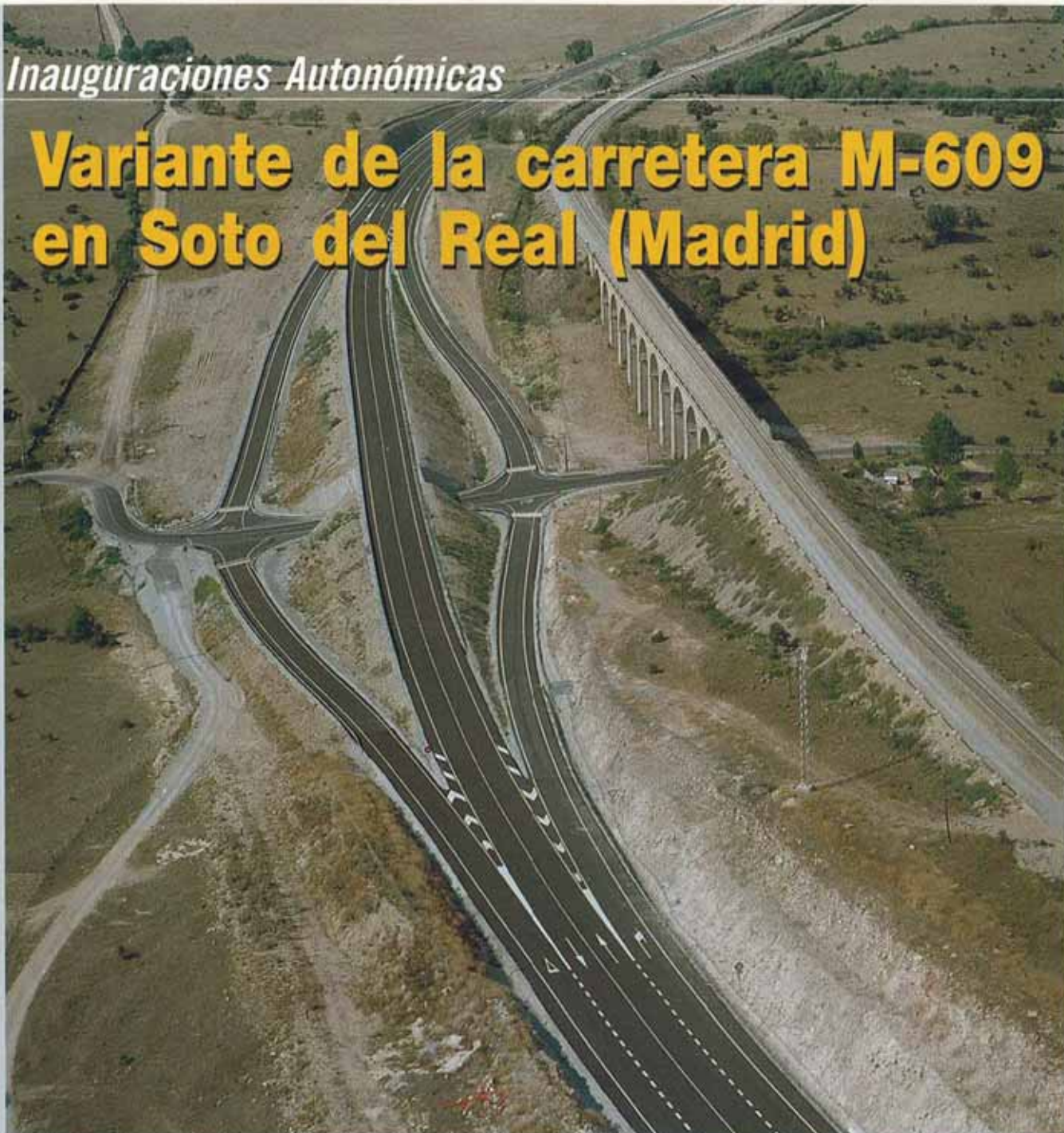


Variante de la carretera M-609 en Soto del Real (Madrid)



Director de obra (C.A.M.): Enrique del Amo Sanz, Ingeniero C.C. y P.;

Jefe de obra (Dragados, S.A.):

Daniel Ruiz Andújar, Ingeniero C.C. y P.

