

construcción de un pavimento rígido de carretera de montaña: el acceso al Valle de los Caídos

ALVARO GARCIA MESEGUER, Dr. ingeniero de caminos
RAFAEL FERNANDEZ SANCHEZ, ingeniero de caminos

sinopsis Se describe la ejecución del pavimento rígido, de hormigón armado, de la carretera M-542, ramal de la C-600 al Valle de los Caídos. En la obra ha intervenido el Servicio de Pavimentos Rígidos (SEPAR) del Instituto Eduardo Torroja, en su doble papel de asesor de la Administración en proyecto y dirección de obra y auxiliar de la contrata (prestación de maquinaria y equipos).

514-59

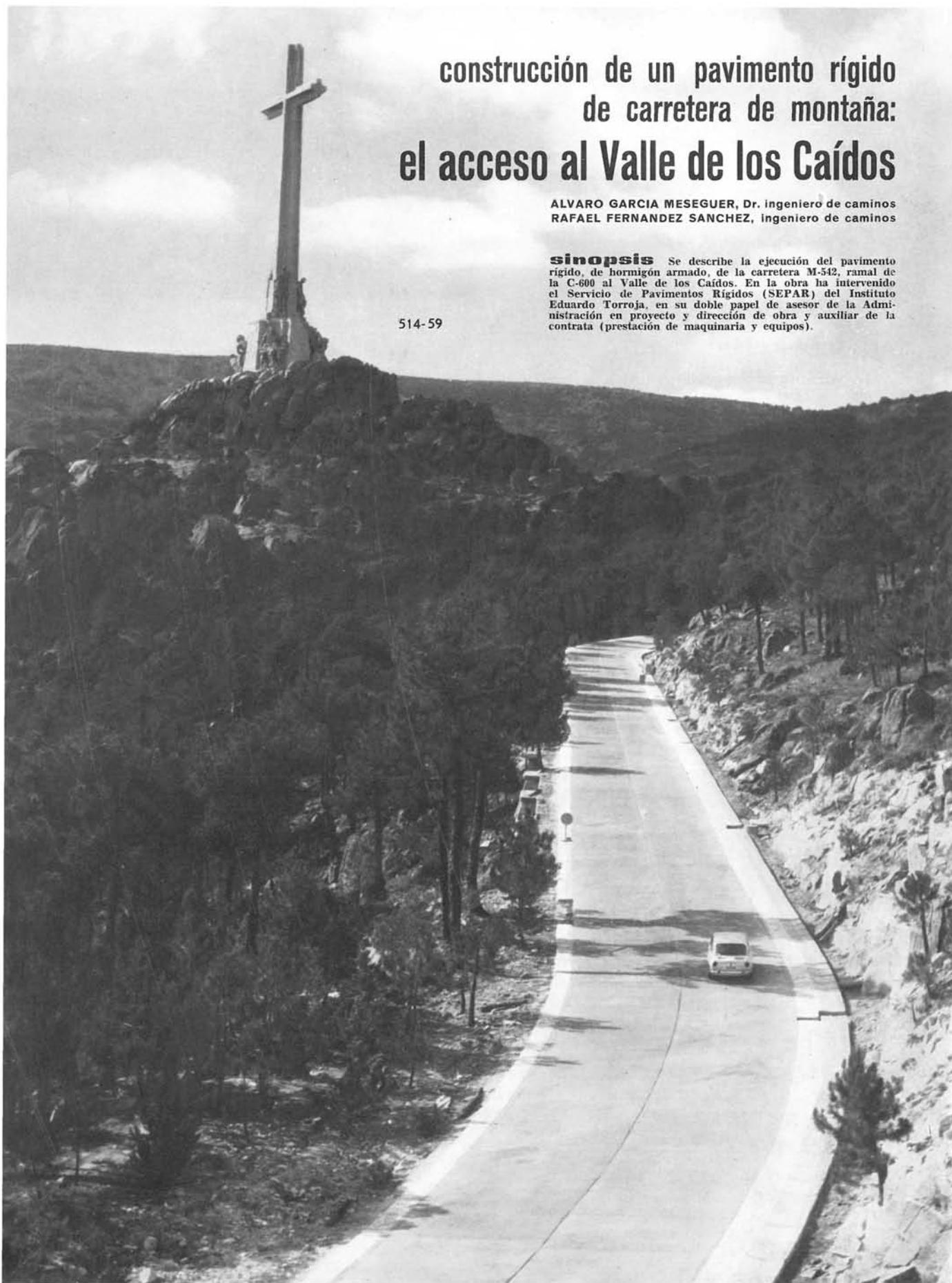


Fig. 1. Un aspecto del pavimento primitivo.



Introducción

La primitiva carretera de acceso a la basílica del Valle de los Caídos se construyó hace unos veinticinco años, en las precarias condiciones propias de la época. El pavimento consistía en un hormigón blindado, que con el transcurso del tiempo, el paso de las cargas y el rigor del clima invernal había ido arruinándose paulatinamente (fig. 1).

Hace unos diez años se efectuó una reparación, que consistió en sustituir los tramos más dañados por un pavimento de hormigón en masa ejecutado a mano. Estos tramos más recientes se comportaron bien en general, en tanto que los antiguos no sustituidos continuaron degradándose. No obstante, las nuevas losas presentaban los defectos propios de una realización manual, principalmente en las zonas de juntas, así como una mediocre regularidad de rodadura (fig. 2).

Por otra parte, la no existencia de un drenaje adecuado había producido hinchamientos y desnivelaciones en algunos puntos. El resultado era un firme irregular, de tránsito incómodo y en progresiva degradación.

En estas circunstancias, la Jefatura de Obras Públicas de la provincia de Madrid redactó un proyecto de renovación del pavimento, manteniendo el criterio de realizarlo en hormigón.

Hay que subrayar esta decisión y aplaudirla, ya que no es fácil hoy por hoy en nuestro país vencer la inercia de nuestros técnicos que les lleva a proyectar y construir siempre pavimentos flexibles, sin considerar siquiera la conveniencia de la solución rígida. No es éste el caso, afortunadamente, de la Jefatura de Madrid, cuya preocupación por el estudio de estos temas —de la que es buena prueba la variante de Torrejón, ya publicada en esta revista (1)— es digna del mayor encomio (2).



Comentario general sobre la solución elegida

Los pavimentos de hormigón son especialmente adecuados en estos casos de carretera de montaña con fuertes pendientes, sometidos a bajas temperaturas en invierno y altas en verano. Es significativo al respecto que países montañosos

- (1) INFORMES DE LA CONSTRUCCION, núm. 204, octubre 1968.
- (2) Entre las personas que más decididamente se encuentran en esta línea hay que destacar a Rafael Ynzenga, Carlos Rubio y sus colaboradores.

Fig. 2. Extracción de probetas-testigo en uno de los tramos antiguos en buen estado.

como Suiza utilicen pavimentos rígidos en la mayoría de estos casos (figs. 3 y 4).

Cuando además de las circunstancias anteriores concurre la de un tráfico pesado muy intenso, el pavimento rígido pasa de ser una solución recomendable a ser una solución obligada. No debe olvidarse que el tráfico pesado en nuestro país es de los más fuertes de Europa, si no el más; y ello no sólo porque la carga legal admitida por eje es la máxima de las europeas (13 toneladas) sino, especialmente, por el índice de frecuencia con que dicha carga es sobrepasada. A título de ejemplo, en la figura 5 se muestra un gráfico referido a un puerto de montaña del norte de España, que fue obtenido por pesada directa de los camiones que pasaron por él un determinado día del verano de 1969. Y en la figura 6 puede apreciarse el estado del pavimento flexible de dicho puerto, en el que la profundidad de las rodadas llega a sobrepasar los 7 centímetros.

