

NOTAS

Publicación bimestral de divulgación externa



Número 184

Sanfandila, Qro

mayo/junio de 2020

Beneficios ambientales del reciclaje de pavimentos.

Cuando un pavimento asfáltico está por llegar al fin de su vida de diseño, una parte importante de los materiales mantienen sus propiedades en un valor aceptable para continuar en uso. El RAP, por sus siglas en inglés de “*Reclaimed Asphalt Pavement*”, es el término dado a pavimentos que reutilizan los materiales de la antigua capa de rodamiento para la construcción del nuevo pavimento. El reciclaje o reutilización de los pavimentos tiene importantes beneficios económicos, técnicos y ambientales. Estos últimos son los que se abordarán en el presente artículo.

Toda iniciativa que pretenda reducir el impacto actual de los pavimentos asfálticos, deberá evaluar particularmente el consumo de recursos naturales y los costos que estos representan durante todo el ciclo de vida del proyecto. En el presente artículo nos enfocamos a evaluar los beneficios ambientales de una de las acciones de vanguardia, la cual busca recuperar el pavimento actual mediante un reuso/reciclado de los materiales existentes.

Pavimento asfáltico reciclado

Cuando un pavimento es reciclado, se regresa a la estructura de la carretera ya sea en el pavimento asfáltico, la base, o en la sub-base. Al inicio, el proceso de reciclaje se daba al recuperar el material, luego se transportaba a una planta para adicionarle aditivos a fin de recuperar las características físicas y, finalmente, se regresaba al sitio para su colocación.

Actualmente se ha evolucionado el reciclaje mediante trenes de trabajo en una sola línea localizada en sitio, lo cual permite la apertura al tránsito en pocas horas.

Las principales metodologías/procesos para reciclar pavimentos asfálticos son:

- Reciclado en caliente (HMA): Mezcla de asfalto realizada a temperaturas de 165°C.
- Reciclado en tibio (WMA): Mezcla de asfalto realizada a temperatura de 100°C por medio de aditivos.
- Reciclado en frío (CMA): Mezcla del pavimento flexible retirado y molido con una emisión asfáltica o con asfalto espumado y puesto de nuevo en sitio.

CONTENIDO

Beneficios ambientales del reciclaje de pavimentos.	1
Uso potencial de la telefonía móvil para la planeación del transporte público con perspectiva de género.	3
Red Nacional de Datos Oceanográficos para Zonas Portuarias y Costeras.	4
Desarrollo e implementación de un programa en Excel para la evaluación de la integridad estructural según la norma BS 7910:2005.	5
Proyecto en marcha: Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2020.	5
Publicación Técnica : Evaluación del desempeño de mezclas asfálticas con la rueda cargada de Hamburgo.	7
Eventos académicos: Cambio climático: Requerimiento de adaptación de la infraestructura carretera.	7

Beneficios ambientales del pavimento asfáltico reciclado

Como ya se mencionó, los beneficios ambientales están acotados principalmente en el consumo de recursos, de energía y en las externalidades del proceso.

1. RECURSOS NATURALES

La recuperación del agregado de pavimento existente minimiza la extracción de recursos naturales. En un caso de estudio realizado en Perú sobre rehabilitación, el reciclaje logró reducir el 93% de agregados vírgenes requeridos en una mezcla nueva.

2. CONSUMO DE ENERGÍA

El RAP disminuye el número de viajes al requerir un menor suministro de agregados vírgenes de banco. Esta reducción de viajes en camión, asociados al transporte de material de banco, se traduce en una reducción en el consumo de combustible.

Esta metodología también reduce la demanda de energía para la elaboración de la mezcla asfáltica, ya que al agregar 15% de RAP a una mezcla en caliente o templada de asfalto, la demanda de energía se redujo de 13 a 14% (ver tabla 1).

Tabla 1. Reducción del consumo de energía y emisiones mediante el uso del RAP.

