LOS PROYECTOS DE TRAZADO DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD: DOS DÉCADAS DE EXPERIENCIAS

A. López Pita

Centro de Innovación del Transporte (CENIT)

Universidad Politécnica de Catalunya

RESUMEN

La presente comunicación tiene por objeto efectuar una síntesis de la evolución de los criterios de diseño del trazado en planta de las líneas de alta velocidad en Europa. En paralelo se considera la incidencia económica de la citada evolución y las tendencias hacia el futuro. Se tiene en cuenta la posibilidad técnica de circular con velocidades máximas superiores a 300 km/h.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to synthesize the evolution of the criteria ruling the design of high-speed lines layout in Europe. At the same time, consideration is given to the economic impact of such evolution and the future trends. The technical possibility of maximum running speeds over 300 km/hour is also considered.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la década de los años 70, en el ámbito técnico del ferrocarril, se designó como “alta velocidad”, a toda circulación con velocidades comprendidas entre 200 y 300 km/h. Se reservó el concepto de muy alta velocidad, a las circulaciones que sobrepasasen los 300 km/h. Esta diferenciación, entre línea convencional y línea de alta velocidad, se basaba en el hecho de que por encima de los 200 km/h, se necesitaban tecnologías sensiblemente diferentes a las vigentes desde el siglo XIX.

Desde esta perspectiva, la alta velocidad ferroviaria nació en Japón, en 1964, con la inauguración de la nueva línea entre París y Lyon. Inicialmente a 260 km/h, y poco tiempo después a 270 km/h de velocidad máxima. Desde las citadas fechas, los referidos niveles de prestaciones han progresado de forma notable, alcanzándose velocidades máximas de 300 km/h en ambos continentes.

En este contexto, la presente comunicación tiene por objeto, en primer lugar, efectuar una síntesis de la evolución de los criterios de diseño de la geometría de la vía, en el proyectos de líneas de alta velocidad. En paralelo, será considerada la incidencia económica de la citada evolución en el coste de las nuevas infraestructuras. La segunda parte de la ponencia estará dedicada a los proyectos de líneas donde se prevea la circulación a "muy alta velocidad"; es decir, por encima de 300 km/h.

2. EL PROYECTO GEOMÉTRICO DE LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD EN EUROPA (1981 – 2001)

El cuadro 1 sintetiza los principales criterios de proyecto adoptados para las primeras líneas de alta velocidad en Europa.

PAÍS	LÍNEA	PARÁMETRO ADOPTADO			
		VELOCIDAD (km/h) MÁXIMA DE:		RADIO MÍNIMO EN CURVA (m)	
		PROYECTO	EXPLOTACIÓN	NORMAL	EXCEPCIONAL
ITALIA	Roma-Florencia	250	250	3.000	3.000
ALEMANIA	Hannover-Würzburg Mannheim-Stuttgart	300	250	7.000	5.100
FRANCIA	París-Lyon	300	270	4.000	3.200
ESPAÑA	Madrid-Sevilla	250/300	220/300	4.000	3.250

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 1. Principales criterios de proyecto para el trazado de las primeras líneas de alta velocidad en Europa

El análisis de la información contenida en el citado cuadro 1, pone de relieve la coherencia de los criterios adoptados por Italia, Francia y España, para las respectivas velocidades máximas de proyecto retenidas. Por el contrario, Alemania, adoptó unos radios mínimos en curva, muy superiores a los estrictamente necesarios por velocidad. Su justificación hay que encontrarla en el sistema de explotación elegido para las primeras líneas alemanas de alta velocidad: tráfico de viajeros y de mercancías.

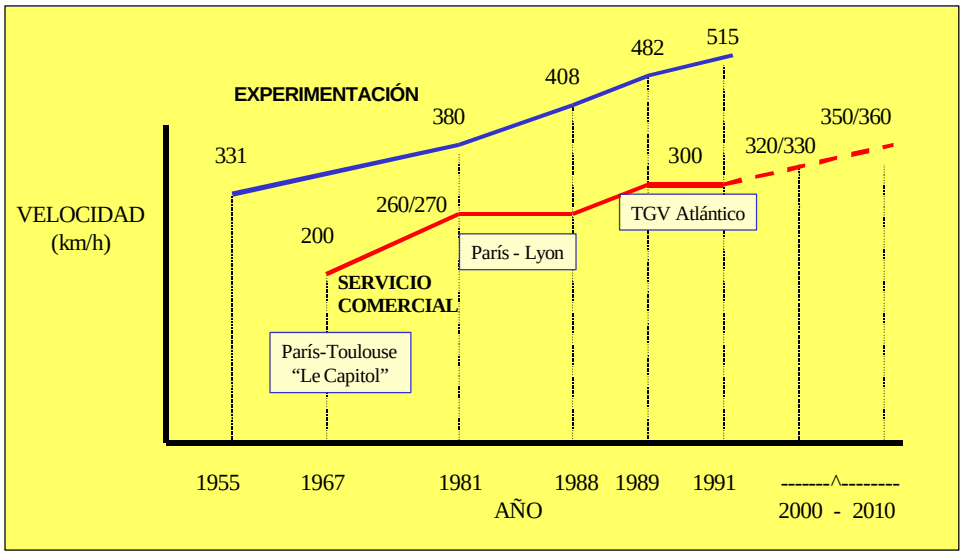
Con el transcurso del tiempo, la experiencia adquirida en el día a día de la explotación ferroviaria, así como con el progreso tecnológico, puso de relieve:

a) La posibilidad de circular, en explotación comercial, a 320-350 km/h.
b) El interés comercial de prolongar el radio de acción de los servicios de alta velocidad, a relaciones internacionales.

La primera constatación se deriva, implícitamente, de la observación de la fig. 1, LÓPEZ PITA (1999). En ella puede constatarse que entre la velocidad máxima alcanzada en experimentación y la obtenida en servicio comercial, ha existido siempre un margen de "seguridad", del orden de 120 km/h. En consecuencia, alcanzados 515 km/h, en ensayo, nada impediría en el futuro, circular en explotación comercial a velocidades máximas de 350 km/h. La decisión de practicar tal nivel de prestaciones debería ser el resultado de un análisis comercial y económico sobre el interés de la misma.

En cuanto a los aspectos comerciales, los problemas de saturación en los aeropuertos europeos, invitaban a disponer de una verdadera red integrada de alta velocidad. No sólo en algunos itinerarios en el interior de cada país, con gran potencial de tráfico, sino también en corredores con dimensión internacional. De esta forma, tanto Italia como Francia, proyectaron sus nuevas líneas con características geométricas más generosas, con el objetivo de permitir, en el futuro, mayores velocidades de circulación. Por lo que respecta a Italia, en el cuadro 2 se exponen, de forma comparativa, los antiguos y los actuales criterios. En el mismo cuadro 2, se

incluye la evolución experimentada en las líneas francesas y españolas de alta velocidad.



Fuente: A. López Pita (1999)

Fig. 1 Velocidades máximas alcanzadas por el ferrocarril en experimentación y en servicio comercial

En Francia, la nueva línea de alta velocidad entre Valence y Marsella, inaugurada en junio del 2001, se construyó con radio 7.000 m. En España se ha pasado de los 4.000 m de radio del Madrid-Sevilla, a los 7.000 m de radio del Madrid-Barcelona.

Por el contrario, en Alemania, la nueva línea de alta velocidad entre Frankfurt y Colonia, cuya inauguración está prevista para el 1 de diciembre 2002, ha sido construida con un radio mínimo de 3.500 m y excepcionalmente de 3.250 m, en el caso de tramos con vía sobre placa de hormigón. Es decir, que la evolución experimentada en Alemania, respecto a las primeras líneas de alta velocidad, puede sintetizarse en la forma indicada en el cuadro 3

¿Puede decirse, en base a los resultados del cuadro 3, que existe una involución en Alemania, respecto a los criterios de proyecto de sus nuevas infraestructuras de ferrocarril?

		ALTA VELOCIDAD	
		PRIMERAS LÍNEAS	**NUEVAS LÍNEAS**
RADIO EN PLANTA (m)	ITALIA	3.000	5.417
	FRANCIA	4.000 (en 1981) 4.200 (en 1989) 6.000 (en 1994)	7.000
	ESPAÑA	4.000 (en 1992)	7.000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2. Principales criterios de proyecto de trazado en las nuevas líneas italianas y francesas de alta velocidad

INDICADOR	**PRIMERAS LÍNEAS HANNOVER-WÜRZBURG MANNHEIM-STUTTGART**	**ÚLTIMA LÍNEA COLONIA-FRANKFURT**
AÑO DE ENTRADA EN SERVICIO	1991	2.002
RADIO EN PLANTA (m)	7.000 (exc 5.100)	3.500 (exc 3.250)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. Criterios de proyecto de las líneas alemanas de alta velocidad

Una respuesta afirmativa se correspondería poco con la realidad, En efecto, la construcción de una nueva línea de ferrocarril está condicionada, entre otros, por los siguientes aspectos:

a) Dificultades orográficas que presenta el corredor donde se prevé llevar a cabo la nueva línea.

b) Impacto en el medio ambiente.

Desde esta doble perspectiva cabe justificar la decisión alemana de reducir los estándares geométricos de la nueva línea entre Colonia y Frankfurt. En síntesis cabría precisar que cada línea debe ser objeto de un análisis particularizado, a la hora de fijar los condicionantes geométricos de su trazado. Resulta indudable, por otro lado, que los mayores radios de curva en planta, adoptados en la última década,

se han traducido, por un importante incremento de los costes de construcción de las nuevas líneas, tal como se expone en el siguiente apartado.