No son sólo la capacidad portante e indeformabilidad del pavimento rígido las cualidades que hacen aconsejable su elección para estos casos. Existe también el problema del deslizamiento, al que se otorga en el mundo una importancia creciente, en especial bajo lluvia. Los pavimentos flexibles intentan resolver este problema a base de jugar sólo con los materiales y las proporciones de las mezclas, con lo que no es fácil conseguir solucionarlo sin que queden afectadas otras características cuya buena consecución es igualmente necesaria. En cambio, los pavimentos de hormigón disponen de otra posibilidad adicional, el acabado de su superficie, que es decisiva a los fines que se buscan. Es, en efecto, posible, y muy fácil además, proporcionar al pavimento un estriado óptimo, adecuado a la velocidad específica, pendientes y tipo de tráfico de cada caso particular; con la ventaja adicional de conseguir una rápida evacuación del agua, evitando por completo el efecto-espejo de la luz de los faros en noches de lluvia (fig. 7).

En el caso del Valle de los Caídos, además, dada la índole eminentemente turística de la carretera, el aspecto estético cobra una especial importancia. No entraremos aquí en disquisiciones, que siempre serían opinables, sobre la belleza de las carreteras blancas. Pero sí nos atrevemos a apuntar que, por su color, se adaptan mejor al paisaje circundante (monte alto, verdor, frescura, azul luminoso arriba, todo colores puros) que las de color negro. A este respecto, la fotografía de la figura 8, obtenida cuando faltaba un semiancho por ejecutar, tiene un valor comparativo interesante: hormigón (blanco) versus betún (negro).

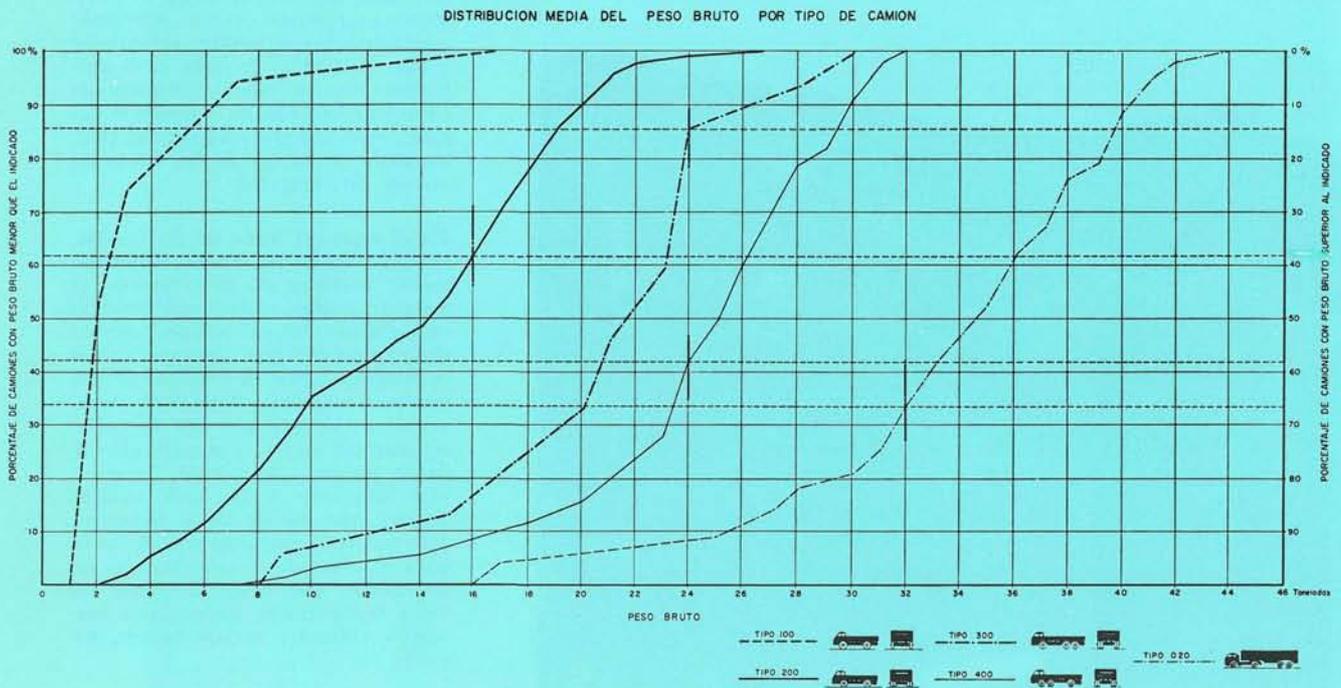
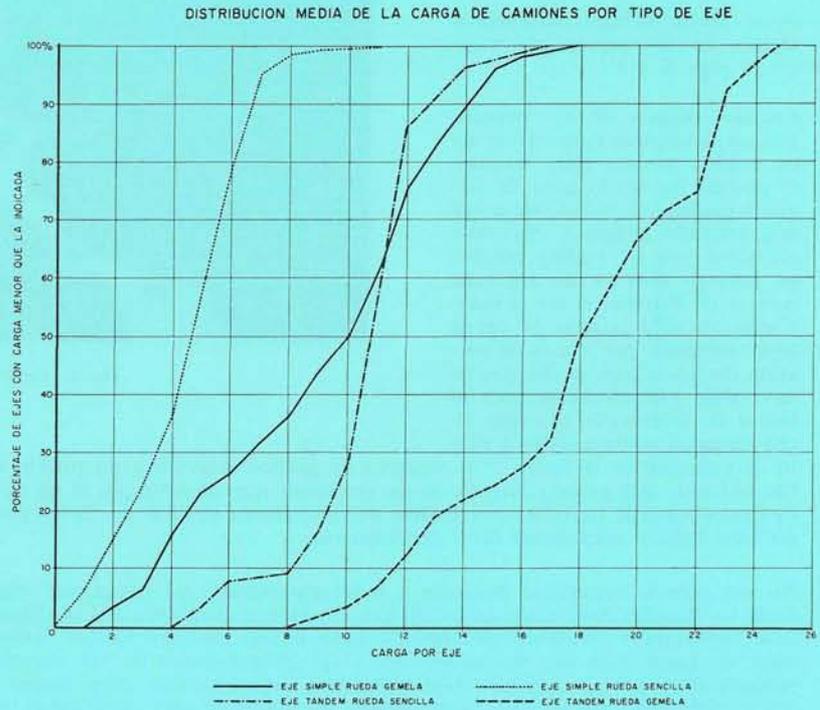


Fig. 3. Carretera de montaña en la zona de Curaglia (Suiza).



Fig. 4. Un tramo del paso del San Gotardo.

Fig. 5. Gráficos de distribución de cargas en un puerto de montaña del norte de España.



Definición del proyecto

La carretera tiene 8,1 km de longitud y 7 m de anchura, con pendientes de hasta un 14 %. Una primera decisión que se adoptó sin vacilaciones fue la de independizar totalmente el nuevo pavimento del antiguo, con objeto



Fig. 6. Rodadas en una rampa de subida del mismo puerto de la figura 5.

de que las losas tuviesen libertad para efectuar los movimientos de contracción, dilatación y combado. Por este motivo, se extendió una capa de aglomerado asfáltico sobre el firme existente, de espesor variable entre 3 y 10 cm, que se aprovechaba además para corregir los peraltes existentes, de valor excesivo en muchos casos. En algunas zonas de pavimento antiguo en muy mal estado, se levantó éste y se colocó grava-cemento. También se usó grava-cemento como base en aquellos puntos en que era imposible elevar la rasante por encima de la antigua.

Parte principal de la reforma consistió en la disposición de un completo sistema de drenaje y el acondicionamiento de cunetas y arceles (fig. 9). Estos últimos elementos se proyectaron prefabricados con piezas de cemento blanco, solución que nos parece un acierto porque, aparte de su funcionalismo principal perfectamente adecuado al caso, constituye una buena protección de los bordes de la losa del pavimento y proporciona una señalización del conjunto eficaz y agradable (figs. 10 y 11).

El pavimento propiamente dicho consta de una losa de hormigón de 22 cm de espesor, armado con mallazo de 10×30 cm de luz de malla y barras longitudinales de 7,5 mm de diámetro y transversales de 6 mm. La presencia del mallazo proporciona un excelente control de fisuración, factor que era primordial en esta obra, ya que, dada su ubicación, las diferencias de temperatura a lo largo de las 24 horas del día era importante. Durante la construcción vino luego a demostrarse este hecho, ya que no aparecieron fisuras prematuras en las losas y las juntas pudieron serrarse cómodamente.