	Consumo de energía		Emisiones de CO ₂	
	[MJ/m ³]	[%]	[kgeqCO ₂ /m ³]	[%]
Mezcla Virgen				
Agregados	234.15	10.83%	16.58	15.25%
Conglomerante de asfalto	1564.89	72.41%	88.87	81.75%
Bacheo	362.16	16.76%	3.26	3.00%
TOTAL	2161.20	100%	108.71	100%
Mezcla 30% RAP				
Agregados	182.55	9.79%	12.93	14.81%
Conglomerante de asfalto	1230.69	66.03%	69.89	80.07%
Bacheo	403.97	21.67%	3.64	4.17%
Preparación del RAP	46.74	2.51%	0.83	0.95%
TOTAL	1863.95	100%	87.29	100%
Diferencia				
Agregados	51.6	22.04%	3.65	22.01%
Conglomerante de asfalto	334.2	21.36%	18.98	21.36%
Bacheo	-41.81	-11.54%	-0.38	-11.66%
TOTAL	343.99	16%	22.25	20%

Fuente: Chou, C. P., & Lee, N. (2015)

3. EMISIONES CONTAMINANTES

Las emisiones están directivamente ligadas al consumo de energía, tanto en el transporte del material, en la producción de la mezcla asfáltica, así como en la generación de polvo al extraer los agregados. En la rehabilitación de carreteras, los

métodos convencionales generan 55.4% kg de CO₂ más que la rehabilitación mediante el reciclado de asfalto.

4. RESIDUOS

Al no utilizar el material existente en el antiguo pavimento, éste se convierte en desperdicio. Estudios muestran que el método tradicional de rehabilitación genera 1.63 veces más residuos que el método de reciclado en sitio.

Cuantificación de los beneficios ambientales del pavimento asfáltico reciclado

El uso de RAP reduce los impactos en el medio ambiente de manera proporcional ya que -a mayor porcentaje de RAP- menor consumo de energía, combustible y emisión de gases de efecto invernadero en el proceso de construcción. Sin embargo, la utilización del RAP con una calidad del 70% o menor puede tener un mayor impacto ambiental que una mezcla nueva con agregados vírgenes. Esto se debe a que requiere más trabajos de mantenimiento a largo plazo y, la rugosidad de la superficie del pavimento, incrementará el consumo de combustible de los vehículos en operación.

Conclusiones

El uso de RAP tiene importantes beneficios ambientales ya que reduce de manera significativa los impactos en el consumo de recursos naturales, de energía y en la generación de emisiones. Sin embargo, es posible que no resulte del todo económico cuando el porcentaje a reutilizar es muy bajo, las acciones de reciclaje no se realizan en sitio o cuando no se construya con una calidad adecuada.

A su vez, el RAP generalmente permite que la apertura al tránsito se de en cuestión de horas, por lo que debe considerarse los beneficios, en términos de congestión generados por los trabajos de rehabilitación y reconstrucción de los pavimentos.

Finalmente, es necesario que los diferentes procedimientos de reciclaje que se han aplicado en México, sean monitoreados y evaluados para identificar los beneficios o retos a superar, logrando así continuar en el camino de promover el RAP como un criterio de una carretera sustentable.

Consulta el artículo completo en:

<https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=504&IdBoletin=184>

MENDOZA Juan Fernando
ADAME Eduardo
MARCOS Omar Alejandro

jmendoza@imt.mx
eduardo.adame@imt.mx
omarcos@imt.mx



Uso potencial de la telefonía móvil para la planeación del transporte público con perspectiva de género.

Hombres y mujeres tienen diferentes responsabilidades y roles socioeconómicos, los cuales están asociados con diferentes patrones de uso, acceso y necesidades de transporte. Sin embargo, no hay mucha evidencia recolectada sobre las necesidades diferenciadas de viaje por género entre hombres y mujeres (Ministerio de Transportes del Gobierno de Chile, 2018).

Para la estimación de los patrones de movilidad tradicionalmente se realizan encuestas domiciliarias con un alto costo. Por lo que, uno de los grandes retos actualmente es obtener a bajo costo información de los patrones de movilidad desagregados por género, en países en vías de desarrollo, con el fin de incluir la perspectiva de género en la generación de políticas públicas, que permitan mejorar el servicio y la infraestructura de transporte.

Datos de la posición geográfica de los teléfonos móviles para estimar patrones de movilidad

El uso de la información espacio-temporal de los teléfonos móviles para la identificación de patrones de movilidad ha venido consolidándose en años recientes. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Estadística (INE) de España conocerá cómo se mueven los españoles gracias a sus teléfonos móviles, ya que está realizando un trabajo piloto para el análisis de los datos de cuatro días laborales de noviembre 2019, un domingo y tres días de vacaciones en otras fechas.

