

1. DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

La reparación de espesor parcial de losas de concreto es una técnica de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos rígidos que consiste en la restauración de deterioros superficiales localizados que se han producido en un espesor parcial de la losa de concreto.

Esta técnica de mantenimiento considera la remoción y reemplazo de una porción del tercio superior o hasta la mitad del espesor de la losa con el fin de reparar daños superficiales ⁽¹⁾ (ver Figura 1).

La aplicación de este tipo de intervención tiene como objetivos principales restaurar la integridad estructural del pavimento y así impedir su deterioro progresivo del pavimento⁽²⁾. Además busca mejorar la transitabilidad en la vía y proveer bordes apropiados para que las juntas y grietas puedan ser reselladas en forma efectiva. ⁽³⁾, ⁽⁴⁾.

2. SELECCIÓN DE PROYECTO

Se recomienda optar por una reparación a profundidad parcial, cuando los niveles de deterioro en una losa de concreto son bajos. Se aplican generalmente para reparar fracturas en los bordes y esquinas de las losas, baches, desniveles, desnudamientos, despotillamientos o desprendimientos superficiales.⁽⁵⁾

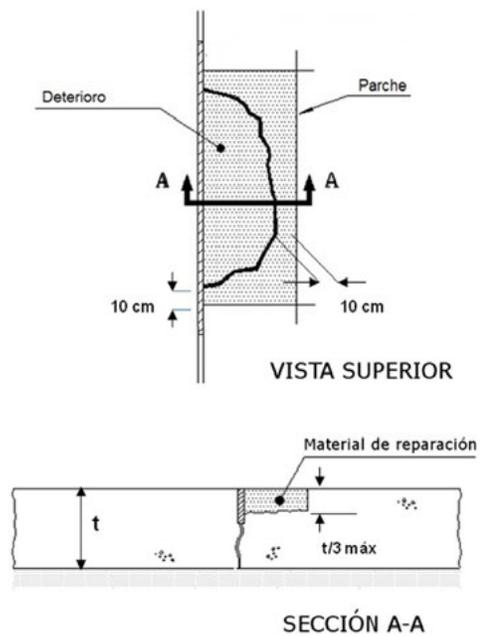


Figura 1. Ejemplo de reparación parcial en intersección de juntas. Fuente: MCV,2015.

Condición del pavimento

Las reparaciones de profundidad parcial son apropiadas sólo para ciertos tipos de deterioros en pavimento de concreto⁽⁶⁾:

- Desprendimiento causado en la parte superior de la losa y que es causado por el daño por congelación-descongelación.

- Desprendimiento causado por la intrusión de materiales incompresibles en la junta o grieta.
- Desprendimiento causado por una vibración deficiente, un curado inadecuado o acabado deficiente.
- Desprendimiento causado por áreas localizadas de escalonamiento, concreto débil, o acero colocado muy cerca de la superficie.
- Fisuras no estructurales, ya sean longitudinales o transversales.
- Desprendimiento causado por la desalineación o bloqueo de dovelas.

No son apropiadas las reparaciones de espesor parcial en deterioros asociados a:

- Desprendimientos causados por agrietamiento tipo D o agregados reactivos tales como reacciones álcali-sílice reactivo álcali-carbonato.
- Desprendimiento y movimiento de las grietas transversales o longitudinales causadas por efecto de contracción térmica, la fatiga o pérdida de capacidad de soporte, a menos que se implemente una reparación de profundidad parcial en combinación con la colocación de dovelas para controlar el movimiento vertical.

Tipos de reparación de espesor parcial

Existen tres tipos de reparación de espesor parcial para juntas, fisuras y desprendimientos ⁽²⁾. Los tipos I y II son reparaciones estándar de profundidad parcial y las reparaciones de tipo III son aquellas desarrolladas para reparaciones especiales incluyendo la mitad inferior de la losa:

- **Tipo I. Reparaciones localizadas**⁽⁶⁾: apropiadas en áreas pequeñas y poco profundas, donde el deterioro de las juntas o grietas se encuentra en la mitad superior de la losa. Las reparaciones con extensiones de longitud mayores a 25 cm, pero no superiores a 180 cm, normalmente se utilizan en pavimentos donde los dispositivos de transferencia de carga existentes siguen funcionando.
- **Tipo II. Reparaciones de juntas longitudinales, transversales o grietas**⁽⁶⁾: son reparaciones de más de 180 cm y que se extienden de un tercio a la mitad de la profundidad del pavimento de concreto en juntas / grietas transversales y longitudinales. La extracción es usualmente por fresado, y se usa un pequeño martillo neumático para extraer el material que no es alcanzado por

la fresadora.

