

TRAMOS DE ENSAYO DE VÍA EN PLACA EN LA LÍNEA DEL CORREDOR DEL MEDITERRÁNEO PARA SU EXPLOTACIÓN A ALTA VELOCIDAD I. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

TEST SLABTRACK FOR HIGH-SPEED OPERATION ON THE MEDITERRANEAN CORRIDOR LINE. I. DESIGN AND CONSTRUCTION

MIGUEL PEÑA PEÑA. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Ingeniero de la UN de Vía y Explotación de TIFSA. x7019796@fedro.ugr.es

RESUMEN: La actual situación del tráfico ferroviario hace necesario conciliar factores como disponibilidad, calidad y seguridad en la vía con una minimización de los costes de mantenimiento. En este sentido, la vía en placa se plantea como una alternativa al balasto en líneas de alta velocidad y con gran porcentaje de túneles y viaductos. Con el objetivo de ampliar el conocimiento de este campo en España, se ha construido un tramo de ensayo en la variante ferroviaria Las Palmas de Castellón – Oropesa del Mar. En él se estudian seis modelos diferentes: Edilon, Rheda Dywidag, Rheda 2000, Stedef, Getrac y ATD. Acabada actualmente la fase de ejecución, ya se han obtenido los primeros datos prácticos sobre el diseño y la construcción de dichos modelos.

PALABRAS CLAVE: EDILON, RHEDA DYWIDAG, RHEDA 2000, STEDEF, GETRAC, ATD, REQUERIMIENTOS DE PLATAFORMA, RIGIDEZ DEL SISTEMA, CAPAS PORTANTES

ABSTRACT: The current state of railway traffic makes it necessary to ensure that factors such as the availability, quality and safety of track are set off by minimum maintenance costs. In this regard, slabtrack has been considered as an alternative to ballasted track for high speed lines and a large percentage of tunnels and viaducts. In order to broaden our knowledge of this type of track in Spain, a test section was built on the Las Palmas de Castellón - Oropesa del Mar branch line. Six different models of slabtrack were studied: Edilon, Rheda Dywidag, Rheda 2000, Stedaf, Getrac and ATD. The construction stage has now been completed and the first practical test results obtained regarding the design and construction of these models.

KEYWORDS: SLABTRACK, HIGH-SPEED, EDILON, RHEDA DYWIDAG, RHEDA 2000, STEDAF, GETRAC AND ATD, SLAB REQUIREMENTS, RIGID SYSTEM, BEARING LAYERS

1. INTRODUCCIÓN

El fuerte aumento de tráfico mixto experimentado en las últimas décadas en las redes ferroviarias europeas, viene obligando a éstas a buscar soluciones frente a la degradación de la calidad de la vía, reduciendo a la vez las bandas y costes de mantenimiento. Dentro de las mejoras de la infraestructura orientadas a proporcionar respuestas a este problema, surge el concepto de vía en placa, desarrollado fundamentalmente hacia la minimización de las operaciones de

mantenimiento, la planificación de nuevas líneas con gran porcentaje de túneles y estructuras en el trazado, y subsanar la no disponibilidad de balasto con las características requeridas para líneas de velocidades cada vez mayores.

La experiencia española en vía en placa en la actualidad se restringe a túneles, viaductos y estaciones, con resultados normalmente positivos. En zonas urbanas, tanto en estaciones como en las líneas de metro, se ha generalizado el uso de la vía en placa. Sin embargo, la necesidad de dar respuestas definitivas en líneas a cielo abierto y a alta velo-

ciudad, que solucionen problemas de mantenimiento y disponibilidad, y que proporcionen seguridad y calidad en la vía, hacen cada día más necesario ampliar la experiencia que se dispone en España sobre la vía en placa.

La posibilidad de poder comparar diferentes modelos de vía en placa, aptos para circulaciones a 220 Km/h, homologados y validados por la experiencia en sus países de origen, ha llevado a plantear, concebir y comenzar la ejecución de un tramo de ensayo de vía en placa a cielo abierto, en la que se proyectan seis sistemas diferentes. Junto al proyecto constructivo del tramo, se ha diseñado una instrumentación específica y particularizada que permitirá, una vez la vía entre en servicio, cuantificar los parámetros representativos del comportamiento dinámico de cada modelo.

El tramo de ensayo de sistemas de vía en placa se decidió ubicar en la variante ferroviaria de nueva construcción de Las Palmas de Castellón – Oropesa del Mar, perteneciente a la línea Valencia – Tarragona e inserta dentro del Corredor Mediterráneo. Esta decisión permitirá obtener información de los sistemas sometidos a un intenso tráfico mixto y a alta velocidad.

En el proyecto y construcción de las obras han participado los siguientes organismos y empresas:

- Promotor: Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento.
- Estudios previos, propuesta de tramos de ensayo y definición de necesidades a satisfacer: Grupo de Trabajo para el Desarrollo de la Vía sin Balasto en España (constituido por M^e de Fomento, RENFE, TIFSA).
- Proyecto: PEYCO con el asesoramiento de TIFSA para los tramos de vía en placa.
- Contratista de obra: UTE Vía Benicásim (FCC, Vías y Construcciones y COMSA).
- Asistencia técnica general para el control y vigilancia de la obra: PEYCO.
- Asistencia técnica especializada para el asesoramiento, control de la ejecución y auscultación en los tramos de vía en placa: UTE TIFSA-IC.

En una visión global del proyecto, se pueden distinguir tres fases:

- Fase de estudio previo: recopilación de información sobre diferentes modelos, estudio y determinación de la configuración del tramo de ensayo. Definición de la instrumentación y de las campañas de ensayos.
- Fase de construcción: control y obtención de datos in situ sobre la construcción de los modelos, e instalación de la instrumentación interna proyectada.
- Fase de recogida de datos y obtención de conclusiones: campañas periódicas de auscultación y análisis de los resultados obtenidos.

Los frutos que se obtendrán del tramo de ensayo de Las Palmas de Castellón – Oropesa del Mar, no se limitan solamente a la información sobre el comportamiento de la vía como producto acabado. El proyecto se plantea también como una oportunidad de registrar y dar respuestas a toda una problemática específica que surge en la construcción de vía en placa a cielo abierto. Desde este punto de vista, el objetivo que se plantea desde la Asistencia Técnica de TIFSA-IC es dominar todos los aspectos de diseño y ejecución, constituyendo de esta forma una verdadera base de conocimiento sobre la construcción de modelos de vía en placa, adaptado a las condiciones de nuestro país.

2. CONFIGURACIÓN DEL TRAMO

Se contemplan en el tramo de ensayo seis sistemas distintos de vía en placa. Cuatro de ellos son sobre hormigón (Edilon, Rheda Dywidag, Rheda 2000 y Stedef) y dos de ellos son sobre asfalto (ATD y Getrac). Cada modelo tiene una longitud de 432 m (1 _ veces la longitud de la barra larga), y existen un total de cuatro transiciones de 40 m entre balasto y placa. Se ha de señalar que es la primera vez en España que se construyen modelos de vía en placa sobre aglomerado asfáltico.