Las políticas de privacidad de los datos varían en cada país, por lo que algunas veces se debe preservar el anonimato total de los usuarios y no se dispone del género de los mismos, como en el caso del trabajo piloto de España antes descrito. Sin embargo, en otros lugares sí es posible contar con los datos de telefonía móvil desagregados por género, como se demostró con un proyecto desarrollado en Santiago de Chile (Gauvin et al., 2019). En dicho país, se analizaron los patrones de movilidad a partir de los registros detallados de las llamadas de telefonía móvil, en donde se contó con la desagregación por tipo de sexo (masculino o femenino). Para el análisis posterior, se complementaron los datos de telefonía móvil con capas de información georreferenciadas como usos de suelo, infraestructura de transporte y estratos socioeconómicos.

Aplicaciones para teléfonos inteligentes útiles para la seguridad de las mujeres en el transporte

El problema de la inseguridad de las mujeres en el acceso a la infraestructura de transporte público y en el propio transporte es complejo y transversal, por lo que se debe atacar desde distintos puntos. En el presente artículo se mencionan algunas aplicaciones para teléfonos inteligentes que permiten realizar auditorías con metodologías formales para evaluar la seguridad de las mujeres en el acceso al transporte, así como otras aplicaciones que permiten que las propias usuarias aporten información colaborativamente o den aviso mediante un botón de pánico de alguna situación que las pone en riesgo.

En México, la encuesta de inseguridad que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ya incluye el acoso y la violencia sexual en la vía pública. Con respecto a este gran problema, el Gobierno de la Ciudad de México desarrolló la aplicación para teléfonos inteligentes “Vive segura CDMX” para contribuir a aumentar la seguridad de las mujeres y niñas (ver Figura 1); la cual permite, reportar situaciones de acoso o violencia sexual en el transporte o espacio público, y formalizar la denuncia a través del Ministerio Público Virtual.



Figura 1. Aplicación “Vive Segura CDMX”.

Consulta el artículo completo en:

<https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=505&IdBoletin=184>

GRADILLA LUZ

lgradilla@imt.mx



Red Nacional de Datos Oceanográficos para Zonas Portuarias y Costeras.

De acuerdo con Yoshimi Goda (1990), el clima de oleaje se describe en forma mensual, anual y estacional. Sus principales elementos son: la altura, el período y la dirección de incidencia del oleaje. Esta última se expresa comúnmente en un sistema de 16 direcciones (N, NNE, NE, ENE, etc.).

Las fuentes de información para la caracterización del clima de oleaje son las siguientes:

- Datos visuales de oleaje como el Ocean Waves Statistics (véase figura 1) y Sea and Swell Charts (véase figura 1). Esta fuente de información proporciona datos de altura, período, direcciones del oleaje y número de observaciones en forma mensual.
- Pronósticos de oleaje donde se toma como referencia información global de campos de viento, por ejemplo, el Atlas de Oleaje Oceánico de México (ATLOOM) desarrollado y publicado por el Instituto Mexicano del Transporte (IMT).
- Mediciones directas mediante la instalación de ológrafos direccionales y boyas direccionales medidoras de oleaje, como la Red Nacional de Estaciones Oceanográficas y Meteorológicas (RENEOM) desarrollada e implementada por el IMT.

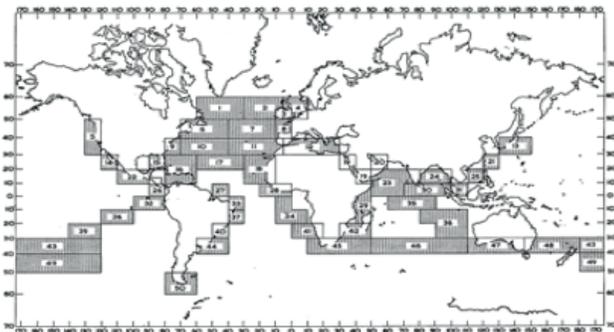


Figura 1. Zonificación de información de datos visuales de oleaje.
Fuente: Ocean Waves Statistics, Laboratorio Nacional de Física, Ministerio de Tecnología de la Gran Bretaña, 1967.

Para su aplicación en estudios y proyectos de Ingeniería de Puertos y Costas, el clima de oleaje se divide en:

- **Clima de oleaje medio:** Representación de las características del oleaje, en tablas de frecuencias cruzadas para el régimen mensual, estacional y anual.
- **Clima de oleaje extremal:** Definición de la altura de ola de diseño de estructuras de protección en puertos y costas, relacionada con el período de retorno asociado a dicha altura.

Los registros de oleaje generalmente consisten de una curva como la que se muestra en la figura 2, mismos que generalmente son producto de una muestra de datos de oleaje medidos durante un tiempo de 30 minutos registrados en intervalos fijos continuos de muestreo de 0.7 s (1.42 Hz).