- **Tipo III. Reparaciones puntuales en toda la profundidad del espesor en intersecciones de juntas o bordes de losas**⁽⁶⁾: se utilizan en lugares de distancia corta (no mayor a 46 cm) donde el deterioro a lo largo de la reparación de profundidad parcial excede más de la mitad del espesor. Esta reparación es para trabajos realizados en la mitad inferior del pavimento y su uso debe limitarse a los bordes de la losa o ubicaciones de entrecruzamientos de juntas que no sean mayores de 46 cm.



Figura 2. Ejemplo de reparación parcial Tipo I en intersección de juntas. Fuente: Minnessota Department of transportation (7), 2016.

Clima

Se recomienda considerar prácticas comunes para las condiciones de colocación de concreto en clima caliente ACI-305 y con clima frío ACI -306. Generalmente, no se recomienda temperaturas de colocación inferiores a 4°C, debido a la pequeña cantidad de material de relleno de concreto.⁽⁶⁾

Tránsito vehicular

No existe ninguna restricción respecto a la cantidad o tipo de tránsito. Por lo tanto, el material de relleno de la reparación debe ser capaz de soportar las cargas a las que esté sometido el proyecto. En relación a la colocación, se recomienda realizar reparaciones en horario nocturno en rutas de alta velocidad o tráfico pesado.⁽⁶⁾ En Estados Unidos se categorizan dos tipos de reparaciones: rurales (con TPD mayor a 5000 vehículos) y urbana (con TPD mayores a 10000 vehículos).⁽⁸⁾

Características del camino

No hay limitaciones en cuanto a la geometría del camino.

3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Se detallan a continuación aspectos relacionados al proceso constructivo y consideraciones de diseño.

Consideraciones de diseño estructural

Se deben contemplar las siguientes consideraciones de diseño en la reparación de espesor parcial:^(4,5,6,2)

- Determinar el diseño del pavimento existente y el tipo de agregado grueso para asegurarse de que las reparaciones realizadas puedan durar tanto como la estructura de pavimento existente.
- Determinar el tipo de pavimento rígido, si se utiliza dovelas o si las juntas funcionan por trabazón del agregado.
- Incluir a los inspectores de construcción durante la fase de diseño que estarán en el proyecto de reparación de manera que se facilite el criterio de seleccionar el tipo de reparación en juntas deterioradas o grietas.
- Los límites de las áreas a reparar se deben extender 7,5 cm más allá de la zona deteriorada.
- Se recomienda un ancho mínimo de 10 cm y longitud mínima de 25 cm para uso de materiales cementantes.
- Mantener forma rectangular, cuadrada o similar, evitar formas irregulares.
- Áreas separadas menos de 600mm se deben unir como una sola reparación
- Reparar toda la junta transversal si existen más de dos despotillamientos a lo largo de ella.

Materiales

Los materiales (Figuras 3 y 4) para la ejecución de esta actividad de mantenimiento son los siguientes:^(5y6)

- Cemento hidráulico Tipo I, II o III,
- Arena
- Agregado grueso y fino
- Agua
- Aditivos
- Selladores para juntas (asfalto de caucho o resinas epóxicas, Polyuretanos, o materiales bituminosos)
- Curador de membrana.



Figura 3 Materiales para elaboración del concreto. Fuente: <http://es.wikihow.com/hacer-concreto>

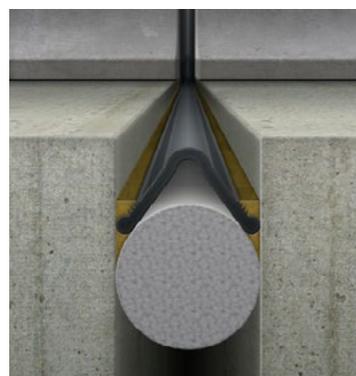


Figura 4. Selladores de juntas. Fuente: <http://www.dsbrown.com/bridges/expansion-joint-systems/v-seal/>

