto en Italia, Bélgica y el Reino Unido. El respeto al medio ambiente ha sido y continúa siendo una referencia de primer orden en el proyecto de construcción y ejecución de estas nuevas líneas, dedicándose hasta el 20% de la inversión en estas infraestructuras a la reducción de su impacto ambiental.

En las relaciones que disponen de este tipo de infraestructuras el ferrocarril se ha convertido, como predijo Louis Armand, en el modo de transporte por excelencia. Dos son, entre otros, los factores que avalan esta realidad: la demanda de transporte alcanzada y la cuota de mercado que la citada demanda representa.

Por lo que respecta al primer factor, la demanda de transporte, el análisis del número de viajeros que han utilizado las nuevas infraestructuras de ferrocarril en Europa, permite constatar la existencia de un amplio intervalo de variación, delimitado en su extremo inferior por más de seis millones de viajeros (Madrid–Andalucía), y en su extremo superior por 23 millones de viajeros (París–Sudeste). La magnitud del intervalo se explica no sólo por la demografía asociada a cada línea, sino también por su inserción geográfica o no en los corredores europeos de mayor movilidad.

En todo caso, una visión retrospectiva de lo sucedido en el tiempo transcurrido desde 1981 en Francia y desde 1992 en España, permite comprobar cómo, en el país vecino, se han transportado, en TGV, más de mil millones de viajeros, a un ritmo medio de 45 millones de viajeros/año. En España, en poco más de diez años y con una sola línea, el tráfico acumulado en la línea AVE ha sido superior a 40 millones de viajeros.

En cuanto al segundo factor, cuota de mercado del ferrocarril, los niveles alcanzados en algunas relaciones europeas afectadas por servicios de alta velocidad son especialmente relevantes, comprobándose cómo este modo obtiene valores comprendidos entre el 35 y el 90%, para

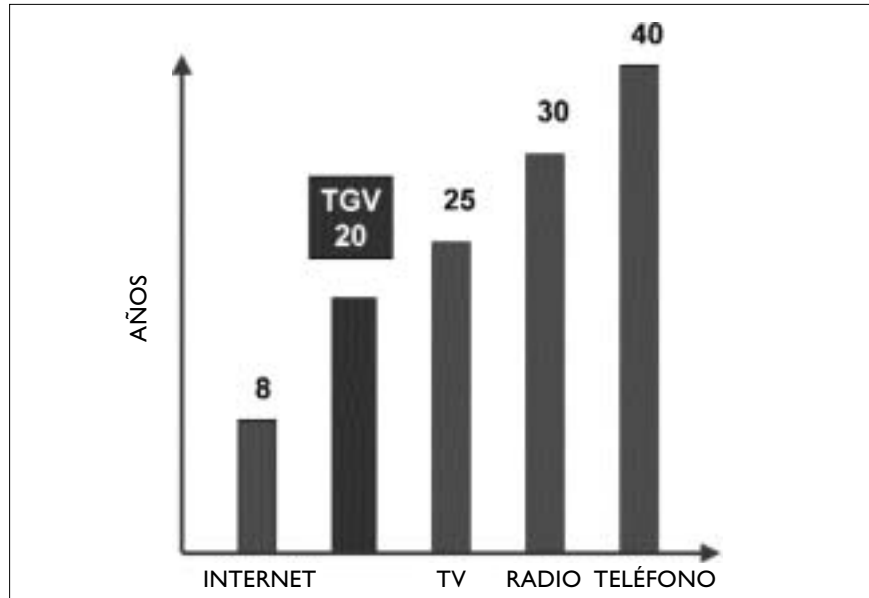


Fig. 7. Años necesarios para alcanzar una inserción en el mercado del 30% por diversos sistemas tecnológicos.

tiempos de viaje de hasta 4 a 5 horas. La conclusión precedente es válida también para relaciones internacionales, tales como: París-Londres, París-Ámsterdam y Londres-Bruselas. Las relaciones Madrid-Sevilla, París-Lyon y París-Bruselas son el mejor ejemplo de la potencialidad de la nueva oferta ferroviaria.

Si hubiese que calificar de alguna manera los servicios de alta velocidad en los tres países europeos con mayor longitud de nuevas infraestructuras, me atrevería a señalar que Alemania simboliza el confort espacial, Francia la velocidad y España la calidad global.

La rapidez de la inserción de los servicios de alta velocidad en la sociedad ha sido muy elevada, especialmente si se la compara con la correspondiente al desarrollo experimentado por otras tecnologías, como la radio, la televisión, el teléfono, etc. Me refiero a la inserción lograda en el mercado, por cada tecnología, un cierto número de años después de su aparición. En Francia, los servicios de alta velocidad alcanzaron una inserción en el mercado del 30%, respecto a su mercado potencial, en tan sólo veinte años. Cifra, sensiblemente inferior a la necesitada por otras tecnologías (fig. 7) en sus respectivos mercados mundiales.

Llegados a este punto, consideramos de interés precisar el concepto de alta velocidad que en los últimos años fue objeto de algunas controversias. Desde el punto de vista técnico, el antiguo Director de Material de los ferrocarriles franceses y posteriormente, Secretario General de la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC), Jean Bouley, asignó en 1981, el concepto de alta velocidad, a: "Toda circulación con una velocidad superior e incluso netamente superior, a la velocidad máxima que, en general, podía practicarse por los trazados clásicos, es decir, 200 km/h". En consecuencia, se asociaba el término "Alta velocidad" al intervalo 200/300 km/h, y se reservaba el de "muy alta velocidad", a las circulaciones que sobrepasaran los 300 km/h, implicando en ambos casos la necesidad de construir nuevas líneas de ferrocarril.

Es oportuno recordar que el significado práctico de los términos precedentes, trataba de reflejar, básicamente, dos hechos fundamentales:

- a) El primero, que por encima de 200 km/h, es muy difícil explotar una línea con señalización lateral (la que disponen las líneas convencionales).
- b) El segundo, que para velocidades superiores a 300 km/h, los problemas aerodinámicos y de ruidos adquieren una nueva dimensión.

No resulta fácil encontrar tramos de una cierta longitud, sobre la red ferroviaria construida, fundamentalmente, en el siglo XIX, donde se puedan alcanzar velocidades superiores a 200 km/h. En paralelo, velocidades punta sobrepasando los 300 km/h, no aparecían, en la época de las definiciones anteriores, es decir, hace dos décadas, como comercialmente necesarias. Es indudable, no obstante, que los citados límites de velocidad tenían un carácter orientativo, derivado de su propio objetivo.

Por otro lado, en la Decisión 1692/96 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de julio de 1996, sobre las orientaciones comunitarias para el desarrollo de la red transeuropea de transporte se explicitaba:

La red ferroviaria de alta velocidad se compondría de:

- Líneas especialmente construidas para alta velocidad, equipadas para velocidades generalmente de 250 km/h o superiores mediante tecnologías actuales o nuevas.

- Líneas especialmente acondicionadas para la alta velocidad, equipadas para velocidades del orden de 200 km/h.
- Líneas especialmente acondicionadas para la alta velocidad de carácter específico debido a limitaciones topográficas, de relieve o de medio ambiente urbano, para las cuales la velocidad deberá adaptarse a cada caso concreto.

Con independencia de las definiciones técnicas o políticas, la realidad es que los nuevos servicios ofrecidos por el ferrocarril en el transporte interurbano de viajeros, pueden sintetizarse en los tres aspectos siguientes:

1. Reducción a la mitad del tiempo de viaje centro a centro de las ciudades, respecto a los servicios convencionales.
2. Duplicación de la frecuencia de servicios en la relación considerada.
3. Nivel tarifario inferior a los de la carretera y la aviación.

No sorprende, por tanto, el impacto que este nuevo modo de transporte, como se ha denominado al ferrocarril de alta velocidad, ha tenido en la sociedad.

