

PRINCIPIOS BASICOS DEL PLAN DIRECTOR EUROPEO DE INFRAESTRUCTURA

Por **ALFREDO GRAU
NAVARRO**

Jefe adjunto
de Departamento-Dirección
de Innovación

El Plan Director Europeo de Infraestructura de la UIC fue dado a la publicidad en la conferencia de prensa de Florencia, del 22 de noviembre de 1973.

En relación con dicho Plan es interesante considerar la influencia que puede tener la construcción de una nueva línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Port Bou, lo cual incide directamente en todo el recorrido español del eje Barcelona-Narbona, que es uno de los cinco ejes constituyentes con que se inició el mencionado Plan Director.

Esta incidencia, que resalta notablemente la posición de la Red en el conjunto del transporte ferroviario europeo, puede justificar el que se hagan las siguientes consideraciones.

Con ellas, y como ampliación a otra publicación de esta revista sobre el tema, se ha pretendido recoger, aunque superficialmente, las directrices y criterios básicos tenidos en cuenta, a guisa de guión para el desarrollo más profundo de los estudios a realizar en cada caso.

N. de la R.—Dado el interés que para RENFE tiene el tema de la integración de su Red en la futura Red europea prevista en dicho Plan, recientemente se ha creado, dentro del Plan Estratégico de RENFE, una acción especial para ocuparse de este problema, bajo la supervisión directa del director general.



El índice de intensificación de servicio se puede deducir por el número de habitantes de la zona.

LA ELABORACION DEL PLAN

Metodología de principio

1 La base del estudio ha sido un modelo de red geográfica en la cual los nudos corresponden a las zonas europeas de tráfico importante y las líneas constituyen las relaciones entre estas zonas.

En primer lugar, y como punto de partida, se han seleccionado aquellas regiones que, a causa de su estructura económica y demográfica, ofrecen un potencial de tráfico interesante de acuerdo con los criterios de densidad de población y número de puestos de trabajo, así como también las regiones de turismo. Cada una de estas zonas ha sido considerada como una unidad, incluso cuando por su amplitud o extensión se precise, para el servicio interior entre las aglomeraciones que comprende, de una infraestructura particular.

2 Como ideas directrices que conciernen a la oferta de servicio y a las exigencias que se derivan para el ferrocarril, se han tenido en cuenta las ventajas ofrecidas por los otros modos de transporte y su posible evolución en el futuro. Y también que las ofertas de servicio deben ser orientadas según cadenas de transporte continuo, en las que el encaminamiento por ferrocarril constituye la parte más importante o dominante de toda la operación de transporte si necesitase la utilización complementaria de los otros modos.

Por ello, el tráfico de viajeros del futuro deberá estar garantizado con un óptimo de comodidad, de frecuencia, de seguridad, de fiabilidad, de rapidez y de buenas posibilidades de correspondencia, y deberán aprovecharse también, en la posible medida, todas las oportunidades de cooperación que se presenten con el tráfico por carretera y aéreo, a fin de hacer el transporte lo más optimizado posible.

La duración total del transporte de puerta a puerta y la seguridad de que se respetará el plazo garantizado, jugarán un papel cada vez más importante para que se pueda apreciar la bondad en el transporte de mercancías y se facilite la elección por el usuario entre los diversos modos.

En la operación global del transporte, las líneas del Plan Director deben servir también como base para el encaminamiento a gran distancia, tanto de viajeros como de mercancías, y su trazado y sus instalaciones deben responder a las exigencias cualitativas y cuantitativas de la oferta. Ha sido idea básica que estas líneas constituyan las arterias del sistema de transporte ferroviario, sobre las cuales se concentrará un tráfico creciente si están equipadas con las técnicas adecuadas.

3 Como exigencias cuantitativas impuestas a una línea según el tonelaje de mercancías y el volumen de viajeros que hayan de permitir, figura la capacidad de tráfico, expresada ésta en número de trenes por unidad de tiempo, según la velocidad de éstos. Y al considerarse el Plan Director como una red de líneas de "standard" homogéneo, era necesario que la capacidad de las líneas se determinase partiendo de un método lo más uniforme posible para todas, a fin de poder referir, sobre la infraestructura, las cargas determinadas en cada tráfico y caso.