Mezcla de concreto

La selección de la mezcla para la reparación de profundidad parcial de una losa de concreto depende de varios factores tales como: tiempo de cierre del carril permisible, resistencia de la reparación, costo, tamaño de la reparación, temperatura ambiente, coeficiente de expansión térmica.^(2,6)

Algunas de las consideraciones generales en la realización del diseño de mezcla de concreto son las siguientes⁽⁹⁾:

- Agregado grueso no mayor a la mitad del espesor de reparación (9,5 mm tamaño nominal máximo)
- Concreto de bajo revenimiento con relación Agua/Cemento=0,44
- Resistencia mínima 21 MPa
- Efectuar la mezcla en el lugar de trabajo, pequeñas cantidades de material para mantener la trabajabilidad.

De forma general se pueden especificar 3 tipos de mezclas para la realización de la reparación parcial del concreto⁽⁵⁾:

Mezcla concreto de alta resistencia inicial: Debe desarrollar resistencias que sobrepasen los 21 MPa en menos de 24 horas. Se utiliza cuando se requiere una apertura rápida al tránsito.

Mezcla concreto de fraguado normal: Se puede usar cuando el material de parche se puede proteger del tránsito por 24 horas o más.

Morteros de resina epóxica y concreto epóxico: Esta alternativa se utiliza para reparaciones menores a los 40 mm de profundidad. El catalizador de la resina epóxica debe acondicionarse antes del mezclado.

Maquinaria

Los equipos y herramientas (Figura 5) necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos: ^(4,5,6)

Inspección

- Martillos o cadenas

Demolición

- Sierra diamantada para cortar concreto
- Martillos neumáticos, cinceles o fresadora

Limpieza

- Sistema para chorro de arena o hidrolavadora, compresores de aire.

Colocación y producción de mezcla:

- Mezcladora manual de concreto
- Carretillos, palas y equipo manual
- Vibradores
- Equipo requerido para realizar pruebas de concreto fresco

Curado y acabado:

- Llanetas y cepillos
- Equipo de retexturizado con diamante.



Figura 5. Maquinaria mínima utilizada en la reparación de espesor parcial

Secuencia del proceso constructivo

Los pasos a seguir para la realización de una reparación a profundidad parcial son los siguientes :

1- Demarcación del área a reparar. ^(3,4)

Se determinan los límites de la reparación. La localización de zonas deterioradas se realiza mediante el golpeteo de la superficie del concreto con una varilla de acero, un martillo o arrastrando una cadena a lo largo de la superficie, un sonido hueco indica concreto pobre o deteriorado. En la demarcación del área a seleccionar se deben contemplar las consideraciones mínimas de diseños mencionadas anteriormente. Algunos de los ejemplos anteriormente mencionados se muestran en la Figura 6.

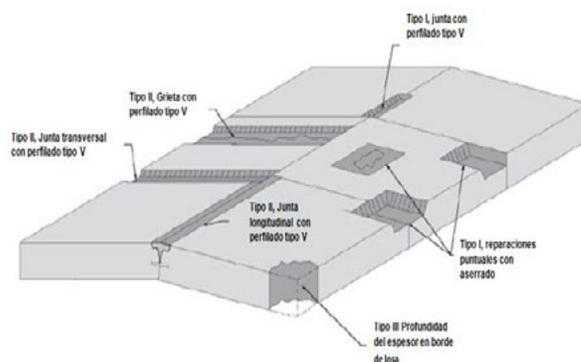


Figura 6. Tipos o áreas a reparar mediante espesor parcial en concreto

Fuente: National Concrete Pavement Technology Center, 2012.

2- Demolición y Remoción del concreto deteriorado. ^(3,4,6)

Demolición y remoción del concreto de la sección dañada, previo aserrado, mediante el uso de martillos neumáticos o cinceles o mediante el uso de máquinas fresadoras.

2.1. Aserrado y demolición

Se debe efectuar un corte con una sierra alrededor del perímetro del área a reparar, este corte debe tener una profundidad mínima de 50 mm.

La forma preferida de la cavidad del área a reparar en sus paredes interiores tendrá un ángulo entre 30 a 60 grados desde su parte superior hasta el fondo del espesor considerado en la reparación.

