



## MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FERROCARRILES

José María Coronado Tordesillas

*Repsol Productos Asfálticos, S.A.*

*Paseo de la Castellana, 278. - 28046 MADRID.*

*Tlfn.: 91 348 31 54.- Fax.: 348 99 09.*

*E-mail: jcoronado@repsol.es*

### RESUMEN

Las mezclas asfálticas se han empleado con éxito en experiencias en un gran número de países. El resultado son estructuras de vía en las que se reducen los costes de conservación, y los de operación derivados de los anteriores.

A continuación se describen las dos técnicas que emplean el asfalto en los ferrocarriles, bien como subbalasto, bien prescindiendo totalmente del balasto, en las soluciones “full depth”, para las que se han desarrollado varios sistemas para asegurar la estabilidad lateral de la vía.

Las mezclas son más ricas en betún, más deformables y resistentes a fatiga que las empleadas en carreteras. Los betunes son convencionales, o modificados con polímeros.

### 1. INTRODUCCIÓN.

Para que las vías de ferrocarril sean duraderas y la marcha de las circulaciones sea confortable, es necesario que la vía conserve sus características geométricas y que su estructura se deforme al paso de los ejes, lo que permite la distribución de las cargas sobre varias traviesas, y evita que se produzcan impactos violentos.

La vía convencional con balasto es capaz de deformarse elásticamente, pero el paso repetido de ejes produce movimientos, asentamientos y roturas en el balasto, lo que hace necesaria su conservación periódica.

---

Las mezclas asfálticas pueden ser una solución rentable a los problemas de la vía convencional. Aunque existen experiencias bastante antiguas del empleo de los ligantes asfálticos en la construcción de ferrocarriles, ha sido en las últimas décadas cuando estas técnicas han recibido un impulso definitivo. Esto se debe principalmente a los siguientes factores:

- el aumento de las solicitudes sobre la vía.
- la necesidad de mayores estabilidades de vía (alta velocidad).
- el aumento relativo de los costes de conservación.
- el aumento de los costes producidos en la explotación por las operaciones de mantenimiento y conservación.

## **2. HISTORIA.**

A lo largo de la historia, se han desarrollado en el mundo diversas experiencias para evaluar la viabilidad del asfalto en la construcción de líneas de ferrocarril. Así, ya en 1.894, en Visalia (California) se empleó una base asfáltica en una línea de tranvía. En Alemania, las primeras experiencias datan de los años 20. Japón experimentó y empleó asfalto en los finales de los años 50 y primeros 60. Durante este periodo, Inglaterra y Alemania también experimentaron con este producto, desarrollándose diferentes soluciones “full depth”, con diseños específicos de traviesas y sujeciones para asegurar la estabilidad frente a esfuerzos laterales de la vía.

En 1.972, los Ferrocarriles Italianos publicaron un informe sobre el empleo de bases (subbalasto) bituminosas e hidráulicas. Los ferrocarriles italianos han adoptado dos tipos de subbalasto:

- 20 cms de grava con ligante hidráulico.
- 12 cms de mezcla bituminosa.

Ambos tipos se han empleado, aunque el segundo parece ser el preferido por razones prácticas. En 1.975, se realizó la primera intervención en la línea exprés entre Roma y Florencia, obteniéndose los resultados esperados, aunque algunos fallos empiezan a aparecer. Actualmente, los ferrocarriles italianos tienen varios cientos de kilómetros construidos con este tipo de soluciones, que soportan tráfico de hasta doscientas composiciones diarias, y velocidades de 250 Km./h.



Estados Unidos también ha sido pionero en esta técnica, con las primeras experiencias allá por los años 60. A partir de 1.980 se ha colocado en líneas de viajeros, mercancías, explanadas de estaciones de contenedores (intermodalidad), cambios de vía, cruces, pasos a nivel, aproximaciones de puentes, túneles, etc.

Australia también ha tenido experiencias satisfactorias, en el saneamiento y reconstrucción de vías con problemas por estar construidas sobre explanadas de mala calidad y con gran presencia de agua.