Es importante valorar en su justa medida la contribución realizada por Renfe al introducir, por primera vez en el mundo, el ya célebre compromiso de calidad en relación con la puntualidad de los trenes AVE: la devolución del importe del viaje en caso de llegar a destino con un retraso superior a cinco minutos. Este compromiso sirvió para que el ferrocarril reforzase aún más el nivel de calidad que se asociaba a los servicios de alta velocidad. Sin duda hubo un antes y un después desde el histórico compromiso del ferrocarril español.

Desde aquí mi reconocimiento a los ingenieros españoles que construyeron la nueva línea entre Madrid y Sevilla en un tiempo record, asombraron al mundo y posibilitaron, mediante la fiabilidad de sus instalaciones, el establecimiento del referido compromiso de calidad. También a cuantos en los doce años transcurridos desde su inauguración han sido capaces de mantener e incluso superar la calidad inicial del servicio, convirtiendo el AVE en una referencia mundial obligada. El premio europeo a la excelencia, recibido en 1998, así lo confirma.

Esta tarea profesional adquiere una dimensión mayor, si se recuerda que Renfe pasó, en tan sólo cuatro años, de explotar servicios conven-

cionales a 140/160 km/h, a garantizar una explotación a 270/300 km/h. Esta capacidad de adaptación de los profesionales de Renfe a las nuevas tecnologías transformó la imagen del ferrocarril español que en un tiempo récord pasó de la indiferencia de la sociedad a convertirse en objeto de reclamo por doquier.

Ferrocarril de dos velocidades

Más allá del impacto señalado, para los servicios de alta velocidad, estimo de interés aportar alguna reflexión al debate abierto sobre el ferrocarril de dos velocidades a que teóricamente dará lugar la llegada de la alta velocidad. El primero estaría configurado por las infraestructuras de nueva construcción y el segundo, por aquellas líneas realizadas, básicamente, en el siglo XIX.

En efecto, con frecuencia resulta posible escuchar que los servicios europeos de alta velocidad supondrán el fin del ferrocarril convencional en las distancias medias y por tanto de los servicios regionales que por él se prestan.

La argumentación precedente se basa en los importantes recursos económicos que requiere la implementación de la red de alta velocidad, lo que impediría disponer de fondos suficientes para poder mejorar el ferrocarril convencional. Sin embargo, mi perspectiva es precisamente la contraria. Es decir que los servicios de alta velocidad han sido, son y serán un revulsivo para la mejora de los servicios regionales convencionales, en aquellas relaciones donde no existan líneas de alta velocidad.

En efecto, el impacto visual y de confort entre el material de alta velocidad y el utilizado tradicionalmente para los servicios regionales era de tal dimensión que difícilmente podría aceptarse, por la sociedad, una complementariedad entre el largo y el corto recorrido por ferrocarril, con diferencias de calidad tan acusadas entre ambos servicios.

Esta situación condujo, en particular, en Francia y Alemania a la fabricación y puesta en servicio de nuevas composiciones, de concepción moderna y adaptadas en prestaciones y capacidades a las exigencias propias de cada relación, alcanzando velocidades de 140/160 km/h. Más recientemente, el material alcanza los 200 km/h.

Es indudable que este cambio de tendencias sobre la consideración de los servicios regionales por líneas convencionales se ha producido tan sólo en los últimos años, pero la respuesta, en términos de demanda de tráfico captado, no se ha hecho esperar. Así, en Francia, entre 1997 y el 2002, el tráfico creció en un millón de viajeros.

En España, la experiencia es similar, con la introducción de nuevas composiciones TRD capaces de alcanzar 160 km/h de velocidad punta. La evolución de la demanda de tráfico, en el mismo período temporal mencionado anteriormente, fue positiva, con un incremento de 2,4 millones de viajeros.

Transporte de mercancías y nuevas infraestructuras

La repercusión de la alta velocidad en viajeros también ha sido relevante para el transporte de mercancías. En primer lugar, a través de la liberalización de surcos de paso en las líneas convencionales y en segundo lugar mediante la propia circulación de trenes de mercancías por las nuevas infraestructuras ferroviarias, (la explotación de las líneas Hannover y Würzburg y Manheim-Stuttgart así lo confirma) incrementando su nivel de prestaciones (hasta 110 km/h de velocidad comercial) y sobre todo garantizando el plazo de transporte. Como se sabe, en el transporte de mercancías lo importante no es correr sino no pararse. Todo ello, naturalmente, en aquellos itinerarios donde la densidad de los trenes de alta velocidad para viajeros lo permite, lo que no suele ser muy habitual. No puede decirse, por tanto, que las nuevas infraestructuras ferroviarias actualmente en explotación comercial con servicios de alta velocidad, sean la solución global a los problemas que presenta el transporte de mercancías por ferrocarril. Aun cuando este segmento de mercado no es objeto de mi intervención, como señalé al comienzo de la misma, permítanme la breve exposición de algunas ideas.

Los problemas en el transporte de mercancías por ferrocarril son diversos, pero existe un cierto consenso en relación con algunos de los factores que se consideran más relevantes: la falta de capacidad en algunos corredores y la prioridad dada a los servicios de viajeros, junto a las limitaciones operativas de las terminales ferroviarias.

Por ello estimo llegado el momento de proporcionar al transporte de mercancías por ferrocarril las herramientas necesarias para que pueda desarrollar todo su potencial. Una de esas herramientas es, sin duda, el disponer de infraestructuras dedicadas, exclusivamente o en prioridad, al tráfico de mercancías.

En esta orientación se sitúan las actuaciones emprendidas en algunos países europeos. Entre las citadas actuaciones cabe mencionar las dos líneas en curso de construcción para el transporte de mercancías por ferrocarril en Países Bajos y Bélgica: Betuweline y Eiserner Rhein respectivamente. Por otro lado, la Unión Europea, en el *Libro Blanco del Transporte* recogió la siguiente recomendación:

“La puesta en funcionamiento de corredores multimodales con prioridad para las mercancías exige infraestructuras ferroviarias de calidad. Ante la imposibilidad de poder realizar a corto plazo una red ferroviaria completa, reservada a las mercancías como en Estados Unidos, las inversiones deben incentivar la incorporación progresiva de corredores transeuropeos con prioridad y hacia la exclusividad del tráfico de mercancías”.

La idea de disponer de infraestructuras ferroviarias dedicadas preferentemente al tráfico de mercancías ha recorrido, por tanto, ya un cierto camino, en Europa, aun cuando como sucede con todas las transformaciones importantes, la maduración de las mismas, su asimilación, adopción e implementación práctica necesite de un tiempo importante. Parfraseando a Louis Armand, me atravería a señalar que el transporte combinado por ferrocarril acabará siendo la respuesta inevitable a la congestión de las carreteras, si se le dan los medios necesarios para configurar la oferta de calidad que la demanda necesita.

Ferrocarril y sociedad en el siglo XXI

Transcurridas dos décadas desde la apertura de la primera línea de alta velocidad en Europa, el ferrocarril se ha dotado de nuevas infraestructuras de altas prestaciones, hasta disponer en la actualidad de 3.776 km. Eso significa un avance medio anual de 189 km durante las dos décadas mencionadas. Sin embargo, el progreso experimentado por la carretera y la aviación ha sido superior, tal como se deduce de la observación del cuadro adjunto.

LA SITUACIÓN ACTUAL DE CONCURRENCIA O DE COMPLEMENTARIEDAD ENTRE LOS DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE (EUROPA DE LOS 15)		
Modo de transporte	Configuración de la oferta a través de:	Evolución 1980-2000
Carretera	52.000 km de autopista	+22.000 km de autopista (1.100 km/año)
Avión	78 compañías aéreas regionales y 30 compañías <i>low cost</i>	Se multiplicó por 3 el número de compañías
Ferrocarril	3.776 km de nuevas líneas	+ 3.800 km de líneas nuevas (189 km/año)

Nótese cómo la red de autopistas de los países que configuran la Europa de los quince, incrementó su longitud, a un ritmo anual medio de 1.100 km entre 1980 y el año 2000. Por su parte, en análogo período temporal, la aviación duplicó el número de compañías aéreas regionales e incorporó más de treinta compañías denominadas "low cost".