Se debe evitar el astillado de hormigón alrededor del área de reparación y dañar las dovelas o barras transversales de amarre. Cualquier desprendimiento durante este proceso debe ser subsanado.

Una vez aserrado se realiza la demolición mediante martillos neumáticos hasta la profundidad que el concreto se encuentre sano, no se recomienda martillos con pesos mayores a 15 kg para evitar dañar zonas que se encuentren en buen estado.

2.2. Fresado

Es efectivo el uso de máquina fresadora para remoción del concreto, efectivo en casos cuando la reparación se extiende a todo el ancho del carril o a la mayor parte de él, tal es el caso de juntas longitudinales y transversales. El fresado produce una superficie muy rugosa e irregular que favorece un alto grado la trabazón entre el material de reparación y la losa existente.

3- Limpieza de la superficie. ^(4,6)

Se debe realizar una limpieza adecuada de las caras expuestas, el fondo de la reparación y todas las superficies de acero con el fin de generar una buena adherencia del material de reparación. La limpieza de la sección a intervenir se puede realizar mediante la técnica de arenado o hidrolavado. Posteriormente, se realiza una limpieza con aire comprimido inmediatamente antes de la aplicación del agente adhesivo para la colocación del concreto con el fin de retirar cualquier partícula o contaminante de la superficie.

4- Preparación de las juntas ^(3,4,10)

Se debe realizar una preparación de juntas longitudinales y transversales de manera tal que el concreto de la reparación no se adhiera al de la losa adyacente. En

caso de no ser así, existe el riesgo que en juntas longitudinales el alabeo o el movimiento diferencial de las losas pueda causar el deterioro prematuro del parche y en juntas transversales la dilatación del pavimento y la fuerza expansiva de la losa adyacente se aplicará directamente sobre el parche causando su falla.

Tanto en juntas longitudinales como transversales, la eliminación de la adherencia entre las capas de concreto se puede lograr mediante la utilización de un inserto compresible que forme una pared uniforme para aislar al parche de la losa adyacente y volver a formar la junta o grieta.

Los materiales más comúnmente utilizados son: espuma de polietileno, fieltros embebidos en asfalto, o madera blanda.

La nueva junta o fisura debe tener el mismo ancho que la existente, y el material compresible debe meterse en la junta o fisura por debajo de la profundidad de la reparación, que se facilita si se hace un corte de sierra adicional de 2,5 cm de profundidad por debajo del fondo del parche. También es recomendable que el inserto compresible se extienda lateralmente de 6 cm a 8 cm a ambos lados de los límites de la reparación, ver Figura 7.



Figura 7. Preparación de juntas
Fuente: Euclid Group Toxement, 2017.

5- Aplicación de agente adhesivo ^(2,6)

Cuando se necesite un puente de adherencia, pueden utilizarse lechadas de cemento o epóxicos para adherir el concreto fresco al concreto endurecido.

El material adhesivo debe cubrir toda el área con una capa delgada y uniforme, incluyendo las paredes del parche y debe superponerse a la superficie del pavimento para asegurar una adherencia adecuada.

Es importante que la colocación del concreto de relleno se realice antes de que el puente de adherencia se seque.

6- Colocación del material de relleno y acabado ^(3,5,6,11)

El material de relleno se debe colocar y consolidar utilizando vibradores de inmersión pequeños, eliminando vacíos en la masa y en la interfase, lo que favorecerá la adherencia y maximizará la durabilidad de la reparación.

Se deben seguir las siguientes pautas durante el proceso de colocación del concreto de relleno:

- Colocar el concreto en pequeñas cantidades.
- De ninguna manera se permitirá la colocación de concreto bajo condiciones climáticas de lluvia.
- Es aconsejable sobrellenar ligeramente el área para compensar el proceso de consolidación del concreto, aproximadamente 3 o 4 mm.
- Consolidar el material de parche utilizando vibradores o planchas vibratoras.
- El proceso de acabado recomendado es el de emparejar desde el centro del material de relleno hacia afuera para evitar que queden espacios vacíos en las paredes de la cavidad. El alisado o terminación en sentido inverso, de los bordes hacia el interior, provocará que se despegue el material de las caras del parche y se pierda la adherencia, (ver figura 8).
- Después de colocar el material de parche, los bordes de la reparación deben ser sellados con lechada para ayudar a prevenir la infiltración de humedad y la articulación restablecida por aseado.
- Texturizar la superficie de la reparación para que coincida con la de la losa circundante tanto como sea posible.