Este efecto estabilizador del mallazo se debe también a la disminución que proporciona en el valor de la retracción. Su empleo es, por ello, recomendable en todos estos casos de carretera de montaña, aun cuando exija una utilización de maquinaria adicional de puesta en obra, ya que entonces debe hormigonarse en dos capas.

Al ejecutarse el pavimento por semianchos (lo que venía obligado al necesitarse espacio no sólo para el paso del tráfico de obra, sino para una circulación del tráfico general), la junta longitudinal era una junta de construcción. Las transversales se dispusieron cada 7 m en los tramos rectos y cada 4,5 m en los tramos curvos, dada la pequeñez de radio de muchos de ellos. A la entrada y a la salida de estas curvas cerradas se disponían juntas de dilatación, y, en ciertos casos de gran recorrido angular y pequeño radio, también en el centro de las curvas.

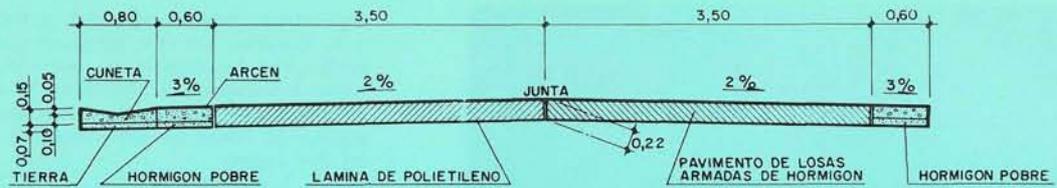


Fig. 7. Estriado de profundidad media, con cepillo de P.V.C.



Fig. 8. Vista general, con media calzada hormigonada.

Fig. 9. Sección transversal del pavimento.



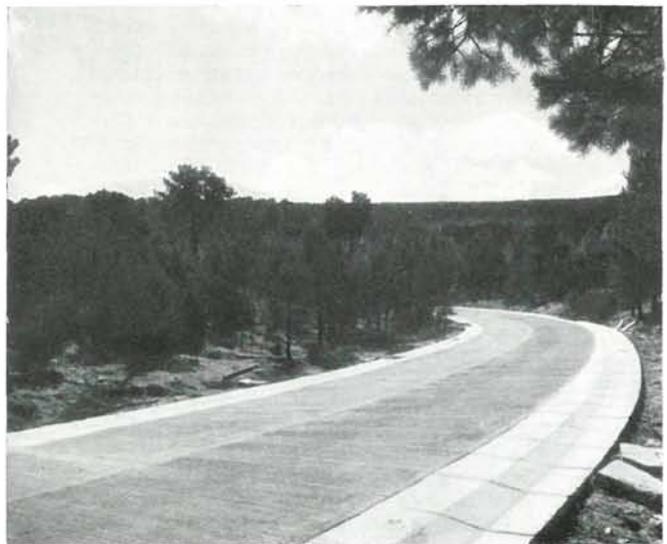
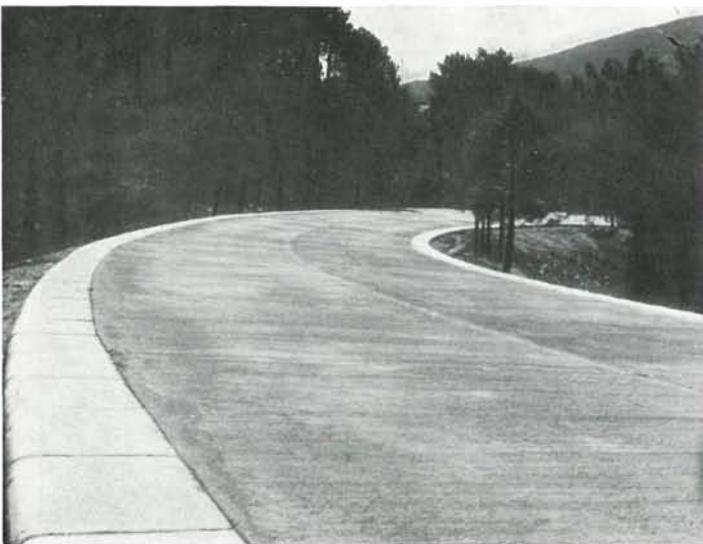
Una singularidad del proyecto de estos pavimentos de montaña la constituyen los estribos o macizos de contención que se disponen al pie de las rampas fuertes de gran longitud y que tienen un gran interés, especialmente cuando el trazado es tal que el empuje del pavimento en pendiente no resulta contenido, sino que se ejerce contra el vacío. Estos macizos tienen entonces la misión de contener esos esfuerzos (figura 12). Por otra parte, como los tramos en rampa ejercen todos sus movimientos (térmicos o de otro tipo) no de un modo simétrico, sino presionando contra el punto bajo —es decir, con tendencia a descolgarse— es obligado disponer una junta de dilatación en su parte alta, prevista para alcanzar la abertura necesaria.

En la figura 13 pueden verse unos esquemas de las juntas empleadas, que son análogas a las ya experimentadas con éxito en obras anteriores.

Materiales y dosificación

El Pliego de Condiciones de la obra exigía el uso de una arena natural silícea, áridos de machaqueo, contenido en aire ocluido superior al 3,5% y unas resistencias mecánicas que permitiesen la apertura al tráfico de los nuevos tramos a los 7 días de hormigonados.

Figs. 10 y 11. Bordillos y cunetas, prefabricados en cemento blanco.



Figs. 12 y 13. Croquis de juntas y de macizos de contención.

Con los distintos tipos de áridos disponibles (fig. 14) se realizó en el Instituto Eduardo Torroja un estudio de laboratorio para establecer la dosificación óptima, con vistas a alcanzar las resistencias exigidas a los 7 días de edad, compatibles con el uso de aireante y con la consistencia idónea para una buena colocación con el tren de hormigonado.

Las resistencias que se querían obtener a los 7 días eran las que normalmente se exigen en el Pliego de Pavimentos Rígidos a los 28 días, es decir, 40 kp/cm² en flexotracción y 340 kilopondios/cm² en compresión sobre los medios prismas procedentes del ensayo en flexotracción.

Los áridos usados en las distintas dosificaciones que se estudiaron en laboratorio (fig. 15) han sido los siguientes:

Curva I

Arena del Alberche y áridos calizos I.