Me gustaría llamar la atención sobre el hecho de que, a nivel europeo, los planes de infraestructura de carretera y ferrocarril han seguido un ritmo de implementación muy diferente. En efecto, el análisis de lo ocurrido en el período 1993-1999 permite comprobar cómo las previsiones realizadas en 1993 para el horizonte 1999 se cumplieron con exactitud en el primer modo, la carretera, mientras que el ferrocarril sólo vio realizada el 40% de la longitud prevista. En consecuencia, el impacto de la alta velocidad fue forzosamente inferior al previsto.

Con perspectiva de futuro y tal como anunció Louis Armand, ¿qué cabe esperar en relación con la transformación del ferrocarril en el modo de transporte del siglo XXI?. En otras palabras, sobre el binomio ferrocarril-sociedad. Ante este interrogante, nuestro compañero y maestro el Padre Dou se apresuraría a recordarnos que todo problema físicamente mal planteado no tiene solución, y que por tanto la pregunta debería reformularse en términos más globales, es decir, en relación con el binomio sistema de transporte y sociedad.

Todos los estudios realizados coinciden en la idea de la permanencia, en los próximos años, del incremento de la movilidad. De forma específica las previsiones realizadas por la UIC, en marzo 2003, para el conjunto de los modos de transporte en Europa, señalan que, en veinte años, el tráfico aumentará un 60% respecto a los ya elevados niveles actuales.

Por otro lado, la protección del medio ambiente y en particular la reducción de elementos contaminantes, constituye un objetivo irrenunciable. La sostenibilidad del planeta es un concepto asumido aun cuando no todas las actuaciones vayan en esa dirección. Como referencia, en la década pasada, las emisiones de CO₂ por la carretera, aumentaron en un 20% y las de la aviación en un 50%. El ferrocarril, aun cuando su tráfico (viajeros-kilómetro) se incrementó en un 44%, mantuvo el mismo nivel de emisiones de CO₂ que diez años antes.

En este ámbito, las previsiones de la Unión Europea (2002), para el período 2000-2010, en el escenario en que no se adopten medidas drásticas en relación con la emisión de CO₂, señalan un incremento del 10%, en el nivel de contaminación, frente a la reducción del 20% acordada en Kyoto para el año 2012.

En su *Informe sobre la Energía* (2002) la U.E. señaló: "La casi totalidad de las emisiones de CO₂ generadas por el hombre son atribuibles al sector energético. Es una consecuencia de la dependencia respecto a los combustibles fósiles. El transporte y la producción de electricidad/vapor son, con órdenes de magnitud, responsables del tercio de las emisiones de CO₂. Sin embargo, los 9/10 del aumento de las emisiones de CO₂ son atribuibles al transporte y sobre todo al transporte por carretera".

Llegados a este punto, quiero destacar la importante contribución realizada, en este ámbito, por la Unión Internacional de Ferrocarriles, con la periódica publicación de destacados estudios sobre los costes externos del sistema de transporte europeo.

A título indicativo, en una relación típicamente ferroviaria (Hamburgo-Frankfurt ≈ 500 km), la emisión de CO₂ por parte del tren de alta velocidad alemán (ICE 2) es de 2 kg por 100 pkm, frente a 13 kg del vehículo privado y 18 kg de un A-320.

En síntesis, la necesidad de disponer de un sistema de transportes eficaz, equilibrado y al menor coste económico y medio-ambiental posible, debería ser una prioridad común. Es en relación con este objetivo y en este marco que cabe tratar de encontrar respuesta al interrogante anteriormente planteado sobre ferrocarril y sociedad.

Desde mi perspectiva, el análisis del futuro del ferrocarril debe realizarse no desde un planteamiento más o menos voluntarista, sino desde un enfoque realista basado en su posible aportación a la movilidad y a la preservación del medio ambiente.

En este contexto, estimo que el ferrocarril será un modo significativo en el sistema de transporte, en la medida en que resulte útil a la sociedad. Considero que esta premisa sobre la utilidad del ferrocarril es básica para la reflexión. De poco serviría, en nuestro criterio, plantearse cuestiones sobre los reconocidos atributos de este modo de transporte, en materia de menor consumo energético, inferior ocupación espacial o más limitado impacto ambiental, como se ha visto, si el ferrocarril no efectuase satisfactoriamente su primera y principal misión que es la de transportar personas o mercancías.

Si limitamos el análisis al segmento de mercado que constituyen los desplazamientos interurbanos de viajeros, ámbito elegido para esta intervención, en los próximos minutos me propongo efectuar algunas consideraciones sobre el papel que el ferrocarril puede desempeñar en el sistema de transportes europeo, a partir de la utilidad que en él pueden encontrar los potenciales clientes de este modo de transporte.

De una manera habitual se reconoce en el vehículo privado la virtud de la flexibilidad que aporta, a la hora de efectuar un desplazamiento, y en el avión, la rapidez que ofrece. Pero ambos modos encuentran cada vez más dificultades para poder mantener en su máximo nivel, los citados atributos, a causa de la congestión que presentan. La carretera, principalmente en los accesos a las grandes ciudades, que abarcan un radio de acción de 40 a 50 km, según la conurbación que se considere; pero también en algunos itinerarios por causa de la densidad del tráfico existente. Los problemas de congestión de la aviación, se encuentran tanto en las aerovías como en las terminales aeroportuarias

Como referencia de los problemas de congestión en las carreteras, pueden citarse los datos recientemente publicados, enero 2004, por el Centro Nacional Francés de la Carretera, sobre la repercusión práctica de los embotellamientos en las carreteras francesas. Dos indicadores han sido considerados para su evaluación: el primero, el volumen de horas kilómetro (hkm); el segundo el número de veces que los problemas de congestión se han producido en un año, en cada eje considerado. El *ranking* práctico establecido a partir de las observaciones realizadas permite comprobar cómo los dos primeros itinerarios que presentan mayores problemas de saturación corresponden a las relaciones Lyon-Marsella y Orange-frontera franco-española de La Jonquera. El primero, con 47.308 hkm y una frecuencia de 3.192 por año. El segundo con 17.746 hkm y 827 casos por año. La problemática que presentan los dos tramos de carretera mencionados avalan, si cabe aun más, la nueva línea de ferrocarril entre Barcelona y Perpignan.

Por otro lado, las dificultades de la aviación son consecuencia de su utilización masiva que, en los últimos años, ha generado numerosos e importantes retrasos (una cuarta parte de los vuelos del espacio aéreo europeo tienen un retraso medio superior a 15'). Las repercusiones no han afectado sólo a los viajeros de este modo, sino también a las propias compañías aéreas europeas, cuyos gastos suplementarios por estos problemas se sitúan, anualmente, en el entorno de 3.500 millones de euros. Nótese, por otro lado, que si en el año 2000 el número de vuelos tratados en el espacio europeo fue de ocho millones, las previsiones fijan doce millones en el 2010 y dieciseis millones en el 2020, lo que aumentará, razonablemente, los problemas de congestión, a pesar de las medidas que están en curso de implementación para fluidificar el tráfico aéreo.

En este contexto, resulta de interés recordar las palabras del prestigioso historiador Arnold J. Toynbee, que ya en 1970 señaló:

Conducir un coche es cada vez menos un relajamiento y un placer, y es cada vez más un tormento y un castigo. Es de esperar que la necesaria limitación del tránsito por la carretera se obtenga por abstinencia voluntaria. Pero quizá sea necesario legislar que cualquier potencial usuario privado de una ruta deba declarar la razón por la que solicita se le conceda un permiso especial para circular:

Aun cuando esta limitación pueda parecer drástica, y a los automovilistas excesivamente rigurosa, no se busca con ello abolir el uso del automóvil particular, sino restringir su empleo en los límites dentro de los cuales sea factible conservar ese tránsito en marcha.

El automóvil particular no quedará descartado y por supuesto no debe quedar descartado, porque por muy masivamente que pueda desarrollarse el ferrocarril, se necesitará también el máximo volumen posible de tránsito por carretera, considerando el gran aumento futuro de la población del mundo.