De todos los sistemas, cuatro de ellos son originarios de Alemania (Rheda Dywidag, Rheda 2000, Getrac y ATD), uno es francés (Stedef) y uno holandés (Edilon). La ubicación de los modelos es la reflejada en la Tabla 1.

TABLA 1. UBICACIÓN DE LOS TRAMOS DE ENSAYO DE VÍA EN PLACA EN LA VARIANTE DE LAS PALMAS DE CASTELLÓN – OROPESA DEL MAR

TIPOLOGÍA DE VÍA	PP. KK.	TRAZADO
ZONA DE TRANSICIÓN	1+013-1+053	R=-2953,520
EDILON	1+053-1+485	R=-2953,520
	1+485-1+608,2	R=-2953,520
RHEDA DYWIDAG	1+608,2-1+862,174	Transición
	1+862,174-1+917	Recta
RHEDA 2000	1+917-2+349	Recta
STEDF REGLABLE	2+349-2+781	Recta
ZONA DE TRANSICIÓN	2+781-2+821	Recta
VÍA SOBRE BALASTO	2+821-3+313	Recta
ZONA DE TRANSICIÓN	3+313-3+353	Recta
GETRAC	3+353-3+785	Recta
ATD	3+785-4+217	Recta
ZONA DE TRANSICIÓN	4+217-4+257	Recta

CAPA DE FORMA (e=0,35 cm)	QS3	100% PN	$E_{V2} \geq 800 \text{ kg/cm}^2$
QS3/QS" 95%PN (e=0,95 cm)			$E_{V2} \geq 600 \text{ kg/cm}^2$
QS3/QS2/QS1			$E_{V2} \geq 600 \text{ kg/cm}^2$ $E_{V2} \geq 450 \text{ kg/cm}^2$ (QS1)

Figura 1.
Esquema de
requerimientos
de la
plataforma
para la vía
en placa.

Como se puede apreciar, los modelos de hormigón y los de asfalto están separados por un tramo de balasto, en el que se medirán los mismos parámetros que en la vía en placa con el objetivo de establecer una comparación.

Esta secuencia de modelos obedece al establecimiento de transiciones poco pronunciadas en las alturas de construcción y rigideces de los distintos modelos, aparte de motivos logísticos.

3. PLATAFORMA

Un aspecto básico y especialmente importante en este proyecto ha sido la caracterización de la plataforma y de las capas situadas bajo losas o artesas. Aproximadamente la mitad del tramo está en terraplén y la mitad en desmonte. Los requerimientos de la plataforma son superiores a los de la vía convencional sobre balasto, debido a la prácticamente nula tolerancia a los asientos diferenciales.

La capa superior de subbalasto de 40 cm tiene condicionantes igualmente fuertes, con ensayos con placa de carga que arrojan resultados de $E_{V2} \geq 1.200 \text{ Kg/cm}^2$.

Aparte de todo esto, antes de realizar las losas o artesas correspondientes, se coloca en cada modelo una capa de grava cemento u hormigón pobre (HSB o hydraulic subbase). El espesor de la capa varía según los requerimientos de cada sistema:

- Edilon, Rheda Dywidag, Getrac y ATD: capa de grava cemento de 30 cm de espesor.
- Rheda 2000: capa de hormigón pobre de 30 cm de espesor, con resistencia a compresión $R_{28} > 100 \text{ Kg/cm}^2$.
- Stedef: capa de grava cemento de 15 cm de espesor.

El módulo exigido a esta capa HSB en todos los modelos es de $E_{V2} > 100.000 \text{ Kg/cm}^2$.

4. DISEÑOS

Después de determinar la configuración del tramo de ensayo, la asistencia técnica de TIFSA-IIC se puso en con-

tacto con las patentes implicadas para la definición detallada de cada modelo. La definición exhaustiva de los modelos es un aspecto en el que se pone el mayor cuidado con miras a clarificar un futuro proceso de homologación.

4.1. Sistema de carril embebido Edilon

El sistema de carril embebido Edilon se basa, como su nombre indica, en el total embebimiento de los carriles en un medio elástico. Dentro de las tipologías de vía en placa, se puede englobar en las construcciones especiales.

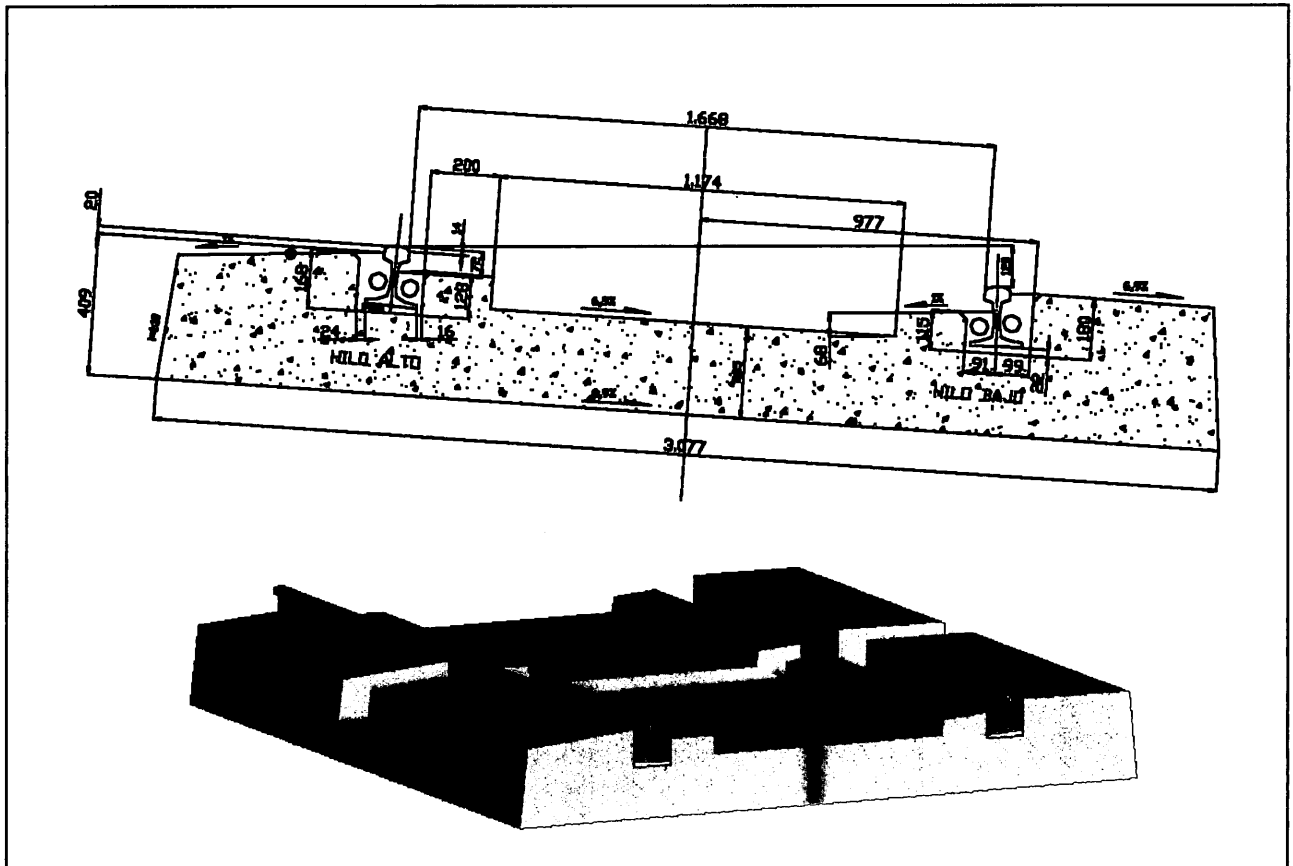
Los carriles se hallan confinados dentro de una canaleta de hormigón, rodeados por un material elástico, el Corkelast, que combina las propiedades de un elemento como el corcho y dos polímeros especiales. Las principales funciones de este polímero son aportar un soporte continuo al carril y constituir un sistema de sujeción del mismo.