Localización

La zona en la que se ubica el proyecto está situada en el término municipal de Soto del Real, excepto la parte final del trazado que penetra ligeramente en el término municipal de Miraflores de la Sierra. Ambos municipios están situados en el cuadrante Norte de la Comunidad de Madrid.

La altitud media de la zona es de

aproximadamente 900 m, y se encuentra situada a unos 40 km de Madrid capital.

La población de Soto del Real está comunicada mediante cuatro carreteras con las poblaciones de Colmenar Viejo, Guadalix de la Sierra, Miraflores de la Sierra y Manzanares el Real. Estas carreteras son las siguientes:

- M-609: de Colmenar a Soto del Real.
- M-608: De Manzanares el Real a Guadalix de la Sierra, atravesando Soto del Real.
- M-611: De Soto del Real a Miraflores de la Sierra.

Además, la carretera M-862 conecta las carreteras M-609 y M-608 al sur de Soto del Real.

La M-609, a su paso por Soto del Real, presenta unas características propias de un tramo urbano, con un trazado sinuoso en el que existen diversos estrechamientos que sólo permiten el paso de un vehículo por sentido; intersecciones, varias de ellas glorietas, controladas por semáforos; y numerosos cruces de calles sin ningún control de acceso.

El terreno está formado por materiales muy competentes (neises), con una irregular cobertura de depósitos sueltos procedentes de su alteración,



lo que hace que, en muchos puntos, el aspecto masivo de la roca esté desfigurado bajo estos eluviales. Su morfología presenta relieves llanos con pequeñas lomas; manteniéndose la pendiente siempre por debajo del 10%, oscilando normalmente entre el 4 y el 6%.

Las áreas por las que se desarrolla la variante tienen un intenso aprovechamiento ganadero, con amplias superficies deforestadas dedicadas a pastos para el ganado, fundamentalmente vacuno. Existen buenas masas de bosque adhesado, sobre todo de fresno (*Fraxinus angustifolia*). Se encuentran áreas cubiertas de roble melojo (*Quercus pyrenaica*), a menudo adhesado, y de queijigo (*Quercus faginea*), pero que sólo se ven afectadas de forma marginal. Al igual que las fresnedas, tienen un intenso uso ganadero, y están formados por árboles jóvenes, con frecuencia de porte arbustivo o subarbustivo.

Descripción del proyecto

La carretera de nuevo trazado cons-

tituye la Variante de Soto del Real por Este, posibilitando que gran cantidad de los vehículos que en la actualidad atraviesan el casco urbano para dirigirse hacia otras localidades pueda dejar de hacerlo, circulando con las mejores condiciones posibles de seguridad y comodidad.

Las circunstancias que justifican la actuación son la mejora en el nivel de servicio y en la seguridad de la carretera. Además, hay que tener en cuenta que el coste económico y ecológico no es elevado frente a la conflictividad de la actual travesía.

La variante se inicia en la M-609, incorporando los actuales carriles de aceleración y de deceleración para la salida y entrada a las estaciones de servicio existentes frente a la antigua estación ferroviaria de Manzanares el Real-Soto del Real.

En el tramo interrumpido de la actual carretera M-609 de acceso a Soto del Real, se deja un fondo de saco al sur de la vía férrea Madrid-Burgos, después de la conexión con la variante proyectada, demoliendo el tramo de carretera abandonado.

La variante se desarrolla siguiendo prácticamente el corredor definido por la actual vía férrea, de manera sensiblemente paralela; pero situándose al este de ella, es decir, más alejada del casco urbano que el ferrocarril, e incorporando un ramal de enlace con la carretera M-862. Este ramal comienza en una glorieta que resuelve su intersección con la actual M-609, para dar acceso al centro urbano de Soto del Real desde el sur, y a la antes mencionada M-862; y finaliza a la altura del p.k. 1+400 de la variante, en otra glorieta de similares características.