### 3. TIPOS DE VÍAS.

#### 3.1. VÍA CONVENCIONAL

La solución de vía convencional, apoya los carriles sobre traviesas (monobloque de hormigón en España), las cuales descansan sobre una capa de balasto. Como balasto se utilizan rocas duras, con tamaños entre 20 y 50 mm. procedentes del machaqueo, para asegurar una forma lo más cúbica posible. Así se garantiza una buena estabilidad de la vía, y la facilidad necesaria para las operaciones de bateo.

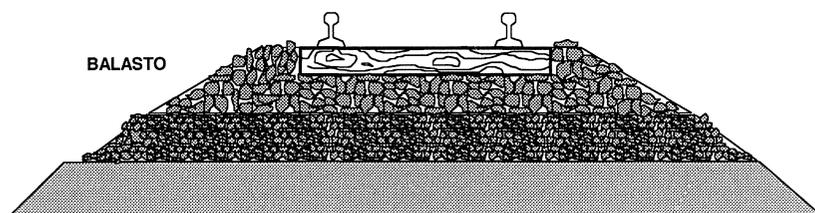


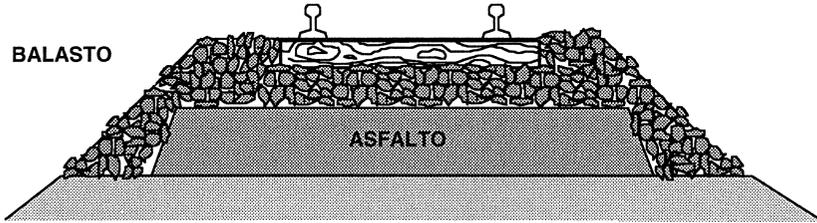
Figura 1. Vía convencional sobre balasto.

Bajo el balasto se coloca una capa de subbalasto, compuesta por gravas bien graduadas, sobre arena fina anticontaminante o un filtro sintético (geotextil). Bajo todo ello, la explanada, compactada de 30 cms en trinchera y 50 sobre terraplén. Fig 1.

#### 3.2. VÍA CON MEZCLA ASFÁLTICA COMO SUBALASTO (INDIRECTO)

En este caso, se coloca sobre la explanada una capa de mezcla asfáltica sobre la que va un espesor (generalmente reducido) de balasto, en la que se apoyan las traviesas. Se han empleado betunes modificados y convencionales, en diferentes espesores, y con diferentes espesores de balasto. Fig. 2.

La ventaja de este sistema mixto, es que mantiene las ventajas de las vías convencionales (fácil alineación, diseño de sujeciones, maquinaria convencional, etc.), pero asegurando la protección del balasto frente a contaminaciones y reduciendo el espesor del mismo. También impermeabiliza la explanada y reduce las solicitaciones de la misma. Se utiliza maquinaria convencional en las operaciones de conservación del balasto, aunque estas son menos frecuentes.



*Figura 2. Vía con asfalto como subbalasto.*

La solución óptima parece ir a reducir el espesor de balasto al mínimo suficiente para seguir empleando la maquinaria habitual para conservar la vía, y aumentar el espesor del subbalasto realizado con mezcla asfáltica.

El balasto protege a la mezcla asfáltica de las fluctuaciones de temperatura, con lo que contrariamente a lo que sucede en carreteras, el Módulo de rigidez de las mezclas asfálticas permanece relativamente constante. Además, el balasto protege la mezcla de los rayos solares, limitando la oxidación y por tanto el envejecimiento del mismo.

La deformabilidad y durabilidad es mejor con el subbalasto asfáltico de betún modificado con elastómeros, más elástico y resiliente que los subbalastos realizados con betún convencional. Los betunes modificados son menos susceptibles térmicamente y tienen mayores recuperaciones elásticas que los convencionales.