Sobre este sistema se tiene una amplia experiencia en tranvías, cercanías y estaciones, pero poca en velocidades superiores a los 160 Km/h, por lo que resulta relativamente novedoso su diseño para alta velocidad.

El material en el que se basa el modelo, el corkelast VA60M, es especial para velocidades altas. En el diseño de los demás elementos del sistema también se ha tenido en cuenta la aparición de cargas dinámicas elevadas. La losa soporte es de hormigón armado HA-35 e incorpora longitudinalmente una parrilla superior de 17 (20 y una inferior de 17 (12, con cercos transversales de 12 a 400 mm. Se debe destacar que entre todos los modelos, es el de menor altura de construcción, con 429 mm entre cota cabeza carril y cota inferior de losa soporte.

La solución elegida para el drenaje de la superficie de la losa entre carriles consiste en fabricar una canaleta transversal de 30 cm de ancho de lado a lado de la losa, de manera que deje una profundidad libre por debajo del patín del carril de 8 cm. Estos drenajes se realizan mediante un encofrado de madera. Se ha optado por esta solución respecto a la otra habitual en Edilon (es decir, tubos de PVC colocados dentro de la losa) por tres razones:

Figura 2.
Sección de losa
Edilon y
perspectiva
antes del
vertido de
corkelast, con
drenaje
transversal.



- 1. Los tubos de PVC se pueden atascar fácilmente en los codos que se deben practicar necesariamente para llevarlos a un lateral de la losa. Al mismo tiempo, en caso de que la sección de 30x8 cm se atasque, es mucho más fácil de limpiar. Se ha de tener en cuenta que la losa está en una zona rural, y es susceptible de que caigan sobre ella hojas, ramas, etc.
- 2. En caso de tener que retirar un carril, estos drenajes se pueden aprovechar para tirar del carril con una grúa y uñas sin necesidad de picar el hormigón.
- 3. Estos drenajes podrán ser aprovechados para realizar las futuras instrumentaciones sobre el carril desnudo que serían imposibles de otra manera (por ejemplo, determinaciones de tensiones en carril, movimientos verticales e inclinación de carril entre otras). Además, se pueden utilizar para pasar eventualmente cableado de un lado a otro de la losa.

4.2. Sistema Rheda Dywidag

Este sistema se puede clasificar dentro de las construcciones monolíticas de vía en placa. Fundamentalmente consiste en el empotramiento de las traviesas monobloque B301-W60 dentro de una losa de hormigón armado, que a

su vez viene confinada dentro de una artesa soporte. Dentro de todos los modelos estudiados, es el concepto de vía en placa más antiguo.

El modelo incorpora (como todos los modelos originarios de Alemania), la sujeción Vossloh IOARV-300/1, que va a proporcionar la práctica totalidad de su elasticidad.

La losa es de HA-35, con 4 (25 pasantes a traviesas. La artesa inicialmente era de HM-25, aunque posteriormente se decidió incorporar una ligera armadura de (12 para evitar problemas de fisuración. La altura de construcción es de 631 mm.

4.3 Sistema Rheda 2000

Rheda 2000 se puede considerar como la última evolución de la familia Rheda. También perteneciente a la tipología de construcciones monolíticas, este sistema es la respuesta para las deficiencias que planteaban sus antecesores:

- Se elimina la artesa soporte, estando el sistema constituido por una sola losa de hormigón en la que están empotradas las traviesas bloque B355-W60M. De esta manera se elimina la junta entre hormigón de calado de losa y hormigón de artesa, que a medio plazo deriva en

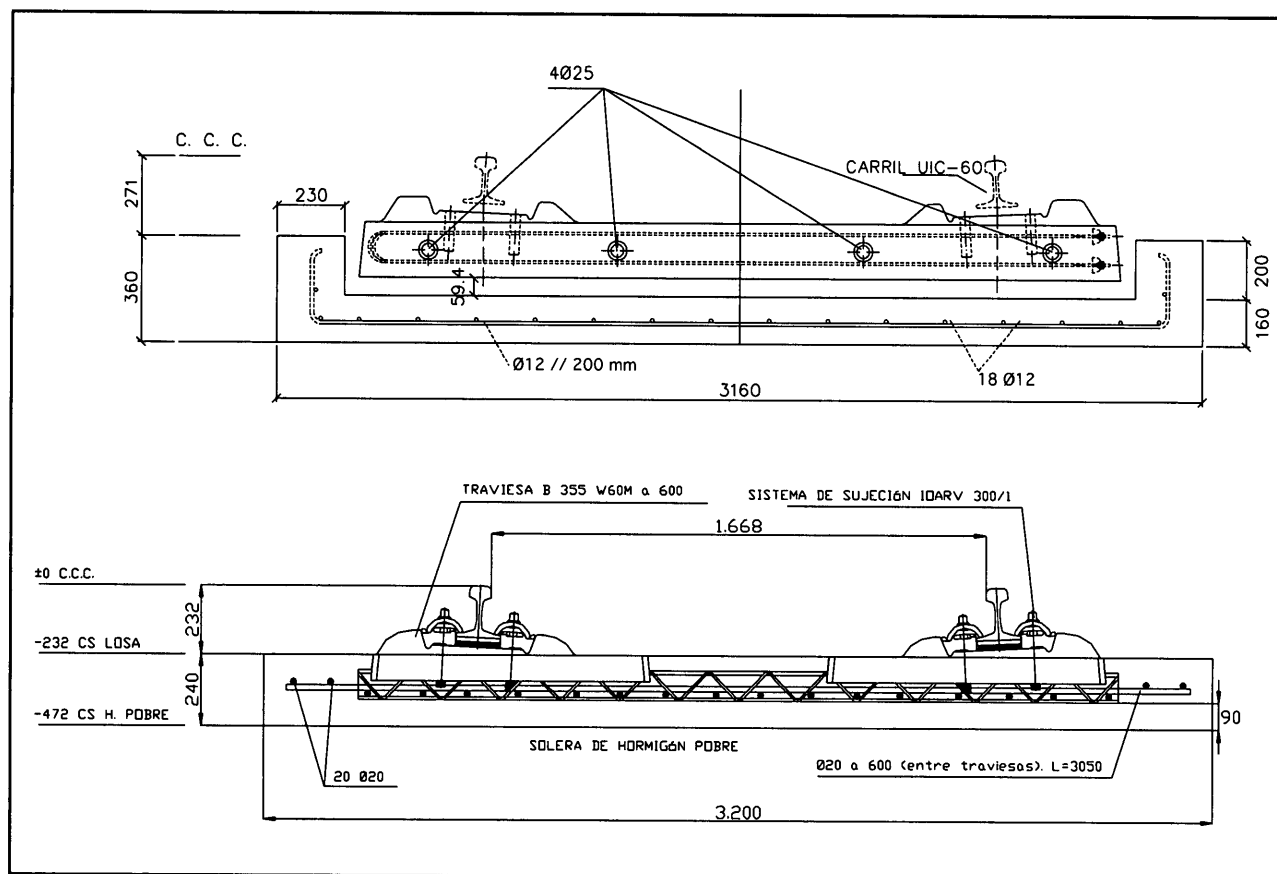


Figura 3. Losa Rheda Dywidag (arriba) frente a losa Rheda 2000 (abajo).

grietas y problemas de durabilidad, y se disminuye la altura de construcción.