Por otro lado, el aumento en volumen del tráfico aéreo mundial ya está sobrepasando el aumento en número y tamaño de los aeropuertos del mundo; y el incremento en la velocidad promedio de los aviones está neutralizado por la pérdida de tiempo en espera de turno, en la cola para partir desde una pista, o dando vueltas en círculo sobre el aeropuerto hasta que le llega el momento de aterrizar.

Esta incipiente congestión del tránsito en los aeródromos del mundo y sobre ellos sugiere que el volumen de tránsito aéreo, como el de la circulación en los caminos, tendrá que ser restringido en forma drástica. Si eso sucede, el tren, similar a la tortuga, será el que paradójicamente, salga vencedor en su competencia con el avión, similar al halcón, así como en su competencia con el automóvil, similar a la liebre.

Los ferrocarriles son, manifiestamente, "la ola del futuro".

El progreso técnico del ferrocarril

¿Puede el viajero encontrar en el ferrocarril de alta velocidad un modo alternativo que complemente la oferta de la carretera y el avión?

Entiendo que la flexibilidad de la carretera podría quedar compensada por la frecuencia de servicios del ferrocarril, y la rapidez del avión, por las prestaciones que, centro a centro de las ciudades, puede ofrecer la alta velocidad.

Por lo que respecta a la frecuencia, es de interés recordar que, en las principales relaciones que disponen de alta velocidad, la oferta supera 20 servicios por día y por sentido. Ello significa un tren cada hora o incluso cada 30 minutos.

En cuanto a la rapidez, puede decirse que la evolución del tiempo de viaje en el ferrocarril o de su inverso, la velocidad comercial, ha ido paralela en los últimos años, a las necesidades de cada momento.

Así, en 1983, los 200 km/h que, en media, se lograban entre París y Lyon, fueron considerados como comercialmente suficientes, mientras que 20 años después continuaban siendo válidos para esta relación, pero insuficientes para recorrer los 750 km que separan París de Marsella en tres horas; tiempo comercialmente deseable. En este caso, la velocidad comercial necesaria se eleva a 250 km/h y coincide con la ofertada por el ferrocarril francés.

A corto plazo, es bastante plausible pensar que Renfe igualará o superará dicha prestación en la relación Madrid-Barcelona, donde podría lograr 280 km/h de velocidad comercial. No por una cuestión de prestigio sino de exigencia comercial frente a la oferta aérea.

Para mayores distancias, bien que a manera de ensayo, en mayo de 2001, una rama de alta velocidad recorrió los 1.067,2 km que separan Calais de Marsella en 3h 40 a la velocidad media de 291 km/h. Si se consideran los 1.000 km que se recorrieron a velocidad lanzada, la velocidad media en este recorrido se elevó a 306 km/h.

Las cifras precedentes son las credenciales que puede presentar el ferrocarril de alta velocidad. Si se tiene en cuenta que entre la velocidad máxima alcanzada en ensayo (515 km/h en mayo de 1990 por el TGV) y la velocidad máxima en servicio comercial, hay un margen de aproximadamente 100 a 120 km/h, no parece injustificado afirmar la factibilidad técnica de lograr recorrer 1.000 km en tres horas.

Me gustaría precisar que las posibilidades técnicas señaladas deben ser consideradas en el contexto de su posible interés comercial. La frase atribuida a responsables de los ferrocarriles suizos: "No circular tan rápido como técnicamente sea posible, sino como comercialmente sea necesario", estimo debería presidir la planificación y la explotación de cada relación.

Desde nuestra perspectiva, un posible enfoque en la planificación de los servicios interurbanos de viajeros por ferrocarril debería incluir, además de la consideración suiza, la delimitación del concepto de inversión mínima útil y la precisión del significado práctico de la atracción del ferrocarril como modo de transporte.

En relación con la velocidad técnicamente posible y comercialmente necesaria, nos gustaría señalar lo que podríamos denominar como “el precio del exceso de la velocidad” en una relación o en un corredor dado. En efecto, reducir el tiempo de viaje por debajo de un cierto límite, variable para cada relación, podría significar un débil incremento de la cuota de mercado del ferrocarril. Este hecho iría acompañado por un incremento de los gastos de explotación del servicio, pero no de los ingresos, lo que produciría un balance económico negativo.

En cuanto a la delimitación de la inversión útil, la idea que deseamos destacar es que, en determinadas ocasiones, un volumen significativo de recursos económicos aplicados al ferrocarril podría no tener un impacto comercial apreciable, y, en consecuencia, se trataría de una inversión desaprovechada. En este caso más valdría no invertir.

Por último, y en lo que concierne al concepto de atracción del ferrocarril como modo de transporte, entendemos que su significado práctico podría quedar configurado por: “La calidad de la oferta que, optimizando recursos económicos, suponga una presencia significativa de este modo, en el sistema de transporte de un corredor; determine un balance de explotación del servicio positivo para el operador y permita la mayor vertebración territorial posible”.

En todo caso son indudables los enormes progresos realizados por el ferrocarril europeo, para configurar una oferta de mayor calidad, en el período comprendido entre la primera línea de alta velocidad en 1981 y el momento de la apertura a la explotación comercial de las últimas líneas: Valence-Marsella (2001), Colonia-Frankfurt (2002) y Madrid-Lleida (2003).

En el ámbito de la infraestructura y superestructura ferroviaria, tres parámetros nos permiten visualizar, con carácter de síntesis, la citada evolución: el radio de las curvas, la distancia entre ejes de vía y la sección transversal útil de los túneles.

La línea París-Lyon fue proyectada con un radio normal de las curvas en planta de 4.000 m y excepcionalmente de 3.200 m. En la actualidad ambas magnitudes han pasado a ser, respectivamente, de 7.000 m y de 5.200 m.

La distancia entre ejes de vía fue, inicialmente, de 4,2 m mientras que las nuevas líneas de alta velocidad se están construyendo con una entrevía comprendida entre 4,8 y 5 m.

Por último en la línea TGV-Atlántico (1989), la primera que dispuso en Europa de túneles, se adoptó una sección transversal útil de 71 m². En la línea Madrid-Barcelona, algunos túneles disponen de 100 m² de sección útil.

Es de interés dejar constancia que, en contraposición a lo que parecería más lógico, las líneas de alta velocidad tienden a elevar, en función de las dificultades orográficas de los trazados, las rampas máximas hasta el límite que permite el sistema de explotación programado, 25 a 40%, con objeto de reducir el número de obras de fábrica y con él, la inversión económica necesaria.

La evolución que ha tenido lugar en el ámbito del material, en gran parte debida a los esfuerzos de la industria de este sector, puede concretarse, entre otros, en los siguientes ámbitos:

a) Tecnología utilizada para la tracción

Si los primeros trenes de alta velocidad disponían de motores en corriente continua de 537 kW, la segunda generación de ramas incorporó ya motores síncronos o asíncronos, con una potencia de 1.100 kW.

Desde el punto de vista histórico, es de interés recordar que el primer prototipo francés de alta velocidad, el TGV 001, disponía de las turbinas utilizadas por los aviones Caravelle. La crisis de la energía en 1973 obligó a elegir la tracción eléctrica, a pesar de los problemas que, en aquel entonces, presentaba la captación de corriente por medio del pantógrafo.