3. EVOLUCIÓN DEL COSTE DE CONSTRUCCIÓN DE LAS LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD EN EUROPA (1981 – 2001)

La comparación de los costes de construcción de las nuevas infraestructuras de ferrocarril, aptas para la circulación a alta velocidad, en Europa, es una tarea que comporta un elevado riesgo. No sólo por los diferentes momentos temporales en que fueron realizadas, sino también por causa de los diferentes criterios de proyecto, así como por las distintas dificultades orográficas que presenta cada corredor. La diferente sensibilidad respecto a las medidas de protección del medio ambiente, a lo largo de las dos últimas décadas, introduce asimismo un elemento diferencial importante, en el momento de efectuar la comparación de costes.

En este último ámbito, el medio-ambiental, cabe destacar que el porcentaje de la inversión en infraestructura que corresponde a la protección medio-ambiental, ha pasado, en Francia, del 6% de la línea París-Lyon (1981/83), al 22% de la línea TGV Mediterráneo (2001) (LÓPEZ PITA, A. et al. 2002).

Por otro lado y por lo que respecta a la inversión total necesaria, cabe señalar que, un estudio realizado en 1992 por el MOPT español, puso de relieve que el coste por kilómetro de la línea Madrid-Sevilla fue equivalente al de la línea TGV-Atlántico (≈ 4,5 Meuros/km). Mientras que las primeras líneas alemanas de alta velocidad, tuvieron un coste más de tres veces superior al mencionado con anterioridad (≈ 15,6 Meuros/km).

Si la comparación la efectuamos, en el momento actual (2002), tomando en consideración las últimas líneas construidas en cada país: en Alemania (Colonia-Frankfurt); en Francia (Valence-Marsella) y en España (Madrid-Barcelona), se obtienen los resultados indicados en el cuadro 4.

PAÍS	LÍNEA	RADIO MÍNIMO NORMAL EN PLANTA (m)	COSTE MEDIO POR KM (Meuros)
ALEMANIA	Colonia-Frankfurt	3.500	26
ESPAÑA	Madrid-Barcelona	7.000	10*
FRANCIA	Valence-Marsella	7.000	14

*** Estimació Fuente: A. López Pita (2001)**

Cuadro 4. Coste de las últimas líneas de alta velocidad construidas en Europa.

Es decir, las líneas alemanas de alta velocidad continúan presentando un coste de construcción sensiblemente superior al del resto de los países europeos.

4. TENDENCIAS EN RELACIÓN CON EL PROYECTO GEOMÉTRICO DE LAS NUEVAS LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD EN EUROPA

Como se indicó precedentemente, es razonable pensar que la tecnología hará posible explotar líneas de alta velocidad con prestaciones de hasta 350 km/h. Para poder lograr esta velocidad punta, la experiencia actual indica que el radio mínimo en planta debería situarse en el entorno de los 7.100 m (cuadro 5), que cabe comparar con el requerido para circular a 300 km(h.

VELOCIDAD (km/h)	RADIO MÍNIMO (m)		
	ACONSEJABLE	NORMAL	EXCEPCIONAL
300	4.500	4.000	4.000
350	7.100	6.200	5.500

Fuente: SNCF

Cuadro 5. Radios mínimos de curva en planta para circulaciones a alta y muy alta velocidad

Dada la rigidez de las infraestructuras ferroviarias y la rápida evolución de las exigencias de la demanda, parece aconsejable proyectar las nuevas líneas de alta

velocidad con las mayores prestaciones geométricas posibles, para no hipotecar las posibles necesidades futuras de explotación.

5. CONCLUSIONES

La ponencia ha tenido por objeto analizar la evolución de los criterios para el proyecto geométrico de líneas de alta velocidad en Europa, en las dos últimas décadas. Las conclusiones que se derivan del análisis pueden sintetizarse en la forma siguiente:

a) El radio mínimo en planta de los trazados ha pasado de 4.000 m en 1981, a 7.000 m, en el momento actual.
b) Los costes dedicados a la protección del medio ambiente, han pasado de representar el 6% de la inversión en infraestructura, a más del 20% en la actualidad.
c) El coste económico por kilómetro de una línea de alta velocidad varia mucho de un país a otro. En general, oscila entre 10 y 16 Meuros/km, excepto en Alemania, donde es del orden de 25 Meuros/km.

Finalmente, cabe destacar que la tendencia actual es la de proyectar infraestructuras ferroviarias con radios comprendidos entre 5.000 y 7.000 m, de manera a permitir velocidades máximas situadas entre 320 y 350 km/h.

7. CORRESPONDENCIA

Prof. Dr. Ing. A. López Pita
Catedrático de Ferrocarriles
Director del Centro de Innovación del Transporte (CENIT)
Universidad Politécnica de Catalunya
Tel: 93 401.78.06 Fax 94 401.56.75 e-mail andres.lopez-pita@upc.es