- Gracias a la traviesa bloque unida por una armadura en celosía, se minimiza la superficie de contacto entre el hormigón de la losa y la traviesa, que resulta ser un punto débil del sistema ante fenómenos dinámicos. Además, se aumenta la superficie de contacto de la armadura con el hormigón de la losa, incrementando la adherencia de la parrilla de vía a la capa soporte y mejorando notablemente la interacción traviesa-losa.
- El sistema está ideado para ejecutarse mediante técnicas avanzadas de montaje, que permiten una elevada producción sin renunciar a los requerimientos de calidad de las líneas de alta velocidad.

La altura de construcción de este sistema es de sólo 472 mm, apenas 43 mm mayor que el modelo Edilon, siendo el segundo de menor altura. La losa es de hormigón HA-35, con una armadura longitudinal de 20 (20). El sistema incorpora la sujeción IOARV-300/1 de Vossloh.

A diferencia de los demás modelos que se asientan sobre una capa de grava cemento, Rheda 2000 se decidió montar sobre una capa de hormigón pobre de 30 cm de espesor.

4.4. Sistema Stedef reglable

Este sistema de vía en placa pertenece a la tipología de construcción de bloques recubiertos de elastómero.

En el sistema de vía en placa Stedef, las traviesas bloque de hormigón armado U-41 GV se colocan dentro de una artesa de hormigón armado. El espacio entre esta artesa y la traviesa se rellena posteriormente con un hormigón en masa (HM-35) cubriendo los bloques de la traviesa.

Estas traviesas bloque tienen en la parte inferior de cada uno de los bloques un colchón microcelular de caucho cuya principal función es proporcionar elasticidad vertical al sistema. La parte inferior y lateral de la traviesa quedan forradas de unas cazoletas de caucho que cubren también al colchón microcelular. Estas cazoletas son las encargadas de proporcionar elasticidad transversal y amortiguación apropiada al sistema. Debido al colchón microcelular y a la placa de asiento de la sujeción Nabla, el sistema se comporta según un esquema de doble plano de elasticidad separado por una masa intermedia. Este tipo de vía en placa tiene un comportamiento similar a la vía en balasto, ya que se reproduce el mismo efecto elástico y de absorción de energía. Esto se debe a que al forrar las traviesas antes de incorporarlas a la placa, forman una articulación, quedando libres en

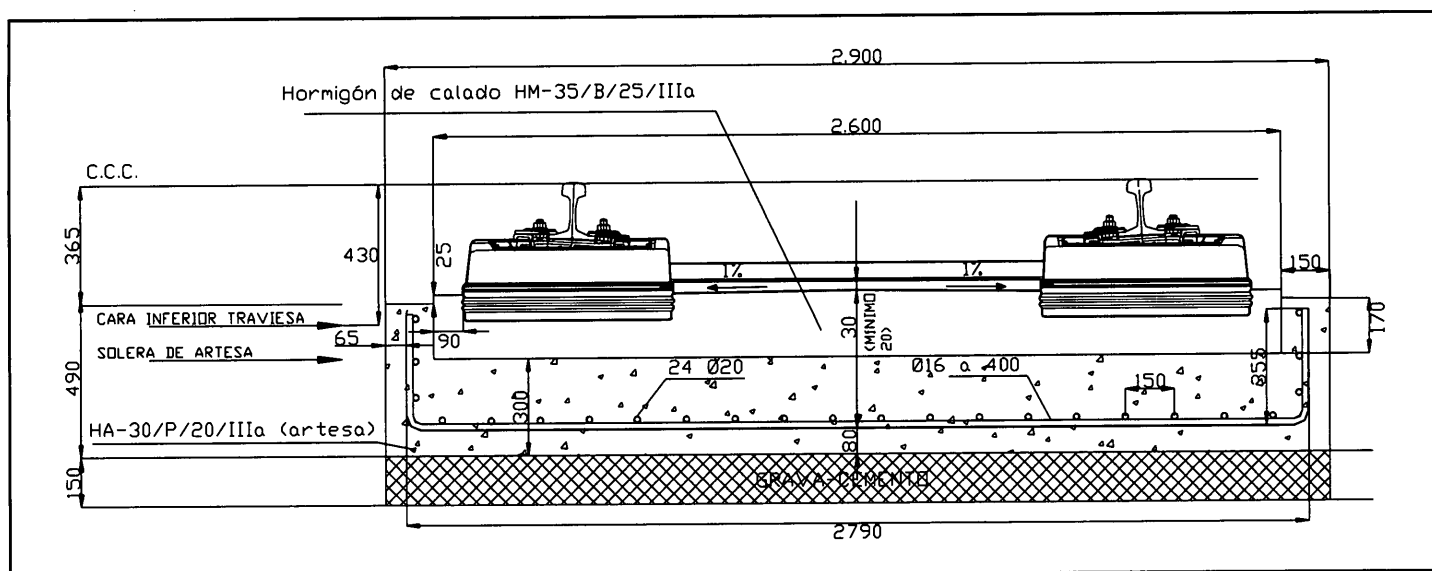


Figura 4.
Sección
transversal del
sistema
Stedef-GV.

parte y pudiendo realizar un giro al paso de las cargas móviles.

El carril se fija a la traviesa mediante la sujeción Nabla, bajo ésta se coloca la placa de asiento, una lámina acanalada de caucho de 9 mm de espesor. Esta sujeción reglable es una de las características principales del sistema ya que permite una regulación muy fina de la altura mediante la introducción de calas de espesor variable, desde -5 a +10 mm. El sistema de fijación permite el ajuste lateral de la posición del carril mediante el desplazamiento de una placa de fundición que sostiene a todo el conjunto por el corredor formado por los resaltos de hormigón de la traviesa; este corredor tiene un ángulo de 30° respecto al eje de la entreeva. De esta manera, el sistema permite un ajuste lateral de +/- 8 mm, con una precisión de 0,5 mm.

Finalmente, queda decir que Stedef es el modelo de mayor altura de construcción, con 855 mm, desde cota cabeza carril hasta cota inferior de artesa.

4.5. Sistema Getrac

En este sistema de vía en placa, la placa soporte es de aglomerado asfáltico, sobre la cual se sitúa la traviesa monobloque B 316 W-60. Puede clasificarse dentro de la tipología de construcción en capas de aglomerado asfáltico.