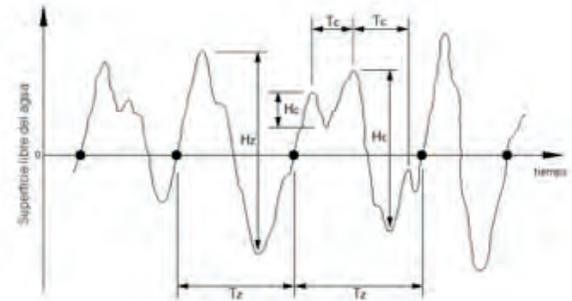


Figura 2. Registro de oleaje con equipos de medición.

Análisis del oleaje en el dominio de la frecuencia

Espectro frecuencial del oleaje: El perfil de la superficie libre del agua indicada en la figura 2, también puede ser analizado en el dominio de la frecuencia mediante la aplicación de series de Fourier. En esencia, algún estado del mar unidireccional se puede escribir matemáticamente por una serie infinita compuesta de ondas sinusoidales de amplitud y frecuencia variable. Cabe señalar que la distribución de la energía respecto a la frecuencia, sin considerar la dirección del oleaje, es llamada espectro frecuencial.

Espectro direccional del oleaje: Los patrones de las crestas de oleaje que se observan en la naturaleza indican que existen diversos componentes de propagación del oleaje en la dirección del mismo. El concepto de espectro direccional describe el estado de la sobre-posición de componentes direccionales y representa a la distribución de la energía del oleaje, en el dominio de la frecuencia en una dirección determinada.

Consulta el artículo completo en:

<https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=506&IdBoletin=184>

MONTOYA José Miguel

mmontoya@imt.mx



Desarrollo e implementación de un programa en Excel para la evaluación de la integridad estructural según la norma BS 7910:2005.

Con el fin de evaluar el cumplimiento de las funciones por las que se diseñaron los componentes estructurales, es necesario usar metodologías de integridad estructural, ya que permiten obtener resultados exactos o predicciones confiables mediante el uso de procedimientos, códigos o normas. Dentro de estos se encuentra el procedimiento de la norma BS7910 del Reino Unido, la cual utiliza diagramas de análisis de fractura o diagramas de falla (*Failure Assessment Diagrams*). La evaluación de la fractura se realiza con base en dos parámetros normalizados, K_r y L_r , que se definen como:

$$L_r = \frac{F}{F_Y} \quad K_r = \frac{K_I}{K_C}$$

Donde F es la carga aplicada y F_Y es la carga de colapso plástico. Asimismo, K_I es el factor de intensidad de esfuerzos y K_C representa el valor del factor de intensidad de esfuerzos críticos. La curva K_r contra L_r simboliza el límite de la resistencia a la fractura.

La estimación se basa en la posición de las coordenadas del punto (K_r, L_r) con respecto a la línea de falla. En la figura 1 se describe la interpretación del diagrama. Por lo general, en la obtención de estos diagramas los cálculos necesitan un programa que permita repetirlos cada vez que se realiza una evaluación.

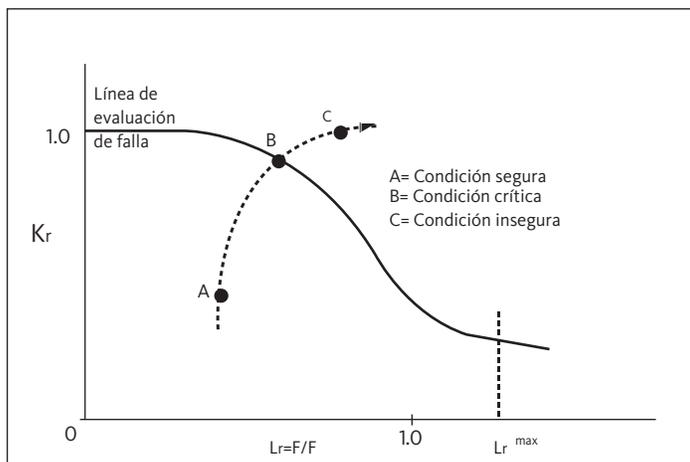


Figura 1. Diagrama evaluación de falla, donde se indican las tres posibles situaciones: A, Segura, B, Condición crítica y C, Insegura.

El objetivo de este trabajo es poder desarrollar un programa en la hoja de cálculo de Microsoft® Office Excel, con el fin de facilitar el uso de la norma BS 7910:2005 y ofrecer al usuario una secuencia ordenada de este procedimiento.