Así, y a fin de facilitar una primera indi-

cación para profundizar los estudios, se eligieron, entre los procedimientos conocidos y sus combinaciones, dos métodos que tienen en cuenta "proporción de las diversas categorías de trenes", "diferencias de velocidad de los trenes", "espaciamiento de las vías de apartado", "instalaciones de seguridad de las líneas" y "trabajos de conservación".

Como resumen puede decirse a estos efectos que las cifras consideradas como orientación para un tráfico continuo son de 200 a 220 trenes por día para una línea de doble vía, y de 60 trenes por día en los casos de vía única, aunque para cada línea en particular estas cifras pueden ser coregidas por defecto o por exceso.

4 Los criterios de calidad fijados como exigencias cualitativas se refieren, para el tráfico de mercancías, a la garantía de transporte en el tiempo y en el espacio, y, para el tráfico de viajeros, a la frecuencia del servicio y a la duración del recorrido.

La garantía del transporte en tiempo y en encaminamiento trata principalmente de ofrecer un plazo y de respetarlo. En realidad esta garantía depende menos de la velocidad máxima que de una circulación regular de los trenes conforme a los horarios establecidos. Pero esta regularidad depende de tal manera de la capacidad que, incluso cuando las diferencias de velocidad son grandes, los trenes de mercancías pueden circular puntualmente y sin necesidad de paradas largas como fuente de regulación. Por ello, puede admitirse que las exigencias cualitativas fijadas a las líneas para el tráfico de mercancías son cubiertas por las exigencias de capacidad.

Dada la importancia que tiene la reducción del tiempo de transporte, se ha considerado que, con carácter general, para ciertos tipos de mercancías y para disposiciones especiales de la clientela, es conveniente adaptarlos en base a una velocidad media de 90 km/h. con ciertas correcciones a considerar.

Lo expuesto es válido también para el tráfico de viajeros en cuanto se refiere a "frecuencia", pues cuanto mayor es la densidad, mayor ha de ser la capacidad. Aquí se admite, de forma general, que la frecuencia ofrecida debe ser tal que la suma del tiempo de marcha y del tiempo de espera entre dos trenes consecutivos no sea mayor que el tiempo necesario para recorrer el trayecto en automóvil, y que la oferta mínima en las líneas que unen dos nudos de primera categoría de tráfico ferroviario implica la existencia de una circulación cada dos horas, cadencia ésta que debe mantenerse en función de la demanda y que debe ser incluso más fuerte en los momentos punta del día. El índice para una tal intensificación del servicio en una relación se puede deducir por el número de habitantes de las zonas consideradas que se puedan contar entre los viajeros potenciales de dicha relación.

En cuanto a la "duración del recorrido", la situación es diferente, pues, en este caso, además de una capacidad suficiente de la línea, lo determinante es la velocidad y ésta, a su vez, es función del trazado. Es por ello que se han considerado como márgenes de orientación concurrencial:

- Compensar con un menor tiempo de transporte la ventaja que para el automovilista puede tener la elección del horario. Este menor tiempo debe ser del orden de los 2/3.
- Hacer posible el "viaje de negocios"

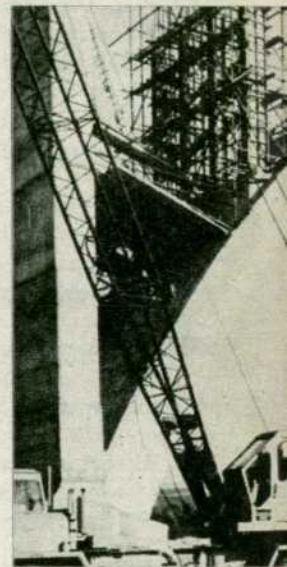
durante la jornada para distancias hasta de 500 kilómetros.

- No exceder los tiempos de la aviación si la distancia es menor de 500 kilómetros.
- Hacer posible el enlace nocturno entre poblaciones cuya distancia sea asequible para tiempos de recorrido comprendidos entre ocho y doce horas, según los casos.

5 Los otros criterios cualitativos correspondientes a "confort de la marcha" y "precio interesante" actúan en sentido contrario sobre la estructura de las líneas, dado que el confort de la marcha impone ciertas condiciones a las características del trazado, principalmente las curvas, y que el precio interesante implica una minimización de los costes de las instalaciones y de la explotación, de tal forma que la remuneración, conforme a las condiciones del mercado, permita alcanzar una tasa lo más elevada posible de rentabilidad.