El paquete de aglomerado, situado sobre una base de grava cemento, tiene 30 cm de espesor. El dimensionamiento es el siguiente:

- Capa inferior: espesor 12 cm, S-25 con betún B60/70.
- Capa media: espesor 12 cm, S-25 con betún B60/70.
- Capa superior: espesor 6 cm, D-8 con betún modificado con polímeros.

La unión entre la traviesa y la capa soporte se realiza a través de una pieza de hormigón en forma de taco, denominado "stopper". La parte inferior de la traviesa monobloque dispone de un hueco cilíndrico en su parte central en la que encaja un taco de hormigón provisto de un anillo de neopreno. Los tacos de hormigón quedan confinados a su vez dentro de unos huecos rectangulares practicados en la última capa de aglomerado asfáltico. El conjunto queda solidarizado mediante un mortero especial de alta resistencia que se vierte en el hueco rectangular. En el presente proyecto, sólo se fija de esta manera una traviesa de cada dos, aunque para otras situaciones de tráfico, puede hacerse una de cada tres.

La estabilidad transversal y longitudinal de la vía queda garantizada con la fijación de las traviesas a la capa soporte de la manera explicada. El anillo de neopreno situado entre el taco de hormigón y la traviesa absorbe elásticamente los esfuerzos transversales y longitudinales.

4.6. Sistema ATD

El segundo modelo de asfalto experimentado es el ATD. El concepto básico es el mismo que en Getrac, diferenciándose de éste por el número de capas de aglomerado y por la manera en que la parrilla de vía se fija a la losa portante.

El paquete de aglomerado asfáltico, también de 30 cm de espesor, se compone de 4 capas:

- Capa inferior: espesor 12 cm, S-25 con betún B60/70.
- Capa media: espesor 8 cm, S-20 con betún B60/70.
- Capa media: espesor 6 cm, D-20 con betún B60/70.
- Capa superior: espesor 4 cm, D-8 con betún modificado con polímeros.

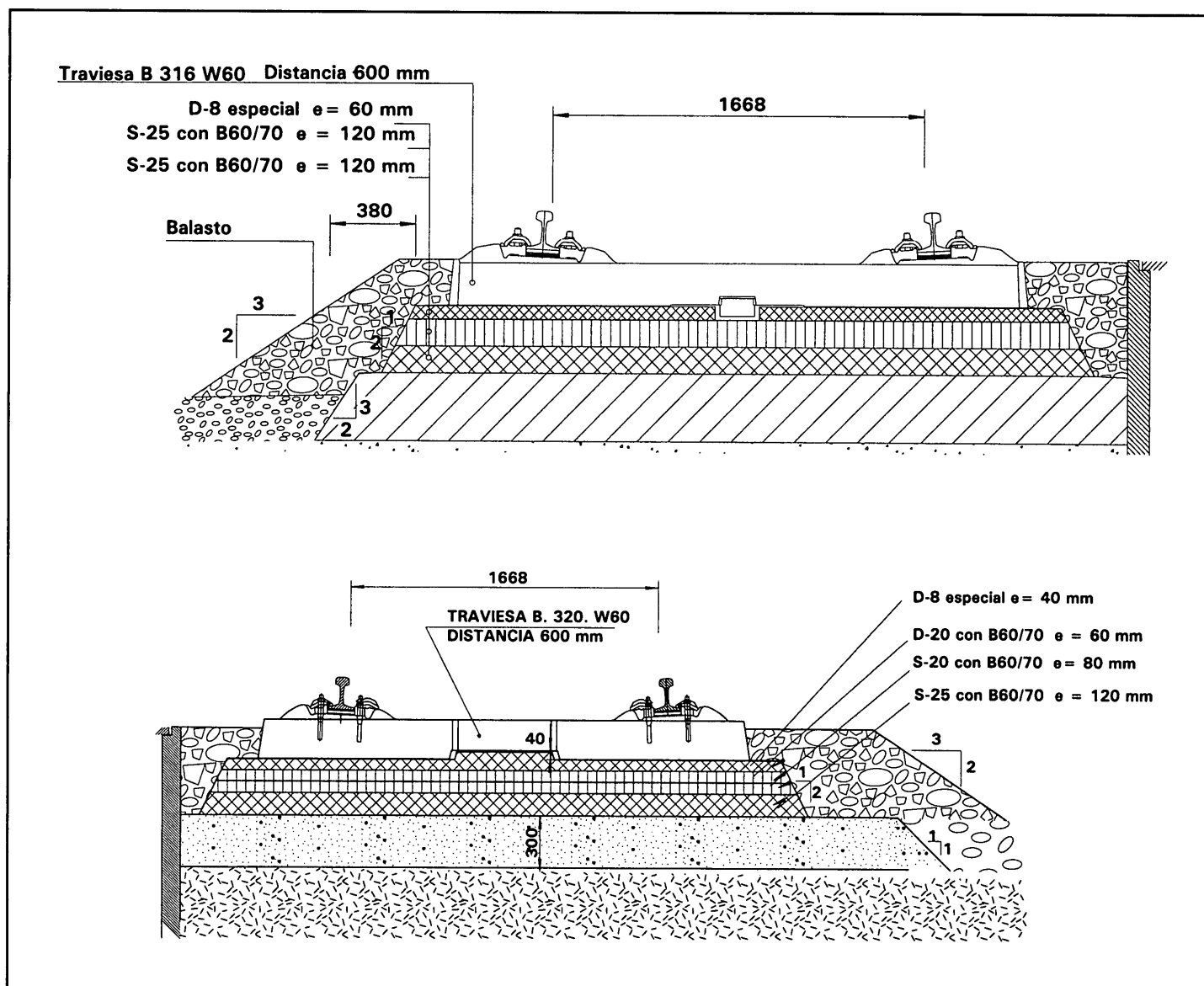


Figura 5. Sección del modelo Getrac (arriba) y sección del modelo ATD (abajo).

En el extendido de la capa superior se realiza un resalto o zócalo de resistencia. Las traviesas monobloque B 320 W60 tienen a su vez un entrante en su parte central que encaja en el zócalo. El contacto entre traviesa y zócalo se sella finalmente con un producto elastomérico, el Ascolon KLT 4 DB, que confiere al conjunto estabilidad lateral y longitudinal. La aptitud de esta fijación entre parrilla de vía y losa se ensayó por la Deutsche Bahn en Stendal, en la línea Hannover – Berlín, con resultados satisfactorios.

Al igual que el Getrac, el modelo ATD se trabaja de abajo a arriba. El posicionado definitivo en planta y alzado queda preestablecido al proceder a la instalación de la capa soporte de asfalto. Por ello requiere un alto nivel técnico en el personal empleado en los trabajos previos de topografía y en el montaje, aunque la utilización de aparatos que

habitualmente se vienen empleando en la construcción de vías y carreteras, el alto grado de mecanización y un reducido número de fases constructivas, hacen prever una ventaja de este sistema de vía en placa respecto al coste.