### **3.3. VÍA DIRECTA SOBRE ASFALTO.**

En las soluciones con mezclas asfálticas, la traviesa se coloca directamente sobre la capa asfáltica, cuyo espesor se debe calcular en función de la rigidez de la explanada, el tráfico, y las cargas permitidas por eje. A continuación se describen diferentes técnicas para asegurar la estabilidad de la vía frente a esfuerzos laterales.

#### **3.3.1. TRAVIESAS METÁLICAS EN FORMA DE Y.**

Desarrolladas en Alemania, consisten en la colocación sobre la base asfáltica construida sobre una capa libre de hielo en dos o tres capas, de traviesas metálicas en forma de Y (Fig. 3).



Tras la primera capa asfáltica, se colocan unas placas metálicas continuas, y se cubren con los últimos 150 mm de aglomerado, con lo que las placas quedan embebidas en la base asfáltica. Posteriormente, mediante tirafondos se perfora la capa asfáltica, y estos se sueldan a la placa de base. Se consigue así fijar las traviesas frente a las fuerzas ascendentes que se producen antes y después del paso de los ejes.

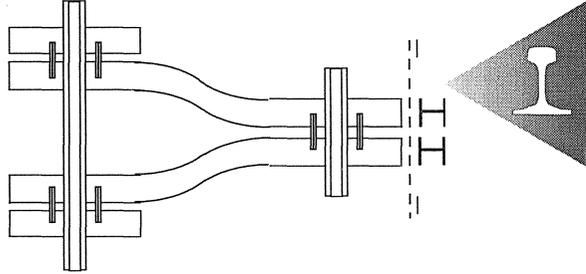


Figura 3. Traviesas en Y metálicas.

La sección de las traviesas son parejas de dobles T's, con lo que cada traviesa proporciona tres dobles apoyos a los carriles. La forma de las traviesas da alta rigidez a la vía, un 60 % más de puntos de apoyo, y reduce casi a la mitad el número de traviesas a colocar.

### 3.3.2. TRAVIESAS DE DOS BLOQUES.

Esta solución ha sido desarrollado por los ferrocarriles Alemanes. Consiste básicamente en el empleo de traviesas de dos bloques de hormigón que se colocan sobre la base asfáltica, cuya última capa está realizada con un betún modificado con polímeros altamente estable, y que contiene una costilla (cordón) longitudinal de 4 cms de altura entre los dos bloques de las traviesas. (Fig. 4)

La función de esta costilla es proporcionar soporte lateral a los bloques y por tanto a los carriles. El hueco que queda entre la costilla y los bloques es relleno por un mortero elástico y estable, que se coloca una vez los carriles han sido fijados.

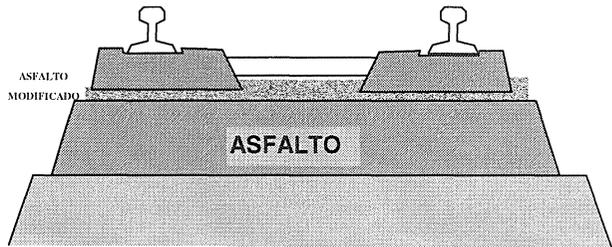


Figura 4.- Sistema alemán. Traviesas de dos bloques y cordón de asfalto modificado con polímeros.

La solución empleada ha sido:

- 4 cms de aglomerado con betún modificado con polímeros, con una central costilla de 4 cms.

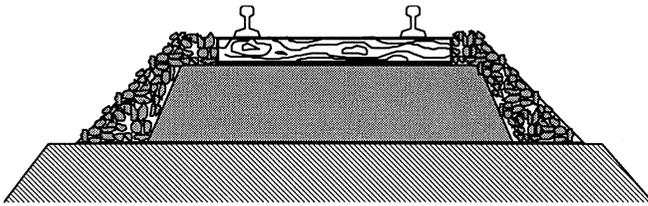
- ❑ 26 cms de aglomerado convencional.
- ❑ 30 cms de base con ligante hidráulico sobre la explanada.

Cuando se ha empleado en túneles, se ha comprobado 4 cms de mezcla modificada sobre 11 cms de mezcla convencional, son suficientes para regularizar superficialmente la capa de asfalto y absorber las irregularidades de la base.