Estos dos criterios deben ser tomados en consideración en el enunciado de las bases técnicas, dada su repercusión a lo largo de todo el proceso posterior consecuente, según

En la construcción de la "Direttissima" Roma-Florenca figura este viaducto de 5.375 metros de longitud, uno de los más largos del mundo.



los criterios de economicidad y rentabilidad.

6 Por lo expuesto, el Plan Director queda constituido por el conjunto de líneas que unen los nudos entre sí. Es decir, por las relaciones del modelo de red geográfica afectado de las líneas ferroviarias que cumplen las condiciones cualitativas y cuantitativas impuestas por el tráfico y que alcanzan aproximadamente a unos 40.000 kilómetros de líneas magistrales europeas.

CONSIDERACIONES PARA LA REALIZACION DEL PLAN DIRECTOR

Es evidente que, en la actualidad, las líneas que corresponden a las relaciones del modelo de red y que constituyen la base del Plan Director no poseen, en general, las características señaladas como condición para hacer frente al tráfico futuro. Es preciso, por tanto, para lograr el objetivo deseado, que se lleven a cabo ciertas medidas entre las que cabe distinguir:

- a) *La mejora cualitativa y cuantitativa de la capacidad completando el equipo de línea y recurriendo a técnicas modernas de tracción (nuevas técnicas de señalización, ligeras correcciones del trazado, electrificación...).*

- b) *La mejora del factor cualitativo mediante las correcciones más importantes del trazado para permitir realizar los tiempos "deseables".*
- c) *La mejora de la capacidad por empleo de vías múltiples en las líneas existentes.*
- d) *La mejora de la capacidad y de los factores cualitativos por construcción de líneas nuevas.*

La multiplicación del número de vías en una relación puede tomar la forma de un enlace ferroviario nuevo como complemento de la red en la que se integra. Pero además del aumento de capacidad propio aparecen también las mejores posibilidades cualitativas de un infraestructura moderna (trayecto más corto, muy grande velocidad...), lo cual induce un aumento de tráfico que puede justificar, por sí solo, la inversión de la que se beneficia el conjunto de la red.

Las exigencias cuantitativas a imponer a las diversas líneas, y que determinan el equipo y el número de vías, son función de la



futura carga, la cual se ha deducido de la actual carga teniendo en cuenta las correspondientes previsiones.

En el aspecto cualitativo, los tiempos de viaje "deseables" constituyen la base del Plan Director, sobre lo cual se ofrecen las siguientes alternativas:

- 1) *La exigencia de obtener tiempos de viaje que correspondan a los 2/3 del tiempo empleado por un automóvil, a una velocidad media de 90 km/h., implica, admitiendo una distancia igual para la vía férrea y para la carretera, una velocidad media de 135 km/h. para el ferrocarril. Y si se tienen en cuenta las paradas en los nudos, con frenado y arranque, esto corresponde a que la capacidad de la línea permita marchar a 150 ó 160 km/h. Es decir, que el tiempo "deseable" se alcanza cuando el tren puede marchar sobre todo el recorrido de forma regular a esta velocidad media.*
- 2) *También es posible realizar los tiempos de viaje "deseables" adoptando diferentes velocidades en el recorrido, es decir, compensando un tiempo de viaje más largo en algunas secciones de la línea con un tiempo más corto y con velocidades más elevadas*

en las otras secciones. El nivel de las velocidades necesarias más elevadas depende del nivel de las velocidades inferiores y de la longitud de las secciones en las que es posible alcanzar velocidades altas. En todos los casos, estas velocidades deben ser superiores a los 150-160 km/h. y del orden de los 180 a 200 km/h. Si en las relaciones con este problema fuera posible efectuar correcciones del trazado en secciones completas, se podrían alcanzar velocidades superiores a los 200 km/h.

- 3) *En los casos en que se hayan de construir líneas nuevas, éstas deberán ser concebidas y proyectadas para alcanzar la máxima velocidad comercial posible. Si se tienen en cuenta los tiempos de viaje "deseable", se debe exigir la velocidad de 150 a 160 km/h. de extremo a extremo, pero en los casos en que el tráfico lo justifique, puede tomarse como base un techo de 300 km/h. para*

aplicar las reglas concernientes al trazado que sean compatibles con esta condición.