Curva II

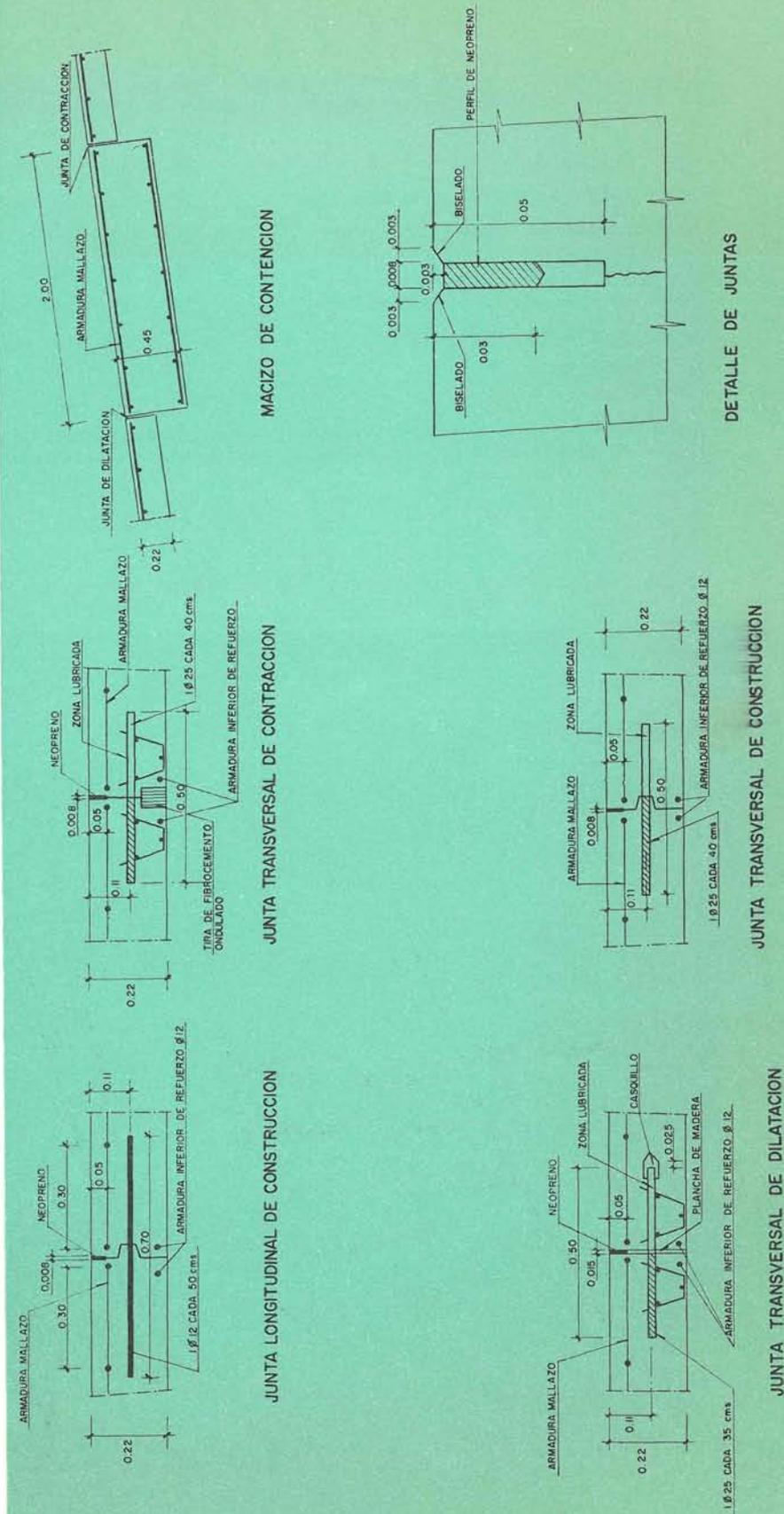
Arena del Jarama y áridos calizos I.

Curva III

Arena del Jarama y áridos calizos II.

Curva IV

Arena recompuesta y áridos calizos III.



Con cada tipo de curva se han estudiado variantes a base de distintos aditivos, para ver cuál se adaptaba mejor a los áridos elegidos. Así, se realizaron amasadas de prueba con los tipos siguientes:

- | | |
|--|---|
| I.a. Sin aditivos. | III.b. Con Pozzoloth (2 ‰) e Inclair (1 ‰). |
| I.b. Con Pozzoloth (2 ‰) e Inclair (1 ‰). | III.c. Con Frioplast PCH-4 (2 ‰). |
| I.c. Con Frioplast PCH-4 (2 ‰). | III.d. Con Plastiment (5 ‰) y Sika Aer (0,4 ‰). |
| II.a. Sin aditivos. | IV.a. Con Frioplasts PCH-4 (2 ‰). |
| II.b. Con Pozzoloth (2 ‰) e Inclair (1 ‰). | IV.b. Con Pozzoloth (2 ‰) e Inclair (2 ‰). |
| II.c. Con Frioplast PCH-4 (2 ‰). | IV.c. Con arena caliza y Frioplast PCH-4 (2 ‰). |
| III.a. Sin aditivos. | |

El cemento usado ha sido Portland Valderribas P-350, y la dosis se fijó invariablemente en 350 kg/m³. En la tabla I figuran las dosificaciones estudiadas, y en la tabla II se muestran los resultados medios obtenidos.

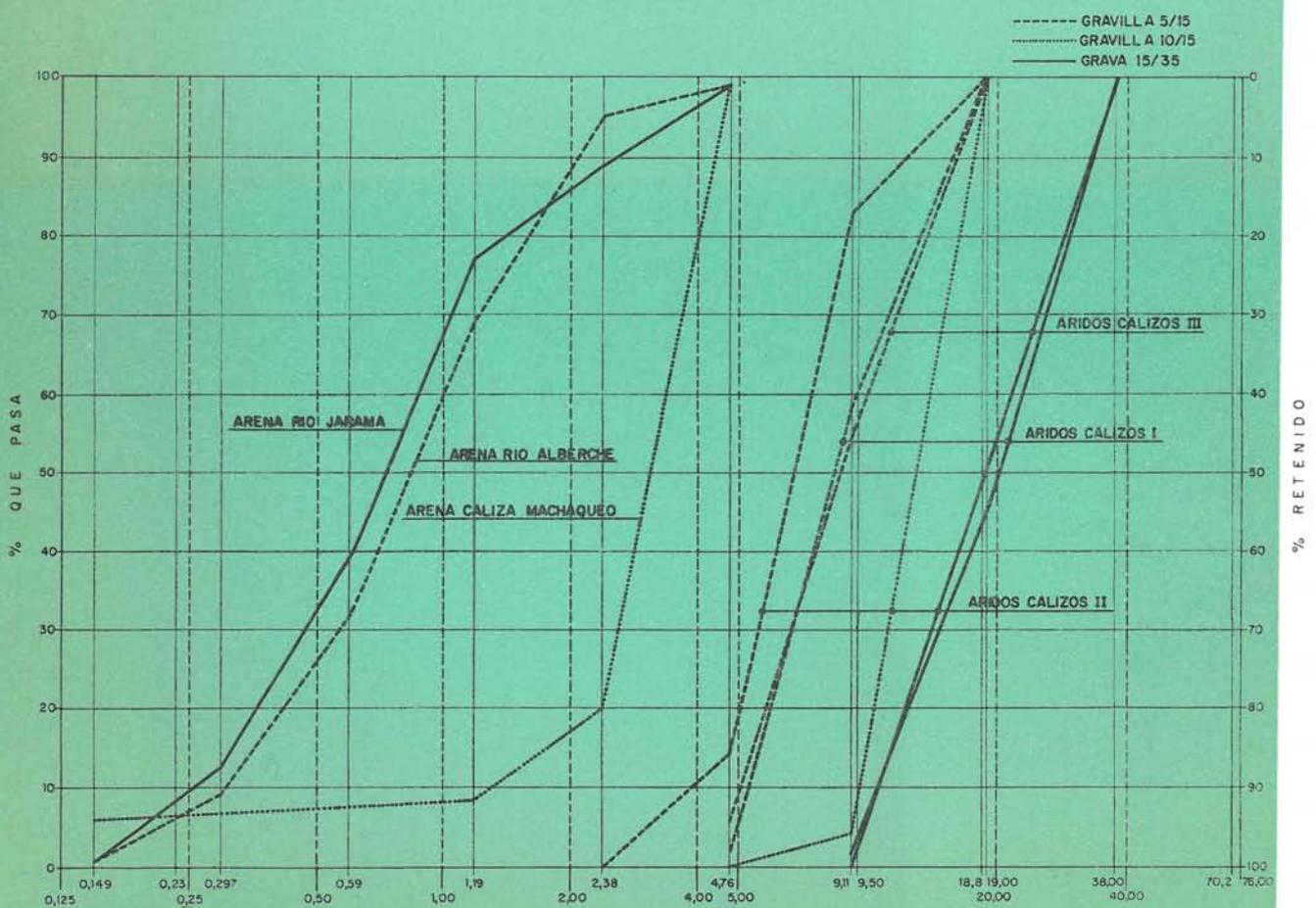


Fig. 14. Curvas granulométricas de los áridos disponibles.