Una alternativa también alemana consiste en colocar traviesas monobloque de hormigón sobre la capa de aglomerado asfáltico, fijadas mediante anclajes embebidos en ella.

### 3.3.3. SISTEMA AMERICANO. FIJACIÓN MEDIANTE GRAVA CONSOLIDADA CON EMULSIÓN.

Las realizaciones americanas en solución directa ("full depth"), consisten básicamente en la colocación sobre la explanada de una capa de aglomerado asfáltico. Sobre esta, se



*Figura 5.- Sistema americano, "full depth" con fijación mediante grava con emulsión.*

coloca fácilmente la estructura de la vía, traviesas y carriles. Para asegurar el anclaje lateral de la vía, se extiende una primera capa de grava entre las traviesas, y en sus laterales (banquetas). Una vez nivelada la grava, se rie-

ga con emulsión bituminosa capaz de penetrar en la grava y consolidar la vía frente a movimientos laterales. Finalmente, se termina con la extensión otra capa de grava que recubre y protege el conjunto, nivelada hasta la superficie de las traviesas. Fig.5.

## 4. MEZCLAS EMPLEADAS.

Se han empleado diversos tipos de mezclas. En las primeras experiencias americanas se emplearon mezclas convencionales de carreteras, con resultados satisfactorios. En la tabla 1 y en la figura 6 se representan las granulometrías empleadas en las mezclas americanas, y la S-25, que es la mezcla española empleada en carreteras más similar.

Los criterios de diseño Marshall se resumen en la tabla 2, en comparación con los de una mezcla convencional semidensa utilizada en carreteras.



TAMIZ	FERRO-CARRIL	CARRETERA (S-25)
40 mm	100	100
25 mm	90 - 100	80 - 95
20 mm	---	75 - 88
12,5 mm	70 - 90	60 - 75
10 mm	---	55 - 70
5 mm	40 - 65	40 - 55
2,5 mm	25 - 45	30 - 45
0,63 mm	---	15 - 25
0,32 mm	10 - 26	10 - 18
0,16 mm	6 - 18	6 - 13
0,08 mm	3 - 8	4 - 8
Betún	4 - 8 %	3,5 - 4,5 %

Las mezclas asfálticas tienen mayor resistencia a la fatiga cuanto mayor es el contenido de betún y cuanto menor es su contenido de huecos, pero también son más susceptibles a las deformaciones plásticas. Igualmente, cuanto más betún tiene una mezcla, más resistente es al envejecimiento. Por ello, el diseño de mezclas en carreteras busca optimar los huecos de la mezcla y el contenido de ligante para que tenga una adecuada resistencia al envejecimiento, una buena resistencia a fatiga y no forme deformaciones plásticas (roderas).



Tabla 1.- Granulometrías empleadas en ferrocarriles y en carreteras.

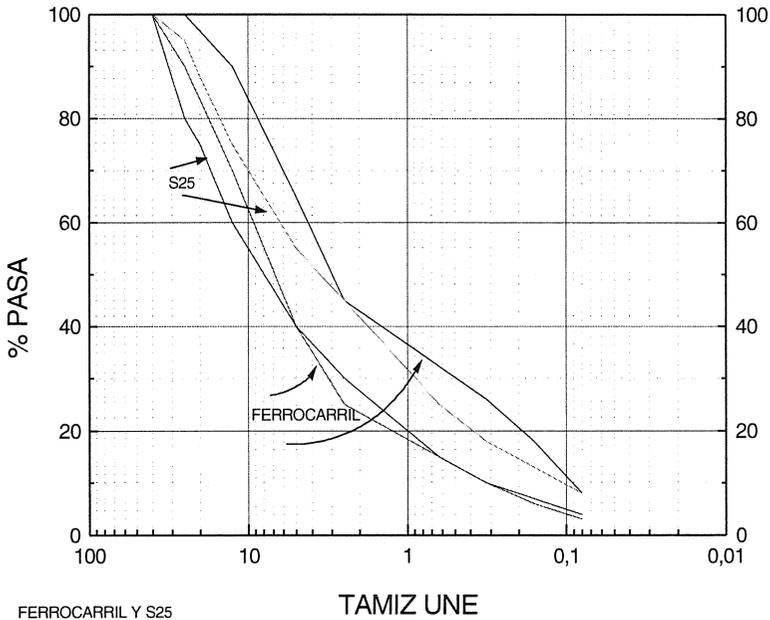


Figura 4.- Huso Granulométrico de FFCC y Carretera.