- 4) *En los casos de distancias superiores a los 300 kilómetros, orientadas a obtener tiempos de viaje "deseables" respecto del avión, es necesario alcanzar velocidades superiores a los 200 km/h.*
- 5) *En relación con la adecuación de líneas, la orientación básica, la velocidad, se deduce de la carga futura y de las marchas correspondientes a la duración de los recorridos "deseables" cuando el "standard" homogéneo que interesa está garantizado por la aplicación de los criterios uniformes que definen la capacidad de las líneas.*

CONSIDERACIONES RELATIVAS AL EQUIPO TECNICO DE LAS LINEAS DEL PLAN DIRECTOR Y A LA EXPLOTACION DE ESTAS LINEAS.

A continuación se exponen algunas orientaciones que sirven como norma para los posteriores estudios de detalle, dado que la adecuación de dotación de las líneas existentes precisa bases de planificación sobre el plan técnico y sobre la explotación. Estas orientaciones tratan de asegurar la homoge-

neidad técnica y operacional de la red de líneas magistrales, por lo cual es indispensable definir las zonas de velocidad del futuro. Por ello, en aquellas zonas de velocidad en que intervienen discontinuidades importantes en la progresión de las cargas de inversión, los estudios más profundos sobre costes han permitido señalar los tres puntos de discontinuidad siguientes:

- *En primer lugar, hasta los 160 km/h., en que corresponde considerar la adecuación de las líneas existentes.*
- *En segundo lugar, de 160 a 200 km/h., tanto para la construcción de líneas nuevas como para la adecuación de líneas ya existentes cuando las condiciones son favorables para ello.*
- *Finalmente, de 200 a 300 km/h., en los casos en que sólo ofrece solución la construcción de líneas nuevas.*

Es interesante observar que el examen de los costes correspondientes lleva a la elección de las mismas velocidades que las determinadas, basándose en las exigencias cualitativas.

En cuanto a la carga por eje máximo admisible, la actual de 20 toneladas, y de 22 toneladas para casos particulares, podrá ser respetada, aun contando con el ancho automático, dada la expansión y tendencia al empleo de materiales ligeros en la construcción y también por el uso de vagones de cuatro y de seis ejes. Esto es una contribución importante en la reducción de los costes de conservación de la vía. Pero como la fatiga que se impone a la vía crece con la velocidad, la tasa de este incremento precisa una determinación precisa. De ello, se deduce que, para las grandes velocidades, la carga por eje deberá ser reducida si no se quiere llegar a una fatiga de la vía que exceda de la que ocasiona el tráfico lento. Así se podrá admitir, por tanto, de forma general, que la carga por eje de 20 toneladas (22 toneladas) será el límite para los trenes que no alcancen los 160 km/h., y que para velocidades más altas la carga por eje será más baja en interés de la economía de conservación de la vía, considerándose las 16 toneladas como el máximo para las velocidades comprendidas entre 200 y 300 km/h.

Para llegar a una armonización entre el tráfico de viajeros y el de mercancías en la red del Plan Director, es necesario unificar también la masa por metro.

La aplicación total de un plan director homogéneo de infraestructura lleva consigo, además, una cierta armonización de los sistemas de gestión y de organización de la explotación, lo cual debe realizarse por adaptación de las actuales formas de explotación. Así, en interés de la seguridad y de la fluidez del tráfico, se deberán observar los siguientes puntos de vista:

- *El programa de explotación deberá estar unificado en todo lo posible con el fin de que el trazado de las líneas pueda ser determinado partiendo de criterios uniformes (por ejemplo, tasa de pendientes, radio de las curvas).*
- *El tráfico de viajeros sobre las líneas del Plan Director deberá ser realizado con un horario en cadencia.*
- *En todos los casos en que se construyan nuevas líneas por razones de capacidad, se separará el tráfico lento del tráfico rápido, empleando las líneas nuevas sólo para el tráfico rápido en razón a su ven-*

tjoso trazado y a la consiguiente reducción de los tiempos de transporte.