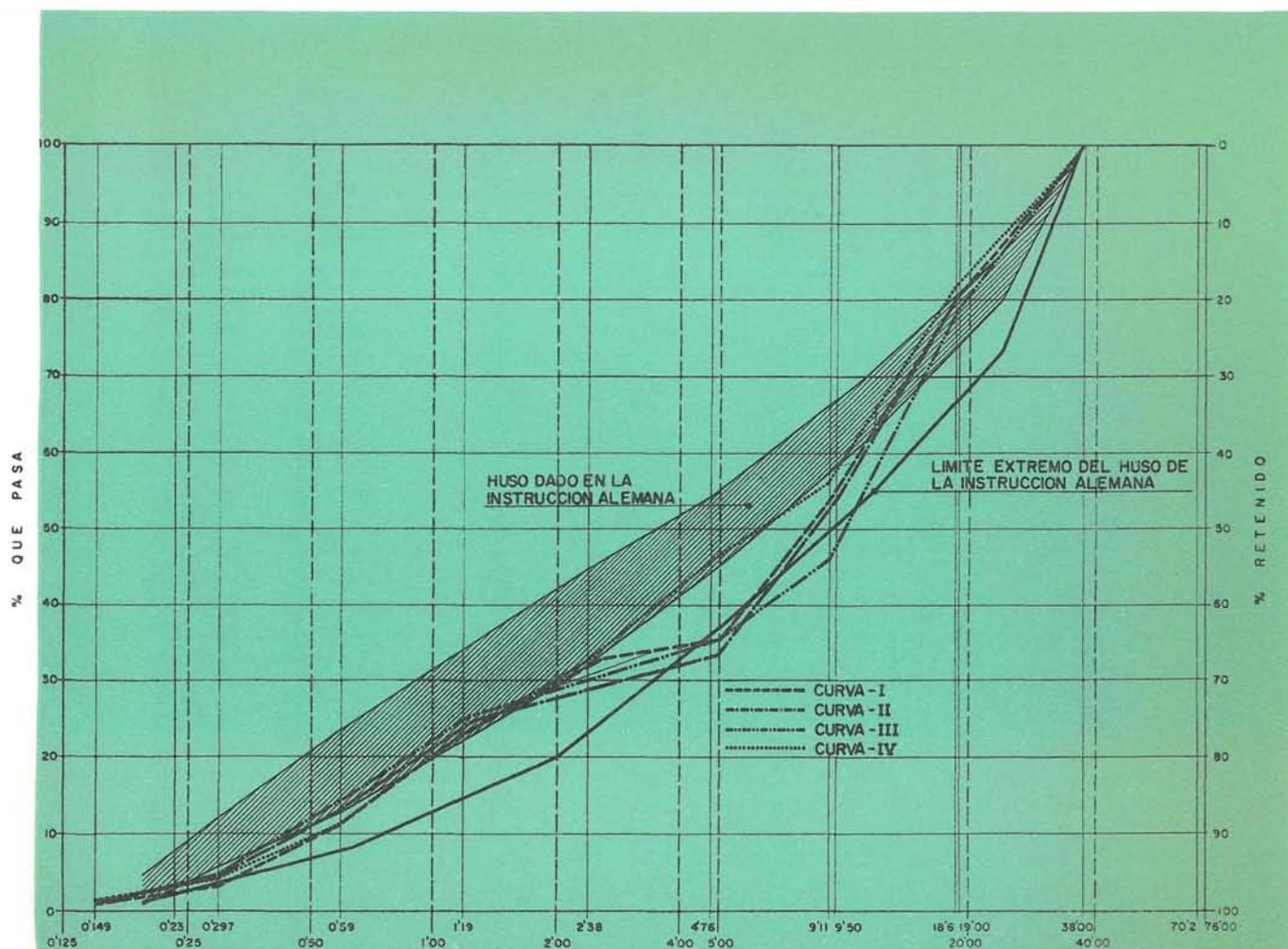


Fig. 15. Dosificaciones base estudiadas.

TABLA I

	Grava 15/35 kg	Gravilla 5/15 kg	Gravilla 10/15 kg	Arena 0/5 kg	Arena 2/5 kg	Cemento kg	Agua kg	Aditivos	Relación a/c
I.a	680	610	—	660	—	350	165	No	0,470
I.b	680	610	—	660	—	350	150	Pozzolith - Inclair	0,430
I.c	680	610	—	660	—	350	150	Frioplast	0,430
II.a	660	660	—	640	—	350	165	No	0,470
II.b	660	660	—	640	—	350	150	Pozzolith - Inclair	0,430
II.c	660	660	—	640	—	350	150	Frioplast	0,430
III.a	755	236	236	666	—	350	180	No	0,515
III.b	755	236	236	666	—	350	150	Pozzolith - Inclair	0,430
III.c	755	236	236	666	—	350	162	Frioplast	0,465
III.d	755	236	236	666	—	350	150	Plastiment - Sika Aer	0,430
IV.a	655	380	—	540	290	350	155	Frioplast	0,44
IV.b	655	380	—	540	290	350	155	Pozzolith - Inclair	0,44
IV.c	655	380	—	590	250	350	153	Frioplast	0,44

TABLA II

	Asiento en cono — cm	Tiempo de compactación en segundos — Vebe	Aire ocluido — %	Densidad — gr/cm ³	Resistencia media a flexotracción — kp/cm ² (1)	Resistencia media a compresión — kp/cm ² (1)
I.a	—	26	0,9	—	36,0	269
I.b	—	42	2,6	—	37,2	274
I.c	—	45	3,6	—	29,0	294
II.a	—	32	0,9	—	34,4	278
II.b	—	55	2,0	—	28,0	304
II.c	—	55	2,0	—	35,0	307
III.a	4,0	6	1,0	2,3	42,8	242
III.b	2,0	10	4,7	2,3	53,0	387
III.c	5,0	5	5,2	2,3	31,0	173
III.d	2,5	8	4,5	2,3	57,0	404
IV.a	0,5	10	3,9	2,4	55,3	442
IV.b	1,0	7	2,5	2,4	53	403
IV.c	0,8	14	3,6	2,4	56,1	410

(1) A 7 días de edad.

A la vista de estos resultados, se tomaron las decisiones siguientes:

Arena.—Es un factor que no ha influido prácticamente. Por motivos de suministro, la empresa constructora eligió la arena del Alberche.

Áridos.—Los áridos tipo I fueron rechazados por experimentar una pérdida de peso del 25,3 % al ser sometidos a 5 ciclos de sulfato magnésico (el máximo permitido es el 18 %) y tener un contenido en finos del 5,1 % (el máximo autorizado es el 1 %).

Los tipos II y III son de características similares y cumplen las condiciones exigidas en el Pliego. La empresa decidió adoptar el tipo III.

Aireantes.—Resultados satisfactorios se han alcanzado con el Frioplast PCH4, con una relación agua/cemento menor de 0,44. Este fue, por tanto, el aireante elegido para la obra, haciendo la recomendación de que se extremase la vigilancia sobre la dosis de agua, ya que, según se desprende de los resultados obtenidos con la dosificación III.c, las resistencias bajan sensiblemente al aumentar la relación agua/cemento.

El contenido de aire ocluido alcanzado es de un 4 %, valor que ha sido difícil superar dado el tipo de árido.

Curva granulométrica del hormigón

Las dosificaciones I, II y III se estudiaron adaptándose a la parábola de Fuller y la IV al huso de la Instrucción Alemana de Pavimentos Rígidos. Para conseguir esta última, era preciso recomponer la arena o añadir arena caliza de machaqueo en la fracción 2/5. La obra se comenzó con esta última solución, pero debido a que la fracción 2/5 llegaba con muchos finos procedentes del machaqueo (lo que producía el clásico «hormigón gomoso», de muy difícil compactación con el tren de hormigonado), hubo que abandonar esta curva y se pasó definitivamente a la número III, que proporcionó buenos resultados.

Descripción general de la ejecución

Fabricación y transporte del hormigón

El hormigón se fabricaba en una central Lambert (fig. 16) de funcionamiento automático, provista de hormigonera de eje vertical y con capacidad de producción de 25 m³/hora. Este volumen horario equivale a una longitud de semibanda (3,50 m de anchura) igual a 32 m, lo que significa que la marcha de avance del tren de hormigonado, a pleno rendimiento de la central, es de medio metro por minuto. Esta velocidad puede considerarse como la mínima admisible para conseguir que la terminadora diagonal no se detenga en su trabajo, condición ésta que asegura una perfecta nivelación del pavimento, sin discontinuidades apreciables en la rodadura.