Cabe señalar, sin embargo, que no existen criterios definitivos sobre la conveniencia de utilizar trenes con tracción concentrada o con tracción distribuida, cuyo significado práctico puede sintetizarse indicando que, en el primer caso, sólo los *bogies* bajo la rama tractora (o en todo caso en el primer *bogie* del primer coche remolcado) transmiten esfuerzos. Es el caso del AVE y del TALGO 350. En la segunda opción, los *bogies* tractores se distribuyen, total o parcialmente, a lo largo del tren, tal como sucede con el ICE 3.

b) Perfil aerodinámico de las ramas

Los detallados estudios de modelización de las ramas de alta velocidad (incluyendo el pantógrafo) han permitido reducir su resistencia al avance, así como los efectos derivados de la circulación en el interior de los túneles. En este ámbito cabe destacar que el incremento de la longitud del perfil aerodinámico del material desempeña un papel fundamental en la reducción del incremento de presiones que tiene lugar durante el cruce de dos circulaciones. Aun cuando en Europa se han producido avances relevantes en este campo ha sido, sin duda, en Japón donde la modificación del perfil aerodinámico ha evolucionado más. Como referencia, a 300 km/h, la serie 500 presenta una resistencia al avance inferior en un 30% a la correspondiente a la serie 300.

c) Capacidad de transporte

La introducción en el ferrocarril europeo de trenes de alta velocidad de dos pisos (TVG Duplex), tradicionales en el transporte de cercanías, pero ausentes siempre en el tráfico interurbano de viajeros, permitió elevar la capacidad de transporte desde las primitivas 340 plazas hasta más de 500 plazas. Se superan las 1.000 plazas de oferta cuando dos ramas de alta velocidad circulan acopladas.

d) Confort vibratorio

La sustitución de la suspensión secundaria con los tradicionales muelles, por suspensión neumática, proporcionó al viajero un incremento de confort muy apreciable, a pesar de elevar la velocidad máxima de circulación, de 260/270 a 300/320 km/h.

El ferrocarril en el sistema de transportes del siglo XXI

Con perspectiva de futuro y con criterio de síntesis la atracción del ferrocarril de alta velocidad en los desplazamientos interurbanos de viajeros podría concretarse en el entorno de las siguientes distancias de referencia:

- a) Itinerarios con recorridos comprendidos entre 500 y 650 km. El ferrocarril permitiría configurar una oferta, en tiempo de viaje, en el entorno de 2h a 2h30.

b) Itinerarios en relaciones con distancias situadas en el intervalo de 750 a 1.000 km. En este ámbito el ferrocarril, dependiendo del origen y destino que se considere, podría ofertar un tiempo de viaje comprendido entre 3h a 3h30.

c) Itinerarios de muy larga distancia con trayectos a recorrer de 1.500 a 2.500 km. Para este intervalo el ferrocarril ofertaría servicios nocturnos de elevada calidad, sin paradas en el período comprendido entre la medianoche y las 7 de la mañana, y con un tiempo de viaje situado entre 9 y 12 horas.

La observación de la geografía europea permite comprobar cómo, en el interior de cada país, las distancias máximas a recorrer se sitúan en el intervalo de 500 a 1.000 km. En este segmento de mercado el ferrocarril ofrecería, como se ha indicado precedentemente, un tiempo de viaje de 2 a 3h30. Es decir, de interés para el 50 a 100% de los viajeros que utilizan el avión.

En este contexto, puede señalarse que el tráfico aéreo, en el interior de los países que forman parte de la Unión Europea, se situó, año 2001, en el entorno de 140 millones de viajeros, con la siguiente distribución por países: España (30 m), Francia (29 m), Italia (23 m), Alemania y Reino Unido (21 m).

A partir de las prestaciones comerciales ofrecidas por el ferrocarril, este modo podría captar un volumen de tráfico, previsiblemente, comprendido entre 50 y 100 millones de viajeros/año.

En el ámbito de los desplazamientos internacionales intraeuropeos, el radio de acción del ferrocarril con las prestaciones de 3 a 4 horas en tiempo de viaje, desde algunas de las principales ciudades europeas es muy amplio, especialmente en Centroeuropa, disponiendo este modo de una alta potencialidad en relación con la captación de una parte de la demanda que actualmente utiliza el avión para sus desplazamientos.

Por último, para los itinerarios de muy larga distancia, 1.500 a 2.500 km, algunos de los cuales corresponden a las relaciones París-Viena, Londres-Roma y Madrid-Berlín, servicios nocturnos con salida en el entorno de las 21h y llegada entre las 8 y las 9 de la mañana, proporcionarán un nivel de confort análogo al de los primeros expresos europeos.

Se subraya, a este respecto, que el tráfico aéreo entre países de la Unión Europea es del orden de 400 millones de viajeros/año (2001). Es indudable que un elevado porcentaje de esta demanda no puede ser captada por el ferrocarril, bien por tratarse de recorridos de gran distancia, bien por afectar a enlaces con determinadas islas.

Sin embargo, una selección de orígenes y destinos donde la oferta del ferrocarril podría ser de interés para el cliente aéreo, nos permite situar la demanda potencial en el entorno de 110 millones de viajeros, de los cuales el 40% serían susceptibles de ser captados por el ferrocarril.

Nuevas infraestructuras ferroviarias y nuevos retos tecnológicos

Pero para pasar de la teoría a la práctica es imprescindible que la red de alta velocidad europea se lleve a cabo. Red que, hacia finales de los años ochenta, propuso un grupo de expertos europeos dirigidos por Michel Walrave y R. Heinisch, y que luego asumió la propia Comunidad Europea en su documento de 1990.

Se trataba de una red de 20.000 km de altas prestaciones, constituida por líneas de nueva construcción y de líneas modernizadas. Red que en el horizonte 2015 debería estar disponible. Es importante destacar que, en la actualidad, la extensión de la citada red ha sido sensiblemente aumentada, en particular por la decisión española de construir 7.200 km de nuevas infraestructuras (frente a los 2.300 km programados en aquel entonces).

Como en los comienzos del ferrocarril en el siglo XIX, este modo se ve confrontado a superar nuevos retos técnicos. Es indudable que la experiencia disponible y los recursos técnicos han evolucionado notablemente, pero no es menos cierto que los objetivos son también cada vez más ambiciosos.

Algunas de las realizaciones programadas o en fase de ejecución de carácter más singular son: el establecimiento de un eje de cerca de 2.000 km, entre Berlín y Nápoles que incluye la construcción de un túnel de 55 km bajo el Brennero; una nueva conexión bajo los Alpes entre Lyon y Turín, con un túnel de análogas dimensiones al indicado entre Italia y

Austria, así como los nuevos túneles de Löstchberg y San Gotardo en Suiza. Por lo que respecta al ámbito español, las realizaciones proyectadas de mayor espectacularidad, corresponden a los nuevos túneles bajo la sierra de Guadarrama de más de 20 km de longitud y al acceso a Asturias, también en túnel, bajo el puerto de Pajares.

La construcción del túnel del Brennero representará un cambio sustancial en la potencialidad, en términos de prestaciones comerciales, de la relación Innsbruck-Bolzano, cuya distancia actual de 105 km, pasará de ser recorrida en 112' a los futuros 50'. Es decir, un ahorro de 1 hora.

En cuanto al nuevo enlace Lyon-Turín, con el nuevo túnel de base de 52 km frente a los casi 14 km del actual, el tiempo de recorrido bajará de las actuales 3h 48 a 1h 27'.

En territorio suizo, en el horizonte 2007, el nuevo túnel de Lötschberg (34,6 km, frente a los 14,6 km del actual) será abierto a la explotación comercial, aumentando la capacidad de transporte del eje Berna-Milán (vía Brig) y reduciendo el tiempo de viaje de 5 horas a 3h 45'.

En la década siguiente, hacia el año 2015, se prevé la conclusión del nuevo túnel de San Gotardo, que con una longitud de 57 km, casi cuadruplicará la longitud del actual (15 km). Las relaciones entre Alemania e Italia se verán beneficiadas y en particular la conexión Zúrich-Milán que pasará de un tiempo actual de viaje de más de 4 horas a 2h30.

Pero para que la red europea de altas prestaciones sea comercialmente una realidad a nivel internacional, es necesario que sea interoperable y que los trenes puedan pasar de un país a otro sin ninguna restricción técnica o funcional. Se ha comenzado a andar en este camino, pero no es menos cierto que el tramo a recorrer es todavía largo. Cuando la interoperabilidad sea una realidad, el ferrocarril europeo podrá articularse, para los servicios internacionales, en una única compañía que optimice los recursos y las prestaciones de cada operador nacional. A menor escala que la europea, hoy día la sociedad Thalys explota servicios internacionales unificados entre distintos países (Francia, Bélgica, Países Bajos y Alemania).