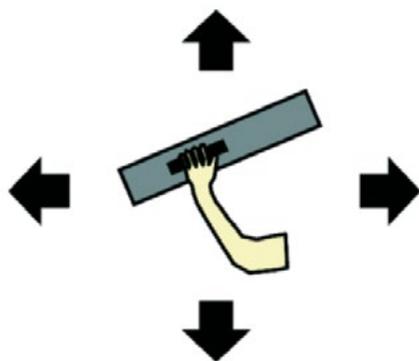


Figura 8. Recomendación de extendido mezcla de concreto

Fuente: National Concrete Pavement Technology Center, 2012.

7- Curado ^(3, 5,6)

Para asegurar una reparación con la resistencia y durabilidad especificada, es necesario curar adecuadamente el mortero instalado. El curado es uno de los puntos críticos en este tipo de reparaciones, debido a la alta relación entre la superficie expuesta y el espesor del mate-

rial de reparación, lo que conduce a una rápida pérdida de humedad y la posibilidad de que se generen grietas de contracción que pueden causar la falla prematura de la reparación.

El método más efectivo en clima caliente es la aplicación de una membrana de curado en los momentos en que el agua de exudación se ha evaporado de la superficie de la reparación. Las tasas de aplicación de la membrana varían de 200 g/m² a 300 g/m². En climas fríos es permitido el uso de mantas aislantes sobre la superficie del parche, para ayudar a retener el calor de hidratación e inducir una ganancia de resistencia.

8- Corte y sellado de juntas^(4,5,6)

Colocada, curada y una vez que la reparación de espesor parcial ha ganado la suficiente resistencia, se deberá proceder al resellado de la junta. El corte y sello de las juntas evitará la entrada de humedad o de partículas que no permitan la contracción y expansión adecuada del concreto ocasionando nuevos daños en el pavimento.

Las juntas deben ser cortadas e igualadas a las juntas existentes, conservando el factor de forma ancho: profundidad de 1:1 o máximo 2:1 para juntas mayores a 6 mm. Las paredes de las juntas deben estar limpias para lograr un buen comportamiento del material de sello; por esto luego de realizado el corte de la junta se debe limpiar al interior de ésta con un compresor asegurándose que no queden partículas ni material suelto dentro de la junta.

Por último, se deben sellar las juntas con un sistema elastomérico resistente al tráfico y a la humedad.

9-Apertura al tránsito^(3,6,9)

El material de reparación debe haber ganado la suficiente resistencia para que la reparación pueda ser abierta al tráfico.

En la mayoría de los casos se especifica una resistencia a la compresión mínima de 21 MPa antes que el tráfico sea restituido, para lo cual es práctica común moldear probetas en obra, que recibirán similares condiciones de exposición que el material de relleno. Luego, es importante ensayar las muestras a intervalos apropiados para monitorear la ganancia de resistencia in situ del material de reparación.



(a) Demarcación del área a reparar



(b) Demolición y remoción del concreto martillo neumático



(c) Demolición y remoción del concreto perfiladora



(d) Limpieza de la superficie



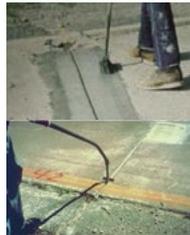
(e) Preparación de las juntas



(f) Aplicación de agente adhesivo



(g) Colocación del material de relleno, vibrado y acabado



(h) Corte y sellado de juntas



(i) Curado



(j) Apertura al tránsito

Figura 9. Secuencia constructiva reparación espesor parcial de pavimentos

Fuente: National Concrete Pavement Technology Center, 2012.

4. DESEMPEÑO ESPERADO Y COSTO

La duración del diseño varía con la condición del concreto existente, la extensión del deterioro y las futuras cargas de tráfico. Usualmente se debe esperar que las reparaciones de profundidad parcial correctamente construidas y aplicadas en el momento adecuado, tengan un desempeño de 5 a 15 años.⁽⁸⁾

Los costos de una reparación a profundidad parcial en pavimentos rígidos dependen en gran medida del tamaño, cantidad y ubicación de las áreas a reparar, así como los materiales utilizados. Los cierres de carriles permitidos y el tránsito promedio diario también afectan las tasas de producción y los costos.