Las consideraciones anteriores justifican la regla práctica siguiente: **Para obtener buenos resultados con el tren de hormigonado de semianchos, se precisa una central de capacidad mínima de 25 a 30 m³ por hora.**

Volviendo al caso que nos ocupa, diremos que también en esta obra la velocidad de avance vino impuesta por la capacidad de la central. Habida cuenta de que los rendimientos prácticos en obra nunca alcanzan el valor teórico, puede considerarse que el avance medio conseguido —del orden de 160 m diarios en jornada de diez horas— es satisfactorio, dadas las dificultades del trazado. A menudo se alcanzaron los 250 m, siendo el máximo diario conseguido de 285 metros.

En cuanto al transporte, se efectuaba en dos camiones de descarga trasera y seis de descarga lateral, los cuales volcaban directamente sobre la base (para la capa inferior) o sobre el cubo de la extendidora (capa superior), según correspondiese.

La central estaba situada en el punto más alto del recorrido, por lo que la distancia de transporte era apreciable y el hormigón se veía afectado de algún modo en sus características durante el mismo. No se adoptó la medida de precaución aconsejable para estos casos de proveer a los camiones con lonas de cobertura de los amasijos. Esta falta, aunque de carácter leve, tuvo su reflejo en la marcha del tren de hormigonado, que no siempre pudo ser todo lo uniforme que se requiere para obtener resultados impecables.

Puesta en obra del hormigón

Las piezas de encofrado, de 20 cm de altura, se colocaban sobre lecho de mortero pobre de 2 cm de espesor para conseguir el canto de losa deseado. El equipo existente hasta entonces en el SEPAR comprendía sólo piezas de encofrado de 3 m de longitud y fue necesario preparar otras de 1,5 m para poder adaptarse a las curvas de pequeño radio del trazado.



Fig. 16. Central de hormigonado Lambert, de 25 m³/hora.

Una vez puesto el encofrado, se colocaba sobre la base una lámina de polietileno. Esta precaución era, quizás, innecesaria en este caso, ya que la base estaba constituida por un aglomerado asfáltico perfectamente impermeable y bien nivelado y compactado; pero, dada la escasa repercusión económica del polietileno, merecía la pena añadir este elemento favorable al libre juego de las losas sobre su cimiento.

Sobre el polietileno se colocaban los caballetes metálicos y material de reserva de las juntas (figura 17), con lo que la superficie quedaba preparada para recibir el hormigón. Sin embargo, dado que los camiones de vuelco trasero tenían que entrar por la semibanda a hormigonar, este tajo no podía llevarse adelantado.

El tren de hormigonado, perteneciente al SEPAR, estaba compuesto por las siguientes máquinas:

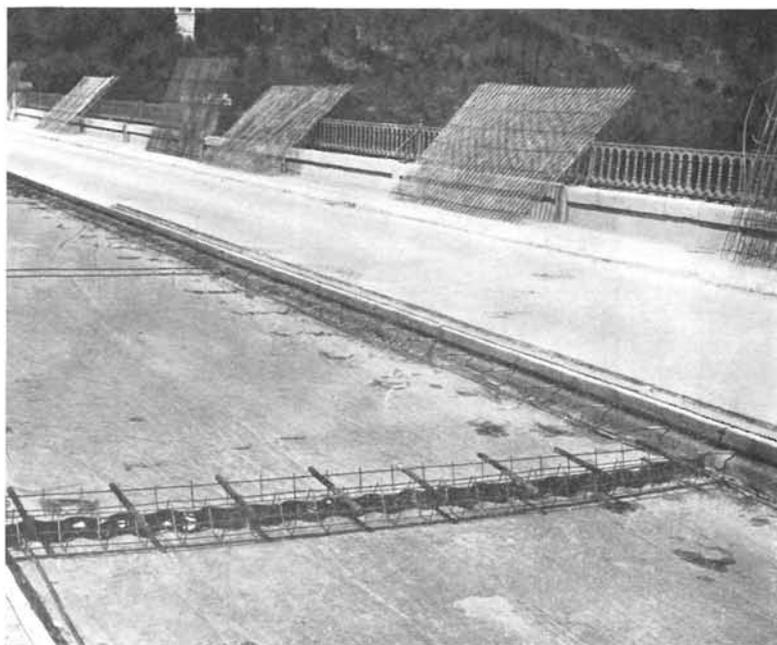
- una extendedora de paleta, marca Vögele, que extendía la capa inferior (fig. 18);
- una extendedora de cubo, marca ABG, que extendía la capa superior después de colocado el mallazo (fig. 19);
- una compactadora-terminadora transversal, marca ABG (fig. 20);
- una terminadora diagonal, marca ABG (fig. 21);
- un cuchillo vibrante para juntas en fresco, marca ABG (fig. 21).

Como puede observarse, aunque el hormigón se extendía en dos capas, se compactaba de una sola vez, siendo la distancia entre ambas extendedoras de 6 a 15 m normalmente. El compactar de una sola vez tiene la ventaja de garantizar una absoluta homogeneidad del conjunto del hormigón, pero tiene el inconveniente de dificultar la regularidad del acabado, al ser más difícil conseguir que la densidad de extendido (factor fundamental para una buena terminación) sea homogénea en todos los puntos. No cabe duda, por ello, que es mejor solución compactar independientemente ambas capas, con la proximidad necesaria para no perder el absoluto monolitismo del conjunto. Pero esta disposición no pudo adoptarse por no poseer el SEPAR más que una sola compactadora-terminadora transversal del ancho en cuestión (1).

El acabado final se daba a mano, con cepillo de púas vegetales. Posteriormente a esta obra, se han puesto a punto cepillos de cerdas de P.V.C., con los que se consiguen texturas más energicas, apropiadas para carreteras de montaña de tráfico pesado (fig. 7).

Después del acabado se esparcía, con un aparato manual provisto de un pequeño motor, el producto de curado y se cubría el hormigón con un tren de tejadillos (fig. 22). Esta última precaución es fundamental, y es justo destacar y aplaudir aquí la actitud energética de la Administración, que llegó a parar la obra en algún momento de los comienzos por no haberse atendido debidamente este extremo. Sin duda que ello contribuyó a la buena calidad del resultado final.

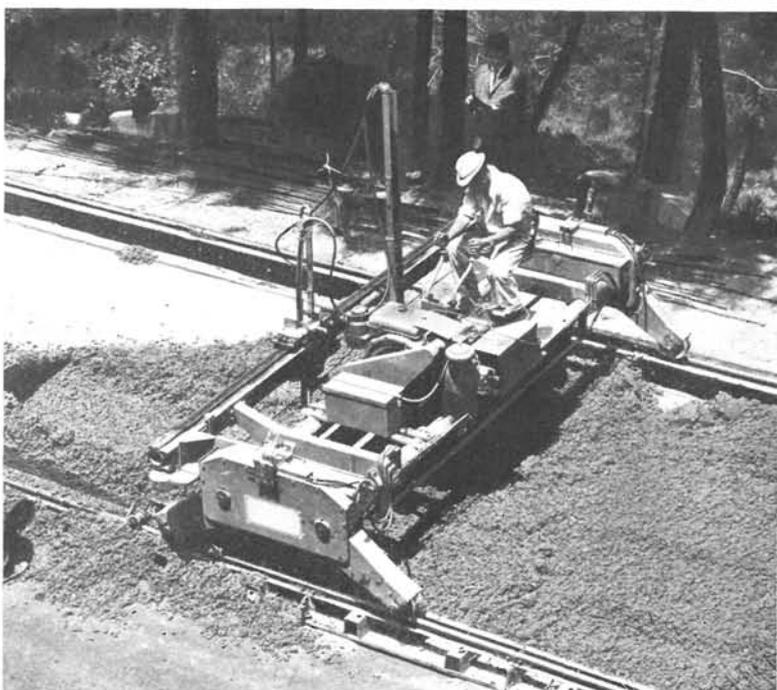
(1) Se proyecta la adquisición de otra máquina con motivo de la próxima pavimentación de una carretera de montaña, hoy en proyecto.