La complementariedad ferrocarril-aviación

Llegados a este punto del análisis, resulta plausible pensar que si Louis Armand hubiese vivido algunos años más (falleció en 1971), habría modificado su celebre frase, quizá en la forma siguiente:

“Ferrocarril, carretera y aviación, competidores en el siglo XX, complementarios en el siglo XXI”

En efecto, en la historia del desarrollo de los distintos modos de transporte, el concepto de competitividad entre ellos ha estado presente hasta fechas muy recientes. De tal manera que la habitual solicitud de recursos económicos por parte de los responsables de las empresas más relevantes en cada modo, se efectuaba sobre la base de la necesidad de configurar una oferta de mayor calidad que les permitiese competir mejor con los restantes modos concurrentes.

En los últimos tiempos, sin embargo, dicha forma de expresión ha ido perdiendo fuerza al constatarse que los elevados incrementos de la movilidad necesitan de la aportación de las cualidades de cada modo, si se desea hacer frente, a las necesidades de la demanda.

El ámbito específico del binomio ferrocarril-aviación es, probablemente, el que mejor representa este cambio de enfoque en las posiciones relativas de ambos modos. Inicialmente la puesta en servicio de la primera línea de alta velocidad entre París y Lyon, fue considerada como la respuesta del ferrocarril al progreso de los servicios aéreos. La existencia desde 1994 de la estación TGV en el aeropuerto de París-Charles de Gaulle ha permitido, por el contrario, que algunas empresas de transporte aéreo hayan establecido acuerdos de colaboración con los ferrocarriles franceses. Acuerdos que ha culminado con la supresión de los vuelos regulares entre París y Bruselas y su sustitución por trenes de alta velocidad.

De manera análoga ha sucedido en el aeropuerto de Frankfurt. La compañía aérea LUFTHANSA, constató que numerosos vuelos de corta distancia desde esta ciudad no se justificaban más que en función de la misión que realizan de pre-o-post-encaminamiento respecto a vuelos intercontinentales, dado que los citados vuelos de conexión son al-

tamente deficitarios. De forma ilustrativa, en el caso de la relación Colonia-Frankfurt, un avión de 120 plazas necesitaría teóricamente, una ocupación del 130% sobre la base de las tarifas existentes para cubrir costes.

No sorprende, por tanto, que algunos aeropuertos europeos además de los citados, tengan o estén en curso de tener, conexiones con líneas de alta velocidad o de altas prestaciones. Tal es el caso de los aeropuertos de Lyon, Colonia, Dusseldorf, Bruselas y Ámsterdam. Las características de los citados enlaces son diversas pues cada conexión requiere un análisis específico. En forma análoga, cabe referirse al número de trenes diarios de alta velocidad programados u operativos con parada en los respectivos aeropuertos, que oscila entre 14 (Lyon) y 84 (Frankfurt), ambos sentidos incluidos.

Tres son las principales repercusiones positivas de la utilización de la intermodalidad ferrocarril-avión: la primera, liberalización de un cierto número de *slots* en los aeropuertos que pueden ser utilizados para la implementación de nuevos servicios aéreos en relaciones a mayor distancia o para la reducción de la congestión en el aeropuerto; la segunda, disminución de la contaminación y de los costes medio-ambientales asociados a ella; finalmente, la tercera, una mejor utilización de los recursos económicos a igualdad de prestaciones centro a centro de las ciudades.

En relación con el primer efecto, las estimaciones efectuadas por el aeropuerto de París-Roissy sitúan en el entorno de 40.000 el número de *slots* que se liberarán, situándose en 20.000 *slots* las previsiones de los aeropuertos de Frankfurt, Bruselas y Ámsterdam, para cada uno de ellos.

En cuanto al segundo efecto, resulta de interés explicitar que los costes medio-ambientales por viajero y kilómetro, en un vuelo Londres-Amsterdam (de posible realización en trenes de alta velocidad) es 5 veces superior al correspondiente del vuelo Madrid-Frankfurt (desplazamiento más propio del modo aéreo).

Por lo que concierne a la tercera repercusión, cabe recordar que el coste medio por plaza de un tren de alta velocidad (\approx 36.000 a 45.000

euros), es sensiblemente inferior al de un avión (≈ 280.000 a 300.000 euros). Naturalmente no es posible comparar de una manera global ambos sistemas por cuanto la velocidad del avión triplica la del ferrocarril, pero para trayectos de media distancia y considerando los recorridos centro a centro de las ciudades, la comparación resulta posible y concluyente.

Con criterio de síntesis, puede decirse que la complementariedad ferrocarril-avión puede establecerse en los tres ámbitos siguientes (fig. 8):

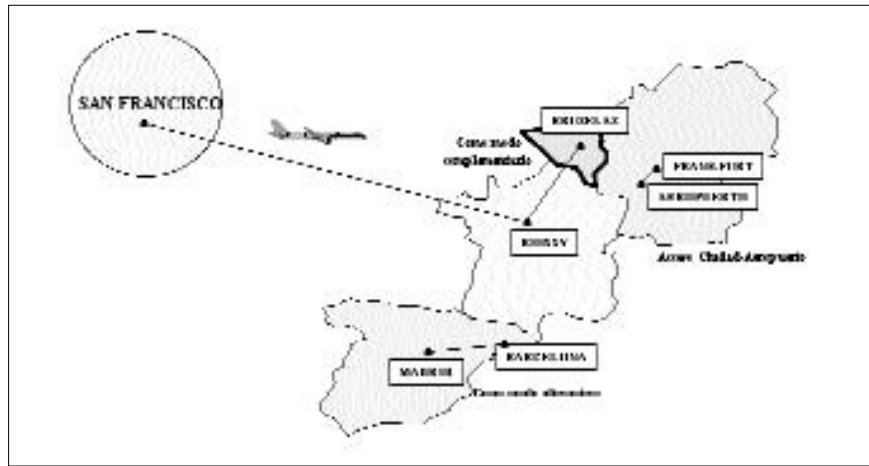


Fig. 8. La triple dimensión de la complementariedad ferrocarril-avión.

- a) Desplazamiento de la ciudad al aeropuerto, para evitar los problemas de congestión que presentan los accesos a las grandes ciudades.
- b) Desplazamiento alternativo en uno u otro modo, para relaciones donde el tiempo de viaje por ferrocarril se sitúe en el entorno de las 3 horas.
- c) Desplazamiento complementario, para viajes intercontinentales, con objeto de reducir el tiempo total del viaje, en ausencia de vuelos aéreos directos entre el origen inicial y el destino final.

Este último ámbito puede visualizarse mejor si se observa que un enlace entre Bruselas y San Francisco requiere tres horas menos haciendo el

recorrido Bruselas-París Charles de Gaulle en tren de alta velocidad y posteriormente efectuando un vuelo directo desde esta ciudad hasta San Francisco, que volando desde Bruselas a San Francisco con escala en algún aeropuerto de Estados Unidos al no existir vuelo directo.

Conclusión

Para concluir esta intervención no me atrevería a ser tan categórico como el ya citado historiador Arnold J. Toynbee, quien hace treinta años afirmó:

“El tren es la respuesta enviada por el cielo, en el campo de la tecnología del transporte, para desafiar la explosión de la población en el campo de la demografía”.

Por mi parte creo que no sería demasiado exagerado afirmar que “si el ferrocarril no existiese habría que inventarlo”. Naturalmente con las características adecuadas a las actuales exigencias de la demanda. La alta velocidad, sin duda, cambió nuestra perspectiva sobre este modo de transporte. Final de viaje.

Nada más y muchas gracias.

CONTESTACIÓN

EXCMO. SR. D. JAIME DOMÍNGUEZ ABASCAL

Excmo. Señor Presidente,
Excmos. Señores Académicos,
Señoras y Señores:

Quiero agradecer a la Academia que me haya elegido para contestar al discurso del nuevo académico, Profesor Andrés López Pita. Hacerlo constituye para mí un gran honor y satisfacción. Con esta nueva incorporación, la Academia se dota de un gran experto en un área de tanta importancia tecnológica, social y económica como es la del transporte ferroviario.