- *Como modo de tracción, es necesario tener en cuenta la preferencia a lo que sea más favorable al entorno, a la vista de la trascendencia que van adquiriendo los problemas de contaminación del ambiente. Por otra parte, y por deseable que pueda ser el utilizar un modo de tracción uniforme para todas las líneas del Plan Director, es necesario ser realista y reconocer que frente a la coexistencia de los múltiples modos de tracción de hoy no será muy fácil en un futuro más o menos próximo llegar a la unificación de la tracción.*
- *La fijación de los valores máximos relativos a la longitud de los trenes constituye, análogamente, una de las condiciones a cumplir por el equipo e instalaciones de la línea según criterios uniformes. A este respecto pueden servir de orientación los 400 metros para los trenes de viajeros y los 700 metros para los de mercancías.*
- *En cuanto al mando de la circulación, es necesario elegir un sistema que permita transmitir la información entre los puentes de mando y los trenes sin tener que recurrir a la señalización local y que reúna la gran capacidad de las líneas con la posibilidad de una explotación automatizada.*

CONSIDERACIONES RELATIVAS AL TRAZADO DE LAS LINEAS

Cuando se fijan los principios del trazado de líneas debe predominar el respeto de las exigencias en materia de seguridad al confort de la marcha y a la rentabilidad de la explotación.

La seguridad exige un trazado tal que las condiciones en el paso de las curvas de la vía queden por debajo de las tolerancias. Y en el caso de velocidades elevadas es una condición imperativa el que no existan cruces al mismo nivel con otras vías de comunicación ajenas al ferrocarril.

El confort de la marcha impone condiciones todavía más rígidas al trazado que la propia seguridad, las cuales influyen decisivamente sobre los criterios técnicos a emplear.

Las condiciones de rentabilidad dominan en lo concerniente a la definición de la pendiente, y sobre todo en los casos de líneas para tráfico mixto de viajeros y mercancías, en relación con las características de las curvas.

A continuación se indican algunos datos técnicos que tienen en cuenta las exigencias señaladas al nivel actual de los conocimientos.

Aceleración lateral teórica admisible.—En atención al confort de los viajeros y a la reducción de los trabajos de conservación de la vía, esta aceleración debe limitarse, siendo criterio que su valor, según la velocidad, esté comprendido entre 0,4 y 0,7 m/seg².

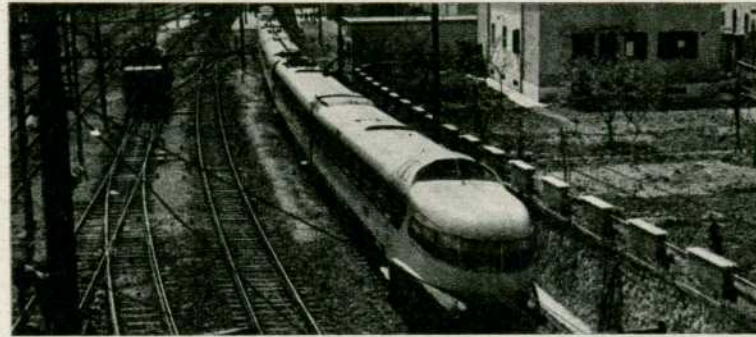
Insuficiencia de peralte.—Los valores correspondientes a las aceleraciones fijadas dan, respectivamente, 60 y 110 mm., pero aquí entra en juego también el ancho de la vía, y en el caso de RENFE, los valores deben corregirse con un coeficiente igual a la relación de anchos de vía español y europeo.

Exceso de peralte.—La práctica demuestra que el exceso de peralte no debe ser demasiado grande, dado que ello favorece el

desgaste y la deformación de la vía al paso de trenes de mercancías que marchen lentamente. Por ello, principalmente, cuando se determinan las velocidades admisibles en las curvas de las líneas con tráfico mixto, hay que tener en cuenta no sólo la insuficiencia de peralte para los trenes rápidos, sino también el exceso que ofrece para los trenes lentos. Estos valores se pueden obtener con las fórmulas de uso corriente.

Peralte máximo.—Como regla general, el peralte máximo no debe exceder de 150 milímetros, a tenor de los inconvenientes que se derivan cuando se estacionan vehículos sobre pendientes pronunciadas.

Ajuste del cambio de pendiente.—Cuando se determina el redondeo de los cambios de pendiente, hay que tener en cuenta tanto la carga o descarga de los ejes como el confort, pero aquí predomina el confort y ello obliga a no exceder ciertos valores límites de la aceleración vertical. Unas cifras de orienta-



● El tráfico del futuro estará garantizado con un máximo de comodidad, de frecuencia, de seguridad, de fiabilidad, de rapidez y de buenas posibilidades de correspondencia.

ción son 0,3 y 0,45 m/seg², con lo cual el radio de ajuste sería como mínimo el deducido de v^2/am .