5. CONSTRUCCIÓN

En la fase constructiva, se han planteado dos problemáticas diferentes: una antigua, ya conocida y resuelta en túneles y estaciones en España, y otra nueva, derivada fundamentalmente de las variaciones térmicas en el carril a cielo abierto. La problemática antigua concierne sobre todo a la construcción de losas portantes y artesas; la nueva tiene que ver más con el posicionamiento del carril y la fijación defini-



Figura 6.
Vista de la
vía Edilon
acabada.

tiva de la parrilla de vía al elemento portante del sistema, y en menor medida, con problemas de drenaje e influencia de altas temperaturas en algunos elementos aparte de la parrilla de vía.



Figura 7.
Vertido de
corkelast en el
sistema Edilon.

Como se ha podido comprobar sobre el terreno, los procedimientos de montaje de vía en placa a cielo abierto quedan importantemente condicionados al régimen de temperaturas del carril a lo largo de una jornada de trabajo. Así pues, el ingeniero debe realizar un estudio previo de las variaciones térmicas que se puede encontrar teniendo en cuenta el sitio y la época del año, antes de entrar en la fase de montaje de vía. En general, se puede decir que la situación climatológica más desfavorable corresponde a días de cielos despejados y sol radiante seguidos de noches frías. Esta situación es muy frecuente en las regiones españolas afectadas por un clima total o parcialmente continental, y menos frecuente, aunque igualmente esperable, en regiones de marcado carácter atlántico o mediterráneo. El tramo de ensayo de la variante de Las Palmas de Castellón – Oropesa del Mar, situada a escasos kilómetros del Mediterráneo, que se ha construido durante la primavera y el otoño de 2002, tiene durante todo el año un elevado índice de radiación solar, que es el factor que influye principalmente en la subida de la temperatura del carril. Esto, unido a noches frescas, provocan variaciones diarias de casi 30 °C.

A continuación se comentan, modelo a modelo, los aspectos más interesantes de la fase de construcción.

5.1. Modelo Edilon

La losa portante se construyó mediante encofrados, en vez de utilizar una encofradora deslizante, que resultaba económicamente inconveniente para el tramo. Los trabajos de colocación de encofrado se centraban en la alineación y nivelación del encofrado de la canaleta donde se aloja el carril, con el fin de conseguir las tolerancias exigidas por el sistema. El rendimiento total de esta actividad se acerca a los 30 m de losa hormigonada al día. En contrapartida a este bajo rendimiento, se obtuvo una losa con canaletas dentro de tolerancias y con un aspecto agradable.

Habiendo comprobado la calidad geométrica de la losa, se decidió montar primero un carril director dentro de canaleta para después montar el otro mediante una simple regla de ancho y peralte. El vertido del corkelast es el punto más delicado de todo el proceso, ya que no hay posibilidad de rectificación en caso de error. Este vertido ha de realizarse a la temperatura de liberación de tensiones más o menos 5 °C, por lo que la franja horaria de trabajos queda condicionada a la consecución de la temperatura adecuada del carril. Las operaciones de alineación deben realizarse lo más próximas en tiempo al vertido de corkelast, ya que una eventual dilatación del carril podría introducir errores en la posición del carril, a pesar de estar éste confiando entre cuñas de corcho. Finalmente, se debe señalar que el vertido debe ser abortado inmediatamente en caso de que caiga la más mínima lluvia, porque el agua reacciona con el corkelast fresco, desvirtuando sus propiedades mecánicas.



Figura 8.
Alineación de carril
en el sistema
Rheda Dywidag.

5.2. Modelo Rheda Dywidag

La artesa auxiliar se ejecutó mediante encofrados, consiguiendo un resultado satisfactorio. El montaje de vía es tedioso por lo complicado que resulta manejar las pesadas traviesas monobloque B301 W60 y pasar la armadura longitudinal de 4 (25 a través de ellas. Un aspecto positivo de este sistema de vía es su buen comportamiento ante las variaciones térmicas, no siendo necesario desclavar toda la vía cuando el hormigón acababa de fraguar, como es habitual en Rheda 2000 y en Stedef. Esto se atribuye al hecho de haber empezado a hormigonar desde un punto donde la barra larga estaba fija y al enorme peso e inercia de la parrilla de vía, entendida ésta como el conjunto de carriles+traviesas+armaduras.

Figuras 9 y 10.
Hormigonado y
alineación de carril
en el sistema
Rheda 2000.

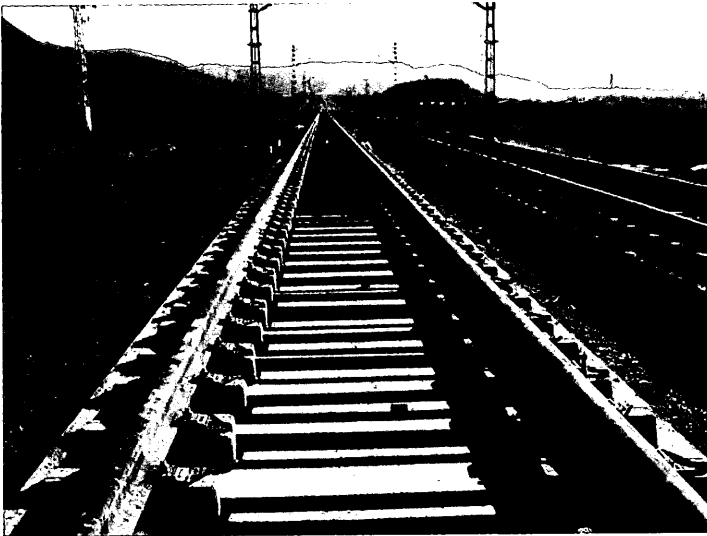


Como hormigón de calado se ha prescrito un HA-35/F/12/IIIa, para facilitar su paso por debajo de las traviesas. El hormigonado es la fase crítica de toda la construcción y se debe asegurar en todo momento que no quedan coqueas debajo o alrededor de la traviesa.

5.3. Rheda 2000

La amplia experiencia que ya se tiene en Alemania con este sistema de vía a cielo abierto, ha proporcionado una información valiosísima sobre el proceso constructivo que se había de seguir. Este proceso consiste en un ciclo de alineación y nivelación – hormigonado – desclavado. Cuando el hormigón ha adquirido consistencia suficiente para sostener la parrilla de vía, normalmente a las cinco horas después del hormigonado, el tramo se desclava para evitar que el carril induzca esfuerzos sobre las traviesas que provoquen grietas en la losa. Es destacable la gran estabilidad de la parrilla de vía desde el momento en que se terminan las operaciones topográficas hasta que el hormigón comienza a fraguar. Esto es debido a que, una vez comprobados topográficamente los carriles, los movimientos de la parrilla se impiden mediante unas piezas metálicas soldadas a pernos salientes de la losa inferior de hormigón pobre. Esto da una cierta flexibilidad a la hora de organizar el tajo, ya que se puede aumentar el margen de tiempo entre el final de los trabajos topográficos y el hormigonado.