La siguiente conexión con la red viaria actual que presenta la variante se produce a la altura del p.k. 4+200, con el llamado camino viejo de Miraflores de la Sierra, que sirve de unión entre el núcleo urbano de Soto del Real y la urbanización Peña Real, situada en las afueras del mismo. Dicha conexión se plantea como un enlace de tipo diamante, mediante el que se resuelven todos los movimientos entre esta carretera y la variante de la M-609.

La variante sigue desarrollándose sensiblemente paralela al ferrocarril Madrid-Burgos hasta su conexión con la carretera M-608. La intersección entre estas dos vías se resuelve con una glorieta. A partir de aquí, el trazado, que ya corresponde a la M-611, cruza bajo el ferrocarril mediante una estructura que se proyecta como un cajón empujado, con lo que se minimiza la afección a la explotación de la vía férrea; y finaliza con otra glorieta sobre la actual carretera M-611, ya en el término municipal de Miraflores de la Sierra.

La sección tipo de las carreteras M-609, M-611, M-862 y M-608 tiene una calzada única, en la que se disponen dos carriles de 3,5 m de ancho, arcenes laterales de 1,5 m y bermas de 0,75 m.

Todas las glorietas se proyectan con un radio interior igual a 20 m y una anchura de la calzada anular de

10 m, con un arcén interior de 0,5 m, dos carriles de 4,0 m de anchura cada uno y un arcén exterior de 1,5 m.

Ejecución de las obras

1. Movimiento de tierras

Antes del comienzo de los trabajos de explanación, se tuvo que cerrar toda la zona expropiada mediante un cerramiento provisional, para evitar que el ganado de las fincas colindantes se escapara.

El diagrama de masas del movimiento de tierras estaba totalmente descompensado. Fue necesaria la aportación de 500 000 m³ de material procedente de préstamos para ejecutar los rellenos de la traza.

a) Desmante

El volumen de desmante ha sido de 391 000 m³; debido a las características geomecánicas de los ma-

teriales presentes en la zona, 270 000 m³ se han excavado mediante explosivos, y el resto con medios mecánicos. La voladura se ha realizado:

1. **Perforación:** barrenos de 76,2 mm de diámetro en bancos de 3 m y de 6 m, según la profundidad del desmante.

2. **Explosivo:** para la carga de fondo se utilizó explosivo de tipo gelatinoso encartuchado a un diámetro de 55 mm (GOMA 2 ECO). Para el explosivo de columna, un explosivo de tipo ANFO a granel (en el caso de zonas con presencia de agua se utilizó explosivo de tipo HIDROGEL-RIOGEL 2).

3. **Detonadores:** detonadores eléctricos tipo I (RIODET), donde no hubo interferencia con líneas o instalaciones cercanas; sistemas de iniciación no eléctrica, donde fue necesario (SISTEMA PRIMADET).

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS EMPLEADOS

Goma-2 Eco	23 100 kg
Nagolita	82 300 kg
Detonadores	28 292 kg
Cordón detonante (6/12 g/m)	69 600 m

b) Rellenos

Se han realizado pedraplenes para aprovechar al máximo el material obtenido de las excavaciones de la traza. El volumen total de rellenos ha sido de 830 000 m³.

En la mayoría de los fondos de vaguada fue necesario realizar un tratamiento específico para la correcta cimentación de los pedraplenes. En dichas zonas el nivel freático está a 1 m de la superficie, y los materiales son depósitos de carácter arcilloso sin consistencia. El tratamiento que se ha seguido consta de las siguientes fases:

1. Desbroce de la capa de tierra vegetal.
2. Retirada de los rellenos hasta el nivel freático.
3. Relleno con escollera seleccionada de 200 kg a 1 000 kg.
4. Colocación de geotextil de protección anticontaminante.



Enlace M-608/M-611.