Desencofrado y ejecución de juntas

Nada de particular que reseñar en las operaciones de desencofrado, un poco más dificultosas en el borde correspondiente al centro de la calzada debido a la presencia de las barras de anclaje entre bandas y de la ranura longitudinal que asegura el enlace de dichas bandas (fig. 17). Estas operaciones se realizaron con cuidado suficiente y satisfactorio resultado.

En cuanto a las juntas transversales de contracción, se realizaron en general serradas sobre el hormigón endurecido. Cuando las condiciones previstas de temperatura así lo aconsejaban, se vibraban juntas cada 42-60 m, colocando tiras de poliuretano para su obturación provisional (fig. 23) que posteriormente se eliminaban por serrado con disco de carborundo. Gracias a la existencia de armadura se pudieron espaciar tanto estas juntas vibradas, sin que apareciesen fisuras intermedias.



La ejecución de las juntas serradas fue muy sencilla con disco de diamante, dada la buena serrabilidad del árido calizo. Es interesante hacer notar que el rendimiento de los discos fue en esta obra del orden de veinte veces mayor que en la de Torrejón, que se ejecutaba simultáneamente y en la que el árido era silíceo.

La realización de las juntas de dilatación resultó más engorrosa y menos satisfactoria. No fue fácil, en efecto, conseguir una absoluta inmovilidad de la reserva inferior de madera al paso de las máquinas; y tampoco lo fue conseguir un buen acabado en las proximidades de la junta, ya que la terminadora dia-



Fig. 17. Junta de contracción de tipo tradicional, con fibrocemento ondulado y pasadores.

Fig. 18. Extendedora de paleta distribuyendo el hormigón de la capa inferior.

Fig. 19. Extendedora de cubo distribuyendo el hormigón de la capa superior.



Fig. 20. Compactadora-terminadora transversal.

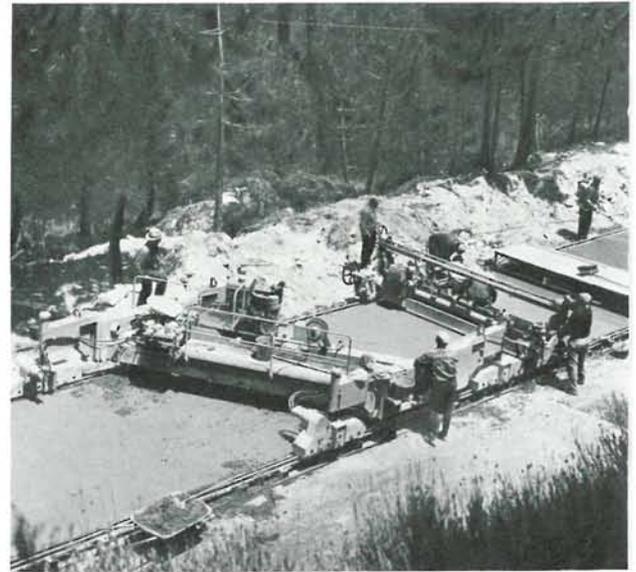


Fig. 21. Terminadora diagonal y cuchillo vibrante.

gonal solía mover el berenjeno superior que se clavaba a la reserva inferior después de extendida la primera capa. Por nuestra parte, estamos convencidos de que llevando compactación independiente de ambas capas se habrá de paliar mucho este problema.

Respecto a la junta longitudinal de construcción, una vez endurecida la segunda banda surge una pequeña fisura rectilínea sobre la cual se sierra sin ningún problema. Esta es la mejor forma de ejecución y así se hizo en esta obra.

La obturación definitiva de todas las juntas se realizó con neopreno, efectuando antes un biselado de bordes (figura 24) y las labores de limpieza oportunas. Todas estas técnicas se dominan hoy por completo y el resultado fue tan bueno como se esperaba.

La práctica del biselado no es universal y hay quien opina que no resulta necesaria en los casos ordinarios. Ello depende, a nuestro juicio, de la anchura de la junta y nos parece interesante efectuar la prueba de suprimirla. No cabe duda de que ello simplificará la ejecución y abaratará algo el costo final del pavimento.



Fotos: B. GUTIERREZ y TRESFO

Fig. 22. Reparto del producto de curado y tren de tejadillos.



Fig. 25. Colocación de tiras de polietileno en una junta tirada.



Fig. 26. Biseleado de bordes actuando sobre una junta transversal.

Resistencia obtenidas

Las resistencias medias obtenidas a lo largo de la obra han sido las siguientes:

Resistencia a tracción pura (ensayo brasileño)	29,3	kp/cm ² a 7 días
Resistencia a flexotracción sobre prismas	52,6	kp/cm ² a 7 días
Resistencia a flexotracción sobre prismas	63,3	kp/cm ² a 28 días
Resistencia a compresión sobre medios prismas	320	kp/cm ² a 7 días
Resistencia a compresión sobre medios prismas	360	kp/cm ² a 28 días
Resistencia a compresión sobre cilindros	255	kp/cm ² a 7 días
Resistencia a compresión sobre cilindros	316	kp/cm ² a 28 días

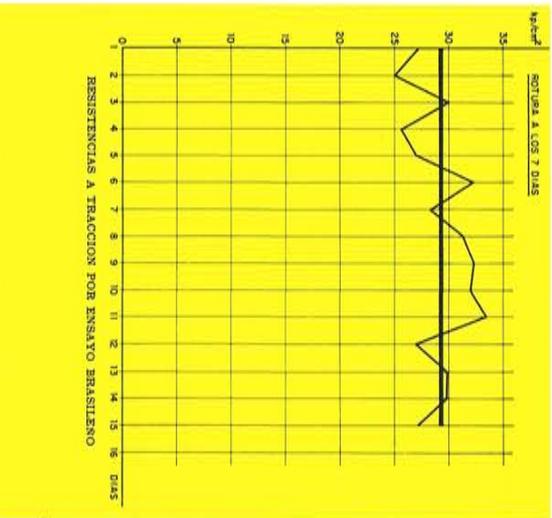


Fig. 25. Gráficos de variación de resistencias obtenidas en los primeros días de la obra.

En los gráficos de la figura 25 puede verse la variación de resistencias a lo largo de la obra.

Mano de obra empleada

Aparte de los maquinistas del SEPAR, la mano de obra necesaria que dispuso la empresa constructora fue la siguiente:

Central de hormigonado
2 maquinistas y 4 peones.

Transporte
8 conductores.

Encofrado y desencofrado
8 peones.

Colocación de polietileno y juntas
4 peones.

Tren de hormigonado

- 4 maquinistas (SEPAR);
- 4 peones auxiliando en la descarga y extendido;
- 2 peones en la colocación de mallazo;
- 4 peones auxiliando en las terminadoras;
- 1 peón en cepillado;
- 1 peón en extendido del producto de curado;
- 3 peones en movimiento de tejadillos.

Serrado y obturación de juntas

- 1 maquinista (SEPAR);
- 3 peones.