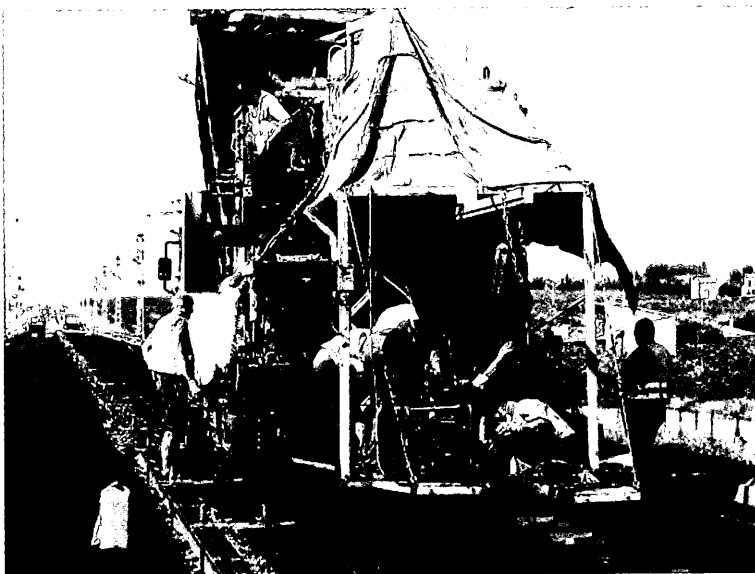
De entre las posibilidades de montaje que ofrece el sistema, se optó por la colocación de traviesas una a una, después alinear y nivelar con husillos y gatos de alineación. Éste es el método adecuado al tramo de ensayo, por su escasa longitud y su singularidad, frente a la utilización de una TLM (Track Lying Machine), que monta tramos de vía previamente ensamblados, y que corresponde a un concepto de montaje encaminado a una producción más elevada y sistemati-



Figuras 11 y 12. Vista del tramo acabado y trabajos de alineación en sistema Stedef.



Figuras 13. Extendido de la capa superior de aglomerado asfáltico en el sistema Getrac.



zada. Aún así, el rendimiento de vía hormigonada al día supera al resto de los modelos de hormigón.

Otra característica del sistema es la realización de un revibrado en el hormigón de calado de la losa. Esta es una técnica que permite mejorar la resistencia a compresión de los hormigones, en una cuantía que puede alcanzar, a los 28 días, hasta un 15 por 100. Esta operación consiste en volver a vibrar el hormigón al cabo de un tiempo determinado. El momento del revibrado en cualquier caso dependerá de la consistencia del hormigón y de las condiciones meteorológicas, principalmente. En el caso del sistema Rheda 2000, que incorpora un hormigón HA-35/F/20/IIIa, con un cono entre 15 y 22, el tiempo en el que se realiza está comprendido entre 45 minutos y una hora y cuarto desde la realización del primer vibrado. El revibrado supone una perfeccionamiento en el vencimiento de las fuerzas cohesivas del

hormigón, transformándose este material en un fluido que se adapta perfectamente a las formas de los moldes. Además, aporta una mejora en la densidad, resistencia y permeabilidad del hormigón, disminuye la retracción, proporciona una mayor protección a las armaduras y favorece la adherencia a ellas. La mejora de resistencias es más importante a edades cortas y más grande en hormigones propensos a exudar, especialmente en los fluidos, debido a que el agua existente en la masa se expulsa con mayor facilidad al revibrar. El revibrado no sólo cierra y aprieta los elementos unos contra otros, sino que reparte más uniformemente el agua humedeciendo mejor los granos de cemento y favoreciendo su hidratación.

En resumen, se encuentra que el sistema Rheda 2000 proporciona una técnica muy depurada en el montaje y ofrece una serie de respuestas precisas a cuestiones relativamente novedosas, dando prioridad a la estandarización de la construcción, lo que revierte en una producción elevada.

5.4. Sistema Stedef

En el tramo Stedef, la artesa soporte se construyó también mediante encofrados, como en el modelo Rheda Dywidag. Superada esta fase, el montaje de vía se complicó bastante debido a las variaciones térmicas, ya que la parrilla de vía consiste únicamente en los carriles unidos por traviesas bloque, que son relativamente ligeras, y sin ningún tipo de armadura que proporcione una ligazón entre traviesas o entre traviesa y hormigón fresco. Esta parrilla de vía tan suelta hace que el modelo sea muy vulnerable a los movimientos del carril, con lo que se optó por realizar alineación y nivelación cuando las temperaturas se hallaban más estables y hormigonando casi inmediatamente, para desclavar cuando el hormigón hubiera acabado de fraguar. Tal situación plantea un ritmo de trabajo muy rígido.

En el sistema Stedef, como en el resto de sistemas de hormigón, todas las armaduras han sido interconectadas por puntos de soldadura no resistentes para dar continuidad eléctrica al conjunto, con el objetivo de derivar las corrientes vagabundas a tomas de tierra instaladas cada 60 metros.

5.5. Modelos de asfalto: Getrac y ATD

La construcción de los modelos de asfalto comienza con un trabajo muy fino de topografía sobre la capa de grava cemento. Estos trabajos consisten en el replanteo de picas cada 5 metros con un soporte para el hilo guía de nivelación y el de alineación que utilizará la extendidora. En el presente proyecto, el guiado de la extendidora se ha realizado mediante dispositivos mecánicos (palpadores). El error máximo en la nivelación final del hilo guía es de 2 mm y deben realizarse comprobaciones de nivelación en el punto medio entre dos picas. La experiencia demuestra que este error de nivelación se acrecienta hasta el doble en algunos casos por las imprecisiones naturales de la extendidora.

La extensión de las capas de aglomerado asfáltico para las capas inferiores se realiza con una extendidora convencional. Para la capa superior se cuida mucho más la composición de la mezcla, se comprueba su densidad in situ mediante troxler y se utilizan técnicas especiales para ejecutar los elementos que intervendrán en la fijación de la parrilla de vía (zócalo de resistencia en ATD o huecos rectangulares en Getrac).

Es destacable el rendimiento obtenido en la extensión de las capas de aglomerado asfáltico, que en el cómputo global ronda los 250 m de losa portante totalmente acabada en una sola jornada de 8 horas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los trabajos previos de topografía son muy delicados y que requieren prácticamente el mismo tiempo que el extendido.

La capa superior tiene en los dos modelos la misma granulometría y betún, y sólo necesita ser compactada con un compactador de 2,5 tn. La nivelación de esta capa (+4 / -6 mm) viene dada por las posibilidades de regulación en altura de la sujeción IOARV 300/1, mediante el cambio de placas de asiento de diferentes espesores. La sujeción absorbe también errores en el intervalo de -7 / -26 mm, pero en ese caso se han de utilizar calces, lo cual no es recomendable, ya que a partir de una cierta altura corregida se debe cambiar el clip para que la sujeción trabaje correctamente y se imposibilita la compensación de asientos en el futuro.

Una vez colocadas las traviesas, se nivelan las placas de asiento traviesa por traviesa y se cambian para conseguir la rasante teórica. A continuación, se puede montar el carril para alinear la vía mediante bateadora. Durante esta fase hay que tener un cuidado extremo con la temperatura, debido a que se está manejando una parrilla de vía totalmente desgarnecida sobre una placa de asfalto, sensible a

cualquier movimiento de carril. El carril debe estar clavado a temperatura de neutralización y las operaciones de alineación deben realizarse en un intervalo de temperaturas también cercano a la de neutralización, a ser posible sin grandes variaciones. La unión de la parrilla de vía a la losa debe ser inmediata.