5. Relleno con material granular filtrante en capa de 1 m de espesor.

Sobre la coronación de terraplenes se ejecuta una capa de 50 cm de explanada E3, y sobre los fondos de desmonte un mínimo de 30 cm del mismo material.

La explanada E3 y el último metro de los pedraplenes han sido realizados con material obtenido del rechazo de las tuneladoras que están ejecutando los túneles para el futuro AVE a Valladolid para el GIF. El material, de tipo granítico, presenta unas características excepcionales para su uso como explanada E3.

2. Drenaje

El drenaje transversal de los cauces que intercepta el trazado de la nueva carretera se ha realizado mediante: 14 obras de drenaje con tubos de hormigón armado de 1 800 mm de diámetro, 2 obras con tubos de hormigón armado de 1 500 mm de diámetro, 2 obras con tubos de hormigón armado de 1 000 mm de diámetro y 4 bóvedas de hormigón armado triarticuladas de 6,80 m de anchura en la base y 4,90 m de altura en la clave.

El drenaje longitudinal de la plataforma en todas las zonas de desmonte se realiza canalizando el agua con 5 000 m de drenes profundos bajo la cuneta a ambos lados de la plataforma, mediante tubo dren de 160 mm, material filtrante y manta de geotextil. Las aguas superficiales se canalizan mediante cunetas triangulares revestidas y sin revestir en las zonas de desmonte, y mediante bordillo de borde, bajantes y cuneta sin revestir en terraplenes. En todos los caminos interceptados se realizan pasos salvacunetas con tubo de hormigón de 600 mm.

3. Firmes y pavimentos

La explanada sobre la que se asientan las obras de la variante es del tipo E3, de acuerdo con la Instrucción 6.1 y 2-IC de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Como la categoría de tráfico es T2

y la explanada de tipo E3, según la Instrucción 6.1 y 2-IC, se puede disponer una sección tipo 232 entre las que figuran en su catálogo de secciones de firme. Esta sección tipo está constituida por las siguientes capas enumeradas desde la superior hasta la inferior:

1) Rodadura, 6 cm de espesor de MBC, tipo D-20.

2) Intermedia, 6 cm de espesor de MBC, tipo S-20.

3) Base bituminosa, 8 cm de espesor de MBC, tipo G-25.

4) Subbase granular, 25 cm de espesor de zahorra artificial.

En el caso de las glorietsas, sus arcones tienen una anchura de 0,5 m y 1,5 m; su afirmado es prolongación del firme de la calzada adyacente.

4. Estructuras

Debido a los caminos públicos que intercepta la nueva carretera y al cruce en dos puntos con la línea de ferrocarril Madrid-Burgos, se han tenido que realizar un total de 13 estructuras, además de las realizadas para el capítulo de drenaje. Según su tipo se pueden dividir en:

1. Bóvedas prefabricadas triarticuladas de hormigón armado: se han realizado 5 estructuras de este tipo para dar continuidad a los caminos públicos de la zona. Sus dimensiones son 6,80 m de anchura en la base y 4,90 m de altura en la clave.

2. Pórticos prefabricados de hormigón armado: se han realizado 3 estructuras de este tipo, dos de ellas para dar continuidad a una vía pecuaria y la tercera para un camino vecinal de acceso a una urbanización; todas ellas de 12 m de anchura y 6 m de altura.

3. Estructuras de vigas doble T con estribos flotantes: se han realizado 2 estructuras de este tipo como paso sobre el ferrocarril y sobre una vía pecuaria. Las vigas tienen 1,2 m de canto, y la superficie total del tablero es de 600 m².

4. Estructura de viga artesana: la estructura sobre la carretera es para dar

acceso a una parcela privada. La longitud es de 28 m, con estribos flotantes y vigas riostras en los extremos de la viga.