Resultados

Una vez introducido en el programa las ecuaciones y datos que se necesitan, se presentan las gráficas de los diagramas de evaluación de falla en los niveles 1, 2A, 2A Lüder y 2B, (ver figura 2).

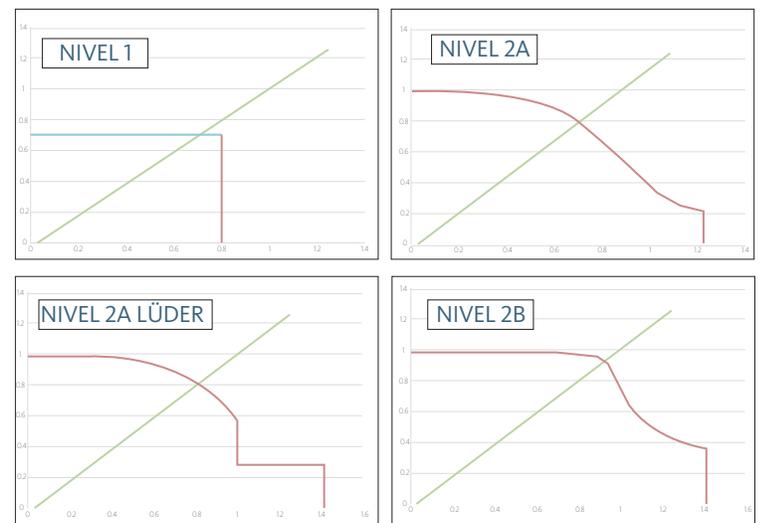


Figura 2. Resultados obtenidos con base al sistema.

Comentarios

En esta fase del desarrollo del programa de integridad estructural se pueden evaluar defectos superficiales que tienen una grieta elíptica en materiales en forma de placa, desde el nivel 1 hasta el nivel 2B. Posteriormente, se desarrollarán los diferentes casos que se pueden presentar en el estudio de integridad estructural, con el fin de evaluar su integridad estructural utilizando el procedimiento BS7910, 2005.

Consulta el artículo completo en:

<https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=507&IdBoletin=184>

TERÁN Jorge
EVANGELISTA Jesús
ARROYO Maura

jteran@imt.mx
jesuszea167@gmail.com
marroyo@imt.mx



PROYECTO EN MARCHA

Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2020.

Este estudio se encuentra en proceso en la Coordinación de Estudios Económicos y Sociales del Transporte (CEEyST), cuyo propósito es aportar al Sector Transporte información sobre costos de operación base de los vehículos más representativos que circulan por la red carretera federal de México, con el fin de apoyar a los responsables de realizar la evaluación económica de proyectos de inversión y de instrumentar las políticas de conservación carretera.

Desde 2018 la CEEyST lleva a cabo anualmente la actualización de los costos de operación base, debido a la necesidad de contar con información reciente sobre el tema, derivada de la demanda proveniente de diversas áreas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), así como de empresas de consultoría y de gobiernos estatales.

El estudio contempla actualizar, para el año 2020, los costos de operación base de las siete composiciones vehiculares más representativas del transporte interurbano en México.

Para el cálculo de los Costos de Operación se recurre al uso del software Vehicle Operating Costs 4.0, versión más reciente del Banco Mundial (VOC, por sus siglas en inglés). La primera versión del software mencionado fue desarrollada en el año de 1987, siendo Brasil, La India, Kenia y Santa Lucía los países donde se probó su utilidad.

Los resultados de los estudios realizados en Brasil fueron los más útiles para el caso de México. Por ello, se adaptaron a las condiciones de nuestro país, complementándose con las características geométricas de:

- Sus carreteras (Figura 1),
- Tipos de vehículos que circulan por ellas (Figura 2),
- Precios de sus insumos.

Adicionalmente se realiza un ejemplo ilustrativo, con objeto de mostrar la magnitud de los costos de operación, condicionados por los alineamientos y la rugosidad, en comparación con los costos de conservación durante la vida útil de una carretera.



Figura 1. Características geométricas de las carreteras.



Figura 2. Composición vehicular del tránsito.

El informe contendrá tres apéndices con información relativa a las características técnicas de los vehículos considerados en el análisis, los consumos y rendimientos de combustibles, así como del costo de fletes, información que se utilizará para validar los resultados finales.