Andrés nos ha dado una excelente panorámica de la evolución del ferrocarril desde los primeros días hasta la extensión del tren de alta velocidad. Este extenso análisis es fruto del conocimiento adquirido a lo largo de más de treinta años de dedicación al campo de las infraestructuras ferroviarias. Podemos decir sin temor a equivocarnos que el nuevo académico es el ingeniero ferroviario español con mayor prestigio internacional. No sólo eso, sino que forma parte del reducido número de personas que son referencia en el mundo en el campo de las infraestructuras ferroviarias.

López Pita nos ha hablado del tremendo cambio que produjo el ferrocarril sobre las condiciones de movilidad de la sociedad de la segunda mitad del siglo XIX y primer tercio del XX. Nos ha presentado también los avances que fueron necesarios para la construcción de viaductos y túneles realizados en los primeros trazados.

La primera época del ferrocarril, como ocurre siempre que se introduce una nueva tecnología, pasó por dificultades importantes debido a la aparición de nuevas situaciones, muchas de ellas no previstas. En ocasiones, desgraciadamente bastante frecuentes, se produjeron accidentes de diversa gravedad. La frecuencia era tal que pueden encontrarse informes como algunos realizados en 1887 en los que se incluían párrafos como "El accidente de ferrocarril más grave de la semana ocurrió el 27 de mayo. La rotura de una rueda causó la muerte de seis personas"¹, o "El accidente más grave de la semana ocurrió el 23 de junio y fue producido por la rotura de un rail. Murió una persona", o el incluido en otro informe una semana después: "El accidente más grave de la sema-

¹ D. Broek, *Elementary Engineering Fracture Mechanics* (3ª Ed.), Martinus Nijhoff Publ., 1982.

na ocurrió el 2 de julio y se produjo por la rotura de un eje". Pero, como también ocurre siempre que se introduce una nueva tecnología, las nuevas dificultades obligaron a tomar precauciones adicionales. Al mismo tiempo, la necesidad de superar los nuevos problemas supuso un acicate para el avance de la ciencia y de la técnica.

La aparición de roturas de ejes, vías, puentes, etc. estando sometidos a cargas repetidas inferiores a las de rotura e incluso a las de fluencia era un fenómeno desconocido hasta entonces. Hasta la aparición del ferrocarril no existían prácticamente sistemas con elementos sometidos a tan alto número de ciclos con ese nivel de sollicitaciones. Y, sobre todo, en ningún caso las consecuencias fueron tan dramáticas.

Después de numerosos análisis y ensayos se llegó a la conclusión de que aquellos accidentes eran producidos por una nueva forma de fallo: la fatiga. Daño del que en un principio sólo se conocían las consecuencias, pero no el proceso que lo producía. Para estudiar este fenómeno se desarrollaron los primeros ensayos sistemáticos de fatiga, se descubrió la existencia del límite de fatiga en los aceros y se determinó el efecto de diversos parámetros sobre la resistencia. El desarrollo del ferrocarril puede considerarse el principal impulsor del avance de las técnicas de diseño a fatiga, hasta que la automoción y la industria aeronáutica adquirieron mayor protagonismo en este campo, debido a la aparición de nuevos problemas no planteados en el ferrocarril.

Mientras superaba estas fases iniciales, el ferrocarril se fue convirtiendo en el principal medio de transporte de la sociedad, como bien ha comentado el nuevo académico. Un medio popularizado como el más eficaz, rápido y atractivo de la época. Popularidad y atractivo que lo hicieron entrar en la lírica española como un elemento estético de la mano de Antonio Machado, que, en una de las estrofas de su poema *En Tren*,² escribe:

El tren camina y camina,
y la máquina resuella,
y tose con tos ferina.
¡Vamos en una centella!

² A. Machado, *En Tren*, Campos de Castilla, 1912.

○ en el poema *Otro Viaje*, escrito en 1913³, que inicia con las estrofas:

Ya en los campos de Jaén,
 amanece. Corre el tren
 por sus brillantes rieles,
 devorando matorrales,
 alcaceles,
 terraplenes, pedregales,
 olivares, caseríos,
 praderas y cardizales,
 montes y valles sombríos.
 Tras la turbia ventanilla,
 pasa la devanadera
 del campo de primavera.
 La luz en el techo brilla
 de mi vagón de tercera...

Andrés nos ha mostrado también el estado en que quedó la vía cuando el 29 de marzo de 1955 se alcanzaron 331 km/h de velocidad entre Burdeos y Hendaya. De acuerdo con los informes⁴, se produjeron “deformaciones en los raíles, deterioro de los pantógrafos y sobrecargas en motores y transmisiones”. Una de las causas de los defectos producidos en la vía fue la baja rigidez del balasto, generada por la operación de bateo realizada inmediatamente antes de la prueba. Esta falta de rigidez permitió mayores desplazamientos de los carriles ante las fuerzas laterales, acompañados de deformaciones permanentes. Pero, sin duda, la causa principal de las deformaciones apreciadas fue un problema de estabilidad bien conocido en nuestros días: el galope, o *hunting*, como se denomina en terminología inglesa. A las velocidades alcanzadas, los carriles no pudieron soportar las grandes fuerzas laterales debida al galope. A pesar de estos problemas, la prueba de velocidad permitió comprobar el amplio margen de seguridad existente entonces en las condiciones normales de explotación. Además, reveló las limitaciones más importantes que debían superarse para aumentar las velocidades comerciales.

³ A. Machado, *Otro Viaje*, Poesías Completas, Espasa Calpe, 1988.

⁴ J. Salin, Regards en arrière, Revue Générale des Chemins de Fer, 100, 216-221, 1981.

Aunque en 1953 la Unión Internacional de Ferrocarriles ya había mostrado su preocupación por el problema del *hunting*, los resultados de la pruebas citadas hicieron que el ORE (Office de Recherches et d'Essais de l'Union Internationale des Chemins de Fer) convocara en mayo de 1955 un concurso para el estudio del fenómeno del galope. Curiosamente, los trabajos galardonados con los dos primeros premios del concurso han sido prácticamente olvidados. Por el contrario, el trabajo que obtuvo el tercer premio, presentado por Matsudaira, tuvo mucha más resonancia. Aún se considera que este trabajo contiene los aspectos esenciales del problema.

El análisis de Matsudaira⁵ supuso un avance importante en la dinámica ferroviaria. Fue el primero en plantear el problema de estabilidad considerando una suspensión primaria con rigideces longitudinal y lateral. Igualmente, fue el primero en distinguir claramente entre vibraciones forzadas y autoexcitadas en el comportamiento dinámico del vehículo. Usando el criterio de estabilidad de Routh-Hurwitz, determinó tanto la velocidad crítica del vehículo como la frecuencia de galope. Otra aportación importante de Matsudaira fue la obtención de dos movimientos distintos de galope: denominados primario y secundario. El primero aparece a bajas velocidades del vehículo, con predominio del movimiento lateral del mismo, mientras el segundo se produce a velocidades más altas, con predominio del movimiento lateral de las ruedas. Curiosamente, para este segundo tipo empleó el término *shimmy*, lo que muestra la influencia que tuvieron sobre sus trabajos los análisis de estabilidad de vehículos automóviles.

Los análisis de estabilidad de Matsudaira y otros posteriores, entre los que cabe destacar los de Wickens, que incluyó el efecto de la rigidez gravitatoria y del amortiguamiento, son los que posibilitaron que, como ha comentado López Pita, los ferrocarriles japoneses introdujeran en 1964 servicios comerciales a 210 km/h de velocidad máxima.

Posteriormente a estos trabajos, se profundizó de forma muy apreciable en el conocimiento de la cinemática y dinámica del contacto rueda/carril. Aquí debe hacerse especial mención a los trabajos de Kalker.

⁵ T. Matsudaira, ORE-Report RP2/SVA-C9, UIC, 1960.

Igualmente, deben mencionarse los avances producidos en el análisis de la estabilidad, con planteamientos no lineales del problema, resueltos empleando técnicas de cuasi-linealización. Todos estos desarrollos, unidos evidentemente a otros logros técnicos como los mencionados por el nuevo académico, permitieron el aumento de las velocidades comerciales hasta los valores alcanzados en los años ochenta y noventa, en las líneas de alta velocidad europeas.