Los ferrocarriles japoneses aplican la fórmula $0,25 V^2$, lo que da:

- Para $V = 160$ km/h., Rv. 6.500 metros.
- Para $V = 200$ km/h., Rv. 10.000 metros.
- Para $V = 300$ km/h., Rv. 23.000 metros.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS TENDENCIAS EN MATERIA DE TRANSPORTE Y EL GALIBO DEL FUTURO

En relación con el galibo del futuro, conviene tener en cuenta las siguientes tendencias en materia de transporte:

- *En transportes de productos industriales, se puede comprobar un abandono continuo de mercancías de peso específico elevado, en favor de los semiproductos o productos terminados más ligeros y de mayor volumen. Esta tendencia persistirá en el futuro, de tal manera que la industria se viene interesando cada vez más en la puesta a disposición de volúmenes de carga más importantes. El incremento del número de transportes con compromiso de galibo confirma esta tendencia.*
- *Los contenedores, en cuanto cajas de transporte, no cesan de ganar importancia en el tráfico combinado, y no parece que esta tendencia hay terminado, por lo cual es preciso considerar las dimensiones de 2,60 x 2,60, cuya longitud alcanza hasta 12,30 metros.*
- *El encaminamiento de camiones y de trenes completos en servicio de "piggy-back" constituye un modo de transporte que el ferrocarril ha incorporado en su*

oferta. Si debe ser posible generalizar el transporte de cualquier camión, será necesario tener en cuenta las dimensiones de 2,60 metros de ancho y de 4 metros de alto.

- *La demanda del servicio "auto-cama" no cesa de aumentar. Con las velocidades más elevadas, como las previstas en el Plan Director, será necesario considerar un transporte de coches sobre vagón cerrado y con doble piso.*
- *Para aumentar a la vez el confort y la tasa de utilización del espacio disponible, sería deseable prever, para el material de viajeros, una anchura tal que permita instalar, en sentido transversal, una plaza suplementaria de asiento.*

Comparando las dimensiones que resultan de las tendencias enunciadas en materia de demanda de transporte con el galibo actualmente vigente, correspondiente a la Unidad Técnica de la UIC, se ve que:

- *El primer caso citado precisa aumentar el galibo en anchura, en altura y en el panel superior.*
- *El segundo y cuarto caso necesitan ampliar el panel superior.*
- *El tercer caso exige aumentar la altura y el panel superior.*
- *El quinto caso exige aumentar la anchura.*

Como esta comparación pone de manifiesto que el mayor efecto se puede obtener aumentando el galibo en el panel superior, debe por tanto considerarse en primer lugar.

Las dimensiones en anchura ofrecen posibilidades de aumento admitiendo una separación de cuatro metros entre ejes de vías en alineación recta y en las curvas con radio superior a los 4.000 metros, tal como ya existe en gran parte de las líneas correspondientes al Plan Director.

El aumento del galibo será necesario de forma más evidente para el tráfico "piggy-back", para lo cual hay que pensar en altura de 4,65 metros por encima del nivel superior del carril, conforme al galibo denominado II, al cual ya se han adaptado las instalaciones fijas de bastantes líneas europeas. Pero todavía será necesaria una mayor elevación en la obra civil para colocación de la catenaria en las líneas electrificadas.

Considerando estos aspectos, se eligió como base para los estudios económicos un galibo de 3,40 metros de ancho por 4,65 metros de alto, y solamente un corte oblicuo ligeramente inclinado en los ángulos superiores. Con esta base de galibo estático se puede recalcular el galibo dinámico mediante aplicación de las reglas establecidas en las fichas de la UIC.

Este galibo propuesto permite transportar sin reserva los contenedores de mayor dimensión (2,60 x 2,60), encaminar los actuales transportes con compromiso de galibo sin necesidad de adoptar disposiciones especiales en el plan de explotación, facilitar el tráfico "piggy-back", transportar coches del servicio auto-cama en los vagones cerrados de dos pisos y emplear material de viajeros que ofrezca una mayor confort y un mayor número de plazas.