Para mayor información, escribe a:

ARROYO José Antonio	jaarroyo@imt.mx
TORRES Guillermo	gtorres@imt.mx
GONZÁLEZ José Alejandro	agonzalez@imt.mx
HERNÁNDEZ Salvador	chava@imt.mx

EVENTOS ACADÉMICOS

Cambio climático: Requerimiento de adaptación de la infraestructura carretera.

Con el apoyo del Ing. Jesús Felipe Verdugo López, Director General del Centro SCT Baja California, los días 6 y 7 de Marzo de 2020 se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Transferencias, del Centro SCT Baja California, en la Ciudad de Mexicali el Curso-Taller "Marco Internacional para la Adaptación de la Infraestructura Carretera ante el Cambio Climático".

El curso ofrece a los participantes conocimiento sobre el "Marco Internacional para la Adaptación de la Infraestructura Carretera ante el Cambio Climático", para que dicha herramienta pueda ser un mecanismo eficaz y útil para la identificación de riesgos asociados a los fenómenos del cambio climático, y que estos riesgos puedan ser evaluados y priorizados, de tal manera que aquellos que se determinen con un alto impacto para la red de transporte puedan ser atendidos mediante el desarrollo de estrategias y respuestas de adaptación, y que dichas acciones puedan ser incorporadas a los programas de inversión de los organismos de carreteras.

En el curso participaron tomadores de decisiones y expertos técnicos del Centro SCT Baja California, que se encuentran fuertemente vinculados a la operación y mantenimiento de las carreteras, particularmente en la atención de los riesgos asociados a fenómenos climáticos, así como al diseño y planeación de carreteras con el objetivo de incorporar el riesgo al cambio climático en los proyectos de infraestructura carretera.

Dadas las medidas de prevención sugeridas por las autoridades sanitarias en relación al COVID-19, se ha decidido que las siguientes fechas serán suspendidas hasta nuevo aviso.



Participantes en el Curso-Taller "Marco Internacional para la Adaptación de la Infraestructura Carretera ante el Cambio Climático" en las instalaciones del Centro SCT Baja California, en la Ciudad de Mexicali.

PUBLICACIÓN

Evaluación del desempeño de mezclas asfálticas con la rueda cargada de Hamburgo.

La prueba de la rueda cargada de Hamburgo es muy utilizada en México para complementar el diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa de alto desempeño y como un ensayo de control de calidad en campo para verificar el desempeño de la mezcla asfáltica a la deformación permanente y susceptibilidad a la humedad. La temperatura de prueba utilizada es 50 °C y la cantidad mínima de pasadas especificadas para una deformación máxima de 10 mm depende del nivel de tránsito de diseño.

En el presente estudio se evaluó el efecto de la temperatura de prueba y la granulometría en los resultados de la rueda cargada de Hamburgo. Los resultados indican que las mezclas asfálticas fabricadas con asfalto sin modificar y modificado presentan un desempeño similar cuando se someten a un ensayo a 50 °C de temperatura, pero si la temperatura de prueba se incrementa se detectan diferencias en el desempeño entre mezclas con diferentes granulometrías y rigideces de asfalto.

Se puede consultar de forma gratuita en la página del Instituto:

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt568.pdf>





Lic. Ana Karen Bustamante Cano

El diseño y la elaboración de la presente publicación estuvo a cargo de:

Se autoriza la reproducción parcial o total de los artículos contenidos en este ejemplar, siempre y cuando sean citados como fuente los nombres de autor (es), título del artículo, número y fecha de este boletín.

El contenido de los artículos aquí publicados así como las opiniones expresadas son responsabilidad exclusiva de sus autores; por tanto, no refleja necesariamente el punto de vista del Instituto Mexicano del Transporte.

Cualquier comentario o sugerencia con respecto a esta publicación o ejemplares pasados, agradeceremos su contacto por medio del correo electrónico notas@imt.mx



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
APARTADO POSTAL 1098
76000 QUERÉTARO, QRO.
MÉXICO.

PORTE PAGADO
CARTAS
CA22-0070
AUTORIZADO POR SEPOMEX

POR AVIÓN
AIR MAIL

PUBLICACIONES, BOLETINES Y NORMAS

<http://publicaciones.imt.mx>
<http://boletin.imt.mx>
<http://normas.imt.mx>
publicaciones@imt.mx
notas@imt.mx
normas@imt.mx

CURSOS INTERNACIONALES IMT

<http://actualizacion-postprofesional.imt.mx>
capitacion@imt.mx

INFORMACIÓN Y CONTACTO

www.imt.mx

 (442) 216 97 77
ext: 2111
 Instituto Mexicano del Transporte
 @IMT_mx
 notas@imt.mx