5. Cajón hincado de hormigón armado bajo el ferrocarril: este paso de hormigón armado se ha realizado en una plataforma junto al terraplén de la vía, y posteriormente se ha empujado mediante 28 gatos hidráulicos de 200 t. El paso tiene 35 m de longitud, 12 m de ancho y 6 m de gálibo interior. Consta de una losa inferior y otra superior de 1,4 m de espesor, y muros laterales de 1,30 m de espesor. En total se han empleado:

Hormigón	
armado HA-25	2 800 m ³
Aceros BS 500	300 300 kg
Cimbra	2 400 m ³
Encofrado	2 500 m ²

6. Muro de hormigón armado: este muro se realizó para evitar el corte del acceso a una parcela. Tiene una altura media de 3 m y una longitud de 150 m.

5. Señalización y defensas

Se colocó la señalización horizontal y vertical necesaria en toda la zona que resultó afectada por las obras.

Los criterios adoptados en el diseño de la señalización siguen expresamente las "Recomendaciones de Señalización Vertical" editadas por la Dirección General de Carreteras de la Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes de la Comunidad de Madrid. A su vez, estos criterios son acordes con los definidos en la Instrucción de Carreteras 8.1-I.C. "Señalización Vertical", editada en enero de 2000, en el "Catálogo de señales verticales de circulación" del Ministerio de Fomento de junio de 1992 y en la Norma de Carreteras 8.2-I.C. "Marcas Viales" de 1994.

6. Iluminación

Se ha diseñado la iluminación de todas las glorietsas y de un pequeño tramo en los accesos de entrada y salida de las mismas. Para ello se han

efectuado cálculos lumínicos y eléctricos.

7. Obras complementarias

1. Cerramientos

Para proteger las carreteras proyectadas de su invasión por parte de personas o animales, se han colocado en ambas márgenes vallas a todo lo largo del tramo, excepto en las zonas donde no se deba cortar el paso, como son los cursos naturales de agua, las obras de desagüe, los pasos superiores, etc. Estas vallas cumplen, además, la función de reponer los cerramientos de las fincas existentes en las márgenes de las carreteras.

En total se han colocado 4 500 m³ de mampostería ordinaria de piedra granítica de la zona colocada en seco, 1 200 m² de fábrica de bloques huecos de hormigón y 18 000 m² de valla metálica galvanizada de simple torsión de 1,5 m de altura con postes cada 4 m.

2. Barreras antirruído

La entrada en funcionamiento de la carretera generará niveles sonoros en las zonas habitadas próximas que superarán los valores límites recomendados, habiéndose tomado consecuentemente acciones de control a fin de reducir estos niveles; para lo que se ha dispuesto una pantalla de hormigón fonoabsorbente con una altura de 2,6 m con la que se consigue una disminución mínima del nivel sonoro de 20 dB, obteniéndose unos valores más que aceptables de ruido al otro lado de la pantalla. La ubicación de las barreras ha sido lo más próxima posible a la carretera.

8. Ordenación ecológica, estética y paisajística

Las operaciones que se han previsto tienen como objetivo fundamental facilitar, en primer lugar, la instalación de las especies que se incorporan al suelo mediante siembra o plantación, para que las especies vegetales del entorno puedan



Enlace M-609/M-608.

instalarse posteriormente con mayor facilidad que si no se actuara.

Estos objetivos son los siguientes:

- Reinstalación de una cubierta vegetal estable en las superficies afectadas.

- Integración paisajística de la zona de afección en su entorno natural.

- Evitación de los fenómenos de erosión.

- Recuperación de los hábitats existentes para la fauna.

- Potenciación de la seguridad vial en lo que respecta a: protección frente al deslumbramiento, protección acústica, protección contra la insolación, protección contra el viento, seguimiento óptico de la vía, zonas de descanso, etc.

- Ocultación de vistas no deseadas.

Se han seleccionado las especies según a varios criterios, entre los que destacan su adaptación a los condicionantes climatológicos de la zo-

na, resistencia al estrés de plantación, presencia en la vegetación actual del entorno, capacidad rebrotadora, disponibilidad en viveros, rapidez de crecimiento y escaso mantenimiento.