El costo de la intervención de un metro de cuadrado de área bacheada mediante la técnica de espesor parcial varía entre los 270 \$/m² y 320 \$/m².⁽⁸⁾

5. VENTAJAS Y LIMITACIONES

Ventajas

Dentro de las ventajas del uso de la técnica de reparación parcial en losas de concreto se encuentran⁽⁹⁾:

- Restaura la capacidad estructural del pavimento rígido.
- Evita el deterioro progresivo del pavimento.
- Restablece la condición de transitabilidad y seguridad vial de la ruta.
- Muy aplicables a daños localizados en juntas, además permite la reconstrucción y resello de juntas.
- Aplicable a cualquier tipo de tránsito.
- Es una medida costo-efectiva a largo plazo.
- Menor costo que la técnica de mantenimiento de reparación de espesor completo.

Limitaciones

Algunas de las limitaciones de este tipo de intervención son⁽⁹⁾:

- Costo inicial de reparaciones alto.
- Cierre de carriles y tránsito al menos 24 horas, debido a la necesidad de que el concreto gane resistencia.
- Proceso constructivo debe ser riguroso. Alguna falla u omisión de la secuencia constructiva puede generar riesgos de fallas por adherencia, escalonamiento, agrietamientos o el deterioro del bache.
- Se deben tener consideraciones especiales durante la colocación del concreto en clima caliente o frío.

6.REFERENCIAS

1. Calo, D. , Fernández S. , (2012). Proyecto y ejecución de reparaciones en pavimentos. Instituto del Cemento Portland Argentino, DNV Distrito VI - San Salvador de Jujuy, Argentina.
2. Frentress, D., Harrington D.(2011). Partial-Depth Repairs for Concrete Pavements. Moving Advancements into Practice (MAP), FHWA.
3. Instituto del Cemento Portland Argentino (2013). Reparaciones en Profundidad Parcial en Pavimentos de Hormigón, Departamento Técnico de Pavimentos Instituto del Cemento Portland Argentino, Argentina.
4. González, B., Vargas F., Espinal, J. (2003). Propuesta de la técnica de cepillado, para la rehabilitación de la carretera Panamericana desde la cuchilla hasta el desvío a Ciudad Arce (Km. 22 - 35) que conduce al Departamento de Santa Ana. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de El Salvador.
5. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, (2015). Manual de especificaciones generales para la conservación de caminos, carreteras y puentes MCV-2015, San José Costa Rica.
6. National Concrete Pavement Technology Center(2012). Guide for partial-depth repair of concrete pavements. Institute for Transportation Iowa State University.
7. Minnesota Department of Transportation(2015). Performance of Various Partial-Depth Repair Materials at the MnROAD. Facility. Office of Materials and Road Research, Minnesota Department of Transportation.
8. Strategic Highway Research Program (2011), Guidelines for the Preservation of High-Traffic-Volume Roadways. Transportation Research Program, Washington.D.C.
9. Leiva-Villacorta F.(2014). Clases Curso mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de carreteras, PF365 Maestrías en transportes y Vías, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica.
10. Euclid Group Toxement (2017). Guía de reparación de pavimentos rígidos. Toxement Bogotá, Colombia.
11. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2010). Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, Dirección General de Vialidad, San José, Costa Rica.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE **PITRA**

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD.

Coordinador General

Ing. Fabián Elizondo Arrieta, MBA

Subcoordinador

UNIDADES

Unidad de Auditoría Técnica (UAT)

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc

Coordinadora

Unidad de Seguridad Vial y Transporte (USVT)

Ing. Diana Jiménez Romero, MSc, MBA

Coordinadora

Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT)

Ing. Raquel Arriola Guzmán

Coordinadora

Unidad de Materiales y Pavimentos (UMP)

Ing. José Pablo Aguiar Moya, PhD.

Coordinador

Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN)

Ing. Roy Barrantes Jiménez

Coordinador

Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Lic. Carlos Campos Cruz

Coordinador

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diagramación, diseño y control de calidad: Katherine Zúñiga Villaplana / Óscar Rodríguez Quintana

Boletín técnico: REPARACIÓN ESPESOR PARCIAL EN PAVIMENTO RÍGIDO / Enero, 2018