PROPIEDAD	MEZCLA F.F.C.C.	MEZCLA CARRETERA
COMPACTACION (Golpes)	50	75
ESTABILIDAD (KN)	> 3,33	7,5 - 12,5
DEFORMACIÓN (mm)	6,35- 3,8	2 - 3,5
HUECOS EN MEZCLA (%)	1 - 3	3 - 5
HUECOS EN ARIDO (%)	12	>= 13
DENSIDAD EN OBRA	92 - 98 %	>= 97 %

Tabla 2.- Parámetros de diseño Marshall.

Las mezclas empleadas en ferrocarriles, ya sea como subbalasto o en solución tipo “full depth”, no tienen un problema tan grave con las deformaciones plásticas. Por ello, tienen mayores contenidos de betún, más finos, y menor cantidad de huecos. Con ello se consigue:

- muy buena resistencia a fatiga (durabilidad).
- baja oxidación (envejecimiento), por la poca accesibilidad del aire al betún (pocos huecos) y por el mayor espesor de película de betún (alto contenido).
- estabilidad y capacidad portante suficiente para soportar las cargas con deformaciones mínimas.
- Suficiente resiliencia para soportar los esfuerzos dinámicos, que son los que causan el bombeo de finos y las perdida de geometría de las vías.

Los ligantes empleados son el AC-10 y el AC-20 según las especificaciones americanas, que se correspondería con un 80/100 o 60/70 español. Estos betunes están totalmente disponibles en el mercado.

En los sistemas alemanes, y en intervenciones italianas aparecen betunes modificados, que son menos susceptibles térmicamente, más elásticos y más resistentes al envejecimiento. La tecnología de betunes modificados con polímeros desarrollada por las grandes compañías petroleras para carreteras dispone de todo tipo de betunes modificados, tanto con plastómeros como con elastómeros, y prácticamente se puede decir que hoy en día se puede fabricar un betún modificado a medida de cada necesidad.

La anchura de las capas de asfalto, según las indicaciones americanas debe ser aproximadamente 1 metro mayor que las traviesas, es decir , 0,5 metros a cada lado.

El espesor de la capa asfáltica depende principalmente de:



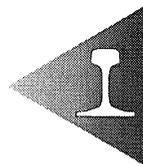
- el módulo resiliente, o el índice CBR de la explanada.
- el tráfico, tanto en número de ejes como la carga por eje.
- la región climática.

Existen diferentes modelos matemáticos y programas de ordenador para calcular los espesores adecuados. A modo orientativo los valores propuestos en Estados Unidos son:

- a) Para el asfalto como subbalasto, el espesor de balasto debe ser como mínimo de 12,5 cms, para poder emplear los equipos convencionales de conservación de la vía. Los valores más usuales están entre 12,5 y 25 cms de balasto. El espesor de mezcla asfáltica, se sitúa generalmente entre los 10 y 20 cms.
- b) Para la solución de vía directa sobre asfalto ("full depth"), los espesores están entre 15 y 45 cms, en función de la calidad de la explanada. Sin embargo, es más interesante económicamente invertir en mejorar esta última, que ir a espesores grandes de mezcla bituminosa, que generalmente está entre 20 y 30 cms.