9. Servicios afectados

A continuación, se procede a la descripción detallada de todos los servicios situados en la zona objeto del proyecto, cuya reposición se ha considerado en él.

Líneas eléctricas:

R1:

En el punto D.O. 0+000 del Tramo 4 (Glorieta 4) del trazado de la Variante M-609 en Soto del Real, una Línea Aérea de Alta Tensión (LAAT) de 20 kV se cruza con la carretera. En esta zona el trazado de la variante proyectado ocupa la zona por la que discurre la línea. Por ello, la LAAT resultó afectada, siendo nece-

Inauguraciones Autonómicas

sario su desvío y la colocación de nuevos apoyos.

R2:

Entre los puntos D.O. 2+650 y 2+880 del Tramo 2 M-609 del trazado de la Variante M-609, una Línea Aérea de Media Tensión de 20 kV se cruza con la carretera, resultando afectados dos apoyos de dicho tendido. El servicio se repone desmontando los apoyos afectados y colocando dos nuevos apoyos que se sitúan en la margen derecha del trazado proyectado, a la altura de los puntos D.O. 2+740 y D.O. 2+820, respectivamente. Además, se disponen dos nuevos apoyos, uno en cada una de las dos márgenes de la Variante, en los puntos D.O. 2+650 y 2+880, de forma que se mantiene la actual alineación del tendido eléctrico.

R3a:

En el punto D.O. 0+160 del Tramo 3 del trazado de la Variante M-609, una Línea Aérea de Media Tensión (LAMT) de 20 kV se cruza con la carretera. En esta zona ha sido necesario canalizar la línea bajo la nueva carretera y colocar dos nuevos apoyos. Por lo tanto, la LAMT resultó afectada.

R3b:

En el punto D.O. 0+160 del Tramo 3 del trazado de la Variante, una Línea Aérea de Baja Tensión (LABT) se cruza con la carretera. En esta zona ha sido necesario canalizar la línea bajo la nueva carretera y colocar dos nuevos apoyos. Por lo tanto, la LABT resultó afectada.

R4:

En el punto D.O. 1+700 del Tramo 3, una Línea Aérea de Media Tensión de 20 kV se cruza con la carretera. En esta zona fue necesario elevar la línea sobre la nueva carretera para cumplir el gálibo mínimo y colocar dos nuevos apoyos. Por lo tanto, la LAMT resultó afectada.

Líneas telefónicas:

Se ha procedido a la reposición de



La variante se ha construido en un plazo de 15 meses y ha supuesto una inversión cercana a los 14 millones de euros.

4 líneas y 3 fibras propiedad de Telefónica, según los planos y el presupuesto de la compañía.

Abastecimiento:

Se han repuesto dos tuberías de abastecimiento propiedad del Ayto. de Soto del Real. Una de ellas mediante tubería de fundición de 200 mm de diámetro y otra mediante tubería de saiplén de 150 mm.

Servicios privados:

Debido a la presencia de numerosos servicios (agua, electricidad y saneamiento) dentro de las parcelas afectadas, no detectados en el Proyecto, ha sido necesario reponerlos para el mantenimiento del servicio. Todos ellos se han repuesto con canalizaciones subterráneas protegidas bajo la nueva variante.

RENFE:

En el punto D.O. 0+700 del Tramo M-862, está proyectado un paso su-

perior sobre el ferrocarril; en esta estructura se ha considerado un gálibo horizontal de 14 m y un gálibo vertical de 7 m. La ubicación de la estructura afecta a dos líneas de servicios aéreas que discurren paralelas a la vía del ferrocarril. El servicio se repone canalizando el servicio en la zona afectada. ■

Ficha Técnica

Titular de la obra:

Comunidad de Madrid.

Dirección de la obra:

D. Enrique del Amo Sanz,
ICCP.

Empresa adjudicataria:

Dragados, S.A.

Jefe de obra:

D. Daniel Ruiz Andújar,
ICCP.

Presupuesto:

13 935 488,86 euros