Costes

El precio de coste directo del pavimento terminado ha sido del orden de 500 ptas./m², con el siguiente desglose porcentual aproximado:

Equipo y medios auxiliares	20,0
Cemento	17,0
Aridos y aditivos	15,0
Acero en mallazo	14,0
Ejecución de juntas, incluido neopreno	10,0
Mano de obra	3,5
Acero en juntas	2,0
Armaduras de borde	1,0
Curado	0,5
Fibrocemento en juntas	100,0

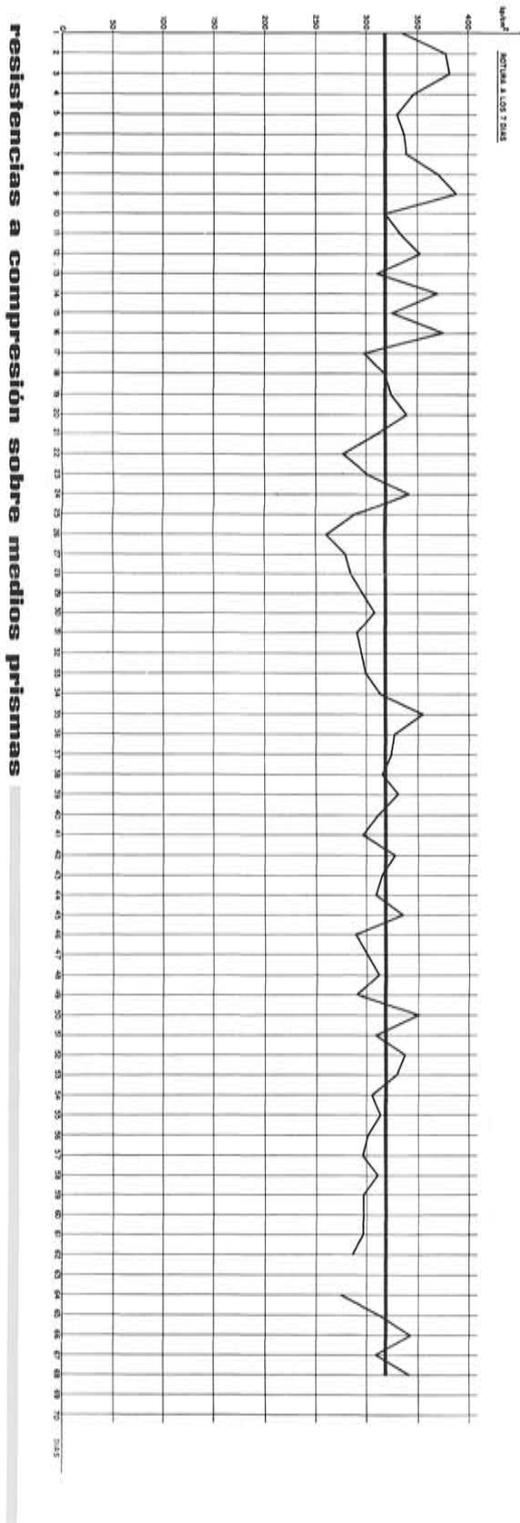
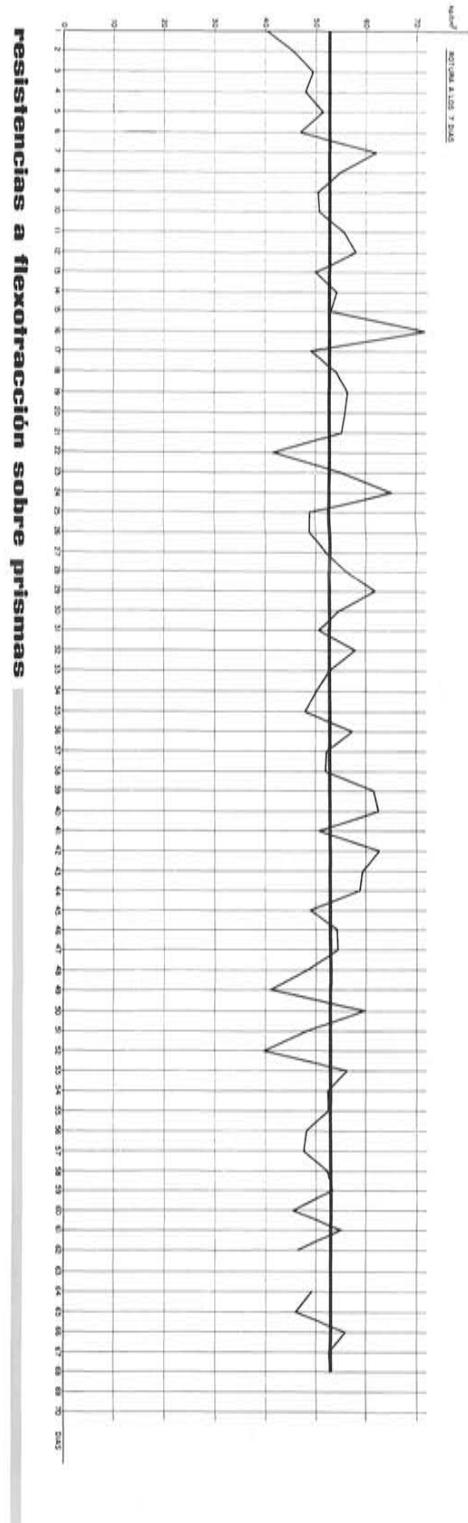




Fig. 26. Carretera del Valle (izqda.) y carretera Berna-Biel (dcha.).

La intervención del Instituto Eduardo Torroja en esta obra, a través del servicio SEPAR, ha supuesto 30 ptas./m², es decir, un 6 % del coste del pavimento.

La repercusión en el coste del equipo más las juntas ha supuesto un 38 %, frente a un 48,5 % que supuso en la obra de Torrejón. Ello confirma el comentario que hacíamos sobre este punto en nuestro anterior artículo (1).

Consideraciones finales

La obra se construyó en los meses de mayo, junio, julio y agosto de 1968 por la empresa Colomina G. Serrano, a la que hay que agradecer el interés y buena disposición que mostró en todo momento, consiguiendo un resultado final muy aceptable. Queda así demostrado, una vez más, que no es difícil construir un buen pavimento de hormigón aun cuando no posea el constructor una gran experiencia anterior en este tipo de firmes.

Nos parece interesante, por último, incluir una fotografía de la carretera suiza de Berna a Biel, de 9 m de anchura, que discurre por un paisaje muy parecido al del Valle de los Caídos (fig. 26). En dicha carretera son más aparentes las juntas por haber sido selladas con productos bituminosos, es decir, con técnica más antigua. En cambio, las rayas discontinuas de pintura blanca ofrecen un aspecto muy agradable, de mejor visibilidad y estética que las que se consiguen con pintura amarilla.

(1) INFORMES DE LA CONSTRUCCION, núm. 204, octubre 1968.

Exécution d'un revêtement rigide pour route en montagne: l'accès au "Valle de los Caídos" (Espagne)

Alvaro García Meseguer, Dr. ingénieur des Ponts et Chaussées
Rafael Fernández Sánchez, ingénieur des Ponts et Chaussées

Cet article décrit l'exécution du revêtement rigide, en béton armé, pour la route M-542, qui donne l'accès au «Valle de los Caídos» situé dans la province de Madrid. Aux travaux d'exécution a participé le Service des Revêtements Rigides (SEPAR) de l'Institut Eduardo Torroja, dans son double rôle de conseiller de l'Administration pour le projet et direction technique des travaux et d'auxiliaire de l'entrepreneur (apport d'équipement mécanique).

Construction of a Stiff Mountain Road Pavement: the Access to the Valley of the Fallen.

Alvaro García Meseguer, Dr. civil engineer
Rafael Fernández Sánchez, civil engineer

This article describes the construction of the reinforced concrete stiff pavement of road M-542, a side road to road C-600, leading to the Valley of the Fallen. This project has been carried out with the collaboration of the Stiff Pavement Section (SEPAR) of the Eduardo Torroja Institute, operating in their double role of advisers to the Public Administration in the design and site management of the project, and as participants in the actual construction contract, by lending machinery and skilled personnel.

Konstruktion eines festen Strassenbelags im Gebirge: Zugang zum Tal der Gefallenen (Valle de los Caídos)

Alvaro García Meseguer, Dr. Tiefbauingenieur
Rafael Fernández Sánchez, Tiefbauingenieur

Es wird hier die Durchführung des festen Strassenbelags aus Eisenbeton beschrieben auf der Landstrasse M-542, Abzweigung der C-600 zum Tal der Gefallenen hin. An den Bauarbeiten beteiligt war der Servicio de Pavimentos Rígidos (SEPAR) vom Institut Eduardo Torroja in seiner doppelten Funktion als Berater der Administration für Planung und Bauleitung und als Helfer der Baufirma (Verleihung von Maschinen und Ausrüstungen).