6. TRANSICIONES VÍA EN PLACA - BALASTO

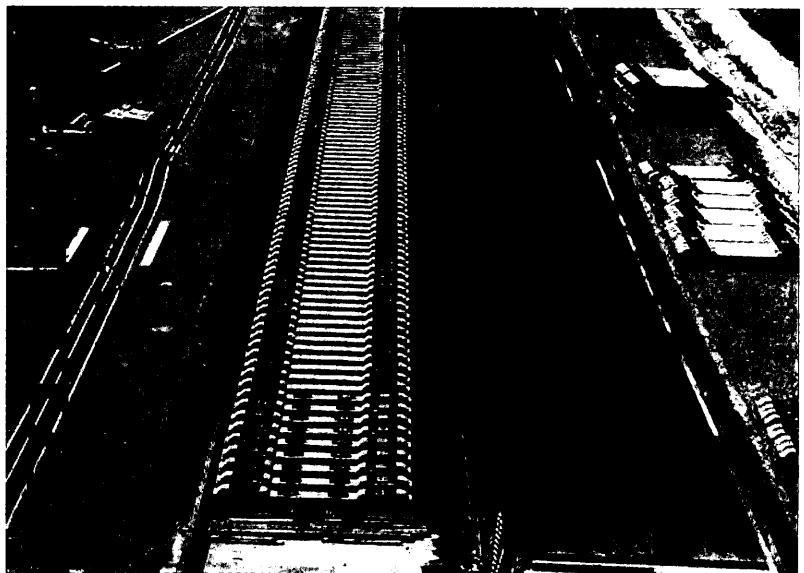
Como se puede apreciar en la configuración de los tramos, existen cuatro transiciones placa-balasto, en los modelos Edilon, Stedef, Getrac y ATD. La necesidad de existencia de una zona de transición en la que se produzca una variación gradual de la rigidez se debe fundamentalmente a que los esfuerzos dinámicos producidos por las circulaciones generan una serie de discontinuidades que suelen traducirse, principalmente, en:

- Asentamientos diferenciales de vía, que suponen un incremento considerable de las operaciones de mantenimiento, pueden generar reparaciones de nivelación costosas, saltos bruscos en la circulación, que inciden en el confort de los pasajeros.
- Disminución de la vida útil de los diferentes elementos.
- Degradación prematura del material móvil.
- Degradación prematura del carril, que se presenta generalmente en forma de desgaste ondulatorio.

Por tanto, en el caso de la vía sobre balasto y la vía en placa, la transición entre las dos superestructuras crea una inestabilidad que precisa un tratamiento particular.

Las principales tipologías de transición validadas por la experiencia, son las siguientes:

Figura 14.
Vista de la transición ATD-balasto antes del montaje de carriles.



- Ejecución de un subsuelo de rigidez creciente desde la vía sobre balasto hacia la vía en placa.
- Balasto pegado consistente en el aglutinado y estabilización del balasto en la zona de transición con una resina aplicada por inyección.
- Sistema de sujeción ajustable.
- Traviesas provistas en su cara inferior de suelas.
- Carriles interiores solidarizados a las traviesas, actuando a modo de rigidizadores.

Esto puede ir complementado con la disposición de traviesas con menor separación entre las mismas para aumentar la rigidez y realizar un mejor reparto de cargas.

Debe considerarse que, en la mayor parte de los casos reales, la solución óptima puede ser una combinación de las anteriores. En el caso de Las Palmas-Oropesa se intenta actuar en dos planos:

- A nivel de plataforma, por una parte para dotarla de una transición gradual de rigidez y, por otra, para minimizar la producción de asentamientos indeseables, lo cual se puede conseguir mediante un reparto de esfuerzos en la mayor superficie posible.
- A nivel de superestructura, para absorber los movimientos de la losa y fijar la vía verticalmente.

Por esa razón la solución final combina 30 m de balasto encolado bajo traviesa, con cuñas en la grava cemento que disminuyen gradualmente la rigidez al abandonar la losa, y en los modelos de asfalto, con contracarriles que rigidicen el conjunto. De esta manera se espera obtener un resultado que garantice la inalterabilidad de las transiciones a lo largo del tiempo.

7. CONCLUSIÓN

En los apartados anteriores se ha tratado de exponer de forma breve y concisa los aspectos más importantes del diseño y la construcción de los sistemas de vía en placa ensayados.

Después de la experiencia de Las Palmas de Castellón – Oropesa del Mar, se puede decir de una manera general que el problema del diseño y la construcción de vía en placa a cielo abierto y a alta velocidad consiste básicamente en la conciliación de los siguientes factores:

- Las exigentes tolerancias geométricas derivadas de la alta velocidad y de la naturaleza de los modelos.
- El tratamiento de las variaciones térmicas del carril y de los factores meteorológicos durante la fase de construcción.
- Los problemas logísticos emanados de la singularidad de los sistemas y de sus componentes particulares.
- El alto coste de construcción.

Esto se traduce en la búsqueda de un diseño y de un proceso constructivo capaces de lidiar con los factores anteriores y que a la vez sea capaz de mantener un nivel de producción económicamente aceptable.

El diseño y montaje de vía en placa a cielo abierto y a alta velocidad presenta un problemática que va más allá de lo experimentado en túneles, estaciones y tranvías. Las respuestas obtenidas sirven, desde hoy, para cimentar la base de un conocimiento íntegro que permita al ingeniero dar la solución más adecuada. El tramo de ensayo de Las Palmas – Oropesa expandirá en España el horizonte de la vía en placa hacia velocidades por encima de los 200 Km/h y constituye el primer paso hacia un conocimiento de la materia que integre diseño y ejecución.

8. AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Dirección de Obra, por la especial sensibilidad mostrada durante la ejecución de los tramos de ensayo, en cuanto a la calidad final de éstos y por su apoyo a esta Asistencia técnica. También, a la empresa constructora por la colaboración prestada y por el cuidado aplicado en la ejecución de los tramos. Por último, agradecer la colaboración de PEYCO en cuanto a los apoyos de topografía y ensayos de control realizados. ■

BIBLIOGRAFÍA

- TIFSA -Asistencia técnica para el diseño e implantación de la vía sin balasto en Renfe (proyecto V-206). Septiembre de 1998.
- Edilon B. V. -Edilon Product Information Sheet. Junio 2001.
- Pfeleiderer Infrastrukturtechnik. -The slab track system Rheda 2000 – Description of the system. Julio 2001.
- TRANOSA. -Alta velocidad vía sin balasto Stedef (Presentación técnica). 1997.
- German Track Systems Projektgesellschaft mbH. -La vía sin balasto sobre asfalto Getrac. Febrero 2001.
- Deutsche Bahn AG. -Quer und Längsverschiebenbewiderstandsmessungen an der Festen Fahrbahn ATD in Stendal. Auftrags Nr.- 51764, 11.12.1997.
- Deutsche Asphalt GmbH. -ATD La vía en placa sobre capas de asfalto.
- Deutsche Bahn AG. -Catalogue of requirements for the construction of a rigid railway track. Third Edition from 15/10/95.