## 5. VENTAJAS DEL ASFALTO.

- Disminuye las necesidades de conservación de la vía y los costes derivados.
- Aumenta la capacidad de soporte de cargas, con lo que alarga la vida de la explanada.
- Impermeabiliza y rigidiza la explanada, con lo que se consigue mantener la humedad de la misma cerca de sus valores óptimos, y por tanto su capacidad portante cerca del máximo.
- Confina el balasto situado sobre ella, alargando su vida, y reduciendo sus asentamientos.
- Protege al balasto de las contaminaciones de finos.
- El balasto o la grava de cubrición de vía directa, aislan al asfalto de las fluctuaciones de temperatura, por lo que el módulo del aglomerado se mantiene en valores prácticamente constantes, y además lo protege de las radiaciones solares, con lo que se retarda el envejecimiento del betún (oxidación).
- Se puede extender sin juntas, contrariamente a las vías en placa de hormigón (primeras alternativas a las vías convencionales).



- Reducen gálibos de excavación en túneles, y en entrada de puentes, suaviza la transición entre la vía convencional y la apoyada sobre la estructura.
- En apoyo directo, reducen el ruido de rodadura y las vibraciones transmitidas al terreno.
- Las superficies de asfalto pueden ser utilizadas durante la construcción como vías de acceso a la obra.

## 6. CONCLUSIONES

La tecnología de mezclas asfálticas en España está completamente desarrollada, contándose con conocimientos suficientes tanto de ligantes como de mezclas para cumplir cualquier especificación.

Igualmente, los medios de fabricación y puesta en obra de mezclas asfálticas ha alcanzado altos niveles de sofisticación, con lo que hoy en día se pueden asegurar grandes cotas de calidad. Existen extendedoras y sistemas de nivelación mediante cables que permiten obtener grandes precisiones en la regularidad superficial de las capas asfálticas.

España cuenta con suficientes plantas asfálticas y empresas especialistas en la ejecución de mezclas, como para que la construcción de vías con las mismas no sea un problema.

La vía convencional (balasto), obliga a operaciones de conservación relativamente frecuentes, cuyo coste relativo no deja de crecer, siendo cada vez más importantes los aumentos en los costes de operación de la vía debidos a estas intervenciones.

Cada vez resulta más difícil conseguir áridos de calidad para obtener el balasto, con lo que cualquier técnica que pueda conducir a un mayor aprovechamiento del mineral, será cada vez más interesante.

En el extranjero, y desde hace bastantes años se han desarrollado experiencias cuyos resultados son altamente satisfactorios, y han demostrado la viabilidad de la técnica.

Los sistemas directos (travesía sobre asfalto) presentan ciertos problemas de complejidad de uniones y estabilidad de la misma frente a esfuerzos laterales, para los cuales ya se han encontrado soluciones, pero aún queda espacio para nuevos desarrollos.

Las características de las vías de alta velocidad (gran estabilidad, alta eficiencia operativa y necesidad de bajo mantenimiento) hacen necesario el apoyo sobre bases más resistentes, y aquí el asfalto puede jugar un papel importante.



---

## 7. BIBLIOGRAFIA.

Asphalt Institute.- "Technical Bulletin (TB-6): Rail Transit Construction Using Hot-Mix Asphalt". 1.991

Menichelli, Silvio "The Role of the Bituminous Mix in the Railways Superstructure for High Speed Lines", Eurasphalt & Eurobitume Congress, 1.996.

Oberweiler, Günter, "Wird die bahn zukunft auf asphalt fahren ? ",Eurasphalt & Eurobitume Congress, 1.996.

Rose, Jerry G.; Hensley, M.- "Performance of Hot-Mix-Asphalt Railway Trackbeds", Transportation Research Record, No. 1300, Transportation Research Board. 1.991.

Rose, Jerry G.,- "Simplified Design Guide for Hot Mix Asphalt Railroad Trackbeds", Asphalt Institute and National Pavement Association (1.987)

The Asphalt Institute & the National Pavement Association. - "Asphalt in Railway Roadbeds". Nov. 1.983.

Vail, Peter.- "Asphalt in Rail Track Construction", Asphalt Review, Australia.





*Benito Figueroa - Vía Libre*