El aumento de las velocidades manteniendo o mejorando la seguridad, fiabilidad y confort, ha requerido en los últimos años el uso de modelos más complejos, que permiten una mejor representación de los diferentes procesos producidos. Se han mejorado sobremanera los modelos de contacto rueda/carril, representando geometrías reales. Además, se han desarrollado modelos que permiten representar las no-linealidades de la suspensión, así como la flexibilidad del vehículo, de los ejes, las ruedas y la vía, al mismo tiempo que permiten simular la interacción dinámica de la rueda y el carril. El análisis de estos modelos ha exigido el empleo de nuevos algoritmos de simulación del comportamiento del tren, considerándolo como un sistema formado por un alto número de cuerpos flexibles. Dichos algoritmos deben incluir los aspectos antes indicados, además de métodos robustos tanto de localización del punto de contacto rueda/carril como de cálculo de las variables cinemáticas no lineales de la rueda y del carril. Todo ello debe ir unido a un procedimiento de análisis modal de los elementos flexibles, como son el vehículo o los *bogies*, tal que permita reducir el número de grados de libertad del modelo. Una técnica de este tipo emplearon Claus y Schiehlen⁶ para el análisis de vibraciones en los *bogies* del tren alemán ICE.

La simulación del sistema catenaria-pantógrafo como un sistema de varios cuerpos flexibles, incluyendo un modelado más real del contacto, es otro aspecto que está permitiendo la mejora de las prestaciones de los ferrocarriles. La posibilidad añadida de inclusión de sistemas de control activo en los pantógrafos, considerando la respuesta de los modelos anteriores, permite una mejora adicional de las citadas prestaciones.

⁶ H. Claus y W. Schiehlen, "Modelling and simulation of railway bogie structural vibrations", *Vehicle System Dynamics, Suppl.* 28, 538-552, 1998.

Andrés nos ha mostrado también cómo en los últimos años se ha impuesto una nueva forma de pensar en relación a las necesidades de progreso del ferrocarril. Ha dejado de considerarse que las necesidades de desarrollo técnico se justifican por sí mismas al ser un servicio público y se han introducido objetivos comerciales y parámetros de competitividad. Este cambio de mentalidad, fundamental en cualquier rama de la ingeniería, era también necesario para dar el salto cualitativo que se está produciendo en los últimos años.

En resumen, Andrés López Pita nos ha ilustrado sobre diversos aspectos de enorme importancia en el ferrocarril de alta velocidad y sobre sus perspectivas para convertirse en un futuro próximo en el medio de transporte preferente para distancias medias en Europa. Una perspectiva así no puede plantearse más que desde un conocimiento extenso y profundo de los aspectos técnicos, económicos, políticos y sociales asociados al transporte ferroviario. Andrés tiene ese conocimiento gracias a la actividad desarrollada en los últimos treinta años, tanto en el campo de la docencia e investigación como en el del proyecto, construcción y asistencia técnica en el ámbito de la infraestructura del transporte.

En el plano docente, López Pita ha desarrollado su labor como profesor de ferrocarriles desde 1974. Ha distribuido su actividad entre las escuelas de caminos de Madrid, Barcelona y Valencia, y es catedrático desde hace más de veinte años. De su actividad docente cabe destacar, además de su calidad, como lo prueba el gran aprecio de las clases por parte de sus alumnos, dos aspectos adicionales. El primero es su compromiso con la Universidad. Muestra de ello es el apoyo prestado a una de las escuelas de caminos que estaban en pleno desarrollo durante los setenta y principios de los ochenta. Su apoyo llegó al punto de que, estando aún trabajando en Renfe e impartiendo clases en la Escuela de Caminos de Madrid, se desplazaba todos los sábados a Barcelona para impartir cinco horas de clase, imagino que con cierto riesgo para su estabilidad matrimonial.

El otro aspecto especialmente destacable es la publicación de cerca de veinte libros sobre temas ferroviarios, entre los que destacan los ocho volúmenes del *Curso de Ferrocarriles*. Estos libros son referencia para el estudio de las infraestructuras ferroviarias, no sólo en España, sino a ni-

vel internacional, siendo cita frecuente en publicaciones de prestigio. Quizá el más destacable de todos ellos sea el tomo I del *Tratado de Ferrocarriles*, publicado en 1977. A pesar de los más de 25 años desde su publicación, sigue siendo referencia obligada en las escuelas de ingenieros nacionales e iberoamericanas. Es sobresaliente, no sólo por su calidad y actualidad a pesar de los años transcurridos, sino también por haberlo publicado cuando el nuevo académico no alcanzaba aún los treinta años. Cabe citar aquí la anécdota ocurrida recientemente en un Congreso Panamericano, donde tomaron a Andrés por el hijo del autor, ya que no podían imaginar que aquel señor fuera el mismo que veinticinco años antes había publicado el libro. Probablemente influyó también en la confusión el buen estado físico del autor.

La labor investigadora del nuevo académico ha tenido siempre un marcado carácter aplicado, fruto de su actividad simultánea en otras facetas profesionales. El carácter eminentemente aplicado de su investigación, lejos de restarle calidad, la ha convertido en referencia obligada en numerosas ocasiones. Muestra de ello son los más de doscientos artículos publicados en revistas y congresos, tanto nacionales como internacionales y el hecho de ser miembro del consejo de redacción de varias revistas internacionales. Otra muestra del interés de sus aportaciones, especialmente en el campo de la alta velocidad, es que Andrés es la única persona que ha sido ponente invitado en las cuatro ediciones celebradas hasta la fecha del Congreso Mundial de Alta Velocidad.

Desde el punto de vista profesional, la actividad de Andrés López Pita ha discurrido por múltiples facetas. Durante su actividad en Renfe formó parte del Departamento de Innovación, del Gabinete de Política y Economía del Transporte y de la Dirección de Planificación. Al mismo tiempo fue miembro de varios grupos de expertos de la Unión Internacional de Ferrocarriles y presidente de uno de ellos. Posteriormente al abandono de Renfe ha desarrollado una prolífica actividad profesional, tanto en relación con análisis técnicos específicos como con actividades de planificación y proyecto de nuevas infraestructuras.

Durante los más de quince años que ha sido asesor de los Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña, Andrés ha participado prácticamente en todas las fases del proyecto impulsado por el Gobierno Catalán pa-

ra la conexión ferroviaria entre Barcelona y Perpiñán. Ha sido director técnico del estudio de viabilidad de la conexión, del anteproyecto y del proyecto de la nueva línea. Para el desarrollo del proyecto fue necesario mantener múltiples contactos con los expertos franceses. Sin embargo, no fue fácil conseguir la implicación de estos técnicos de los ferrocarriles franceses sin la participación de Renfe o la solicitud de la Administración del Estado. Es más, era importante mantener la discreción de las reuniones para evitar suspicacias por parte de los no participantes en el proyecto. Para ello, Andrés tuvo que combinar en esta tarea sus dotes técnicas con unas dosis importantes de diplomacia, discreción y poder de persuasión. Curiosamente, el estudio realizado entonces ha servido de base para el proyecto actual de la línea de alta velocidad Figueras-Perpiñán.

Además, como experto en infraestructuras ferroviarias, Andrés López Pita ha desarrollado en los últimos años una intensa actividad. Es autor de numerosos informes y estudios técnicos, requeridos por diversos organismos nacionales y de la Unión Europea. Su reconocimiento internacional lo ha llevado también a ser miembro de grupos de expertos y comisiones técnicas organizados por diversas instituciones y administraciones nacionales e internacionales, en algún caso en calidad de presidente.

Podemos decir que los méritos mencionados no hacen más que confirmar el reconocimiento de que goza Andrés en el campo del transporte ferroviario. Reconocimiento que le llega tanto del mundo de la docencia y la investigación como del de los profesionales del ferrocarril. Por ello, la Academia, acertadamente, lo eligió hace meses como miembro de número, para contar con su colaboración. Hoy, la Academia, Andrés, te da la bienvenida.

Muchas Gracias.