



Membranas para la impermeabilización de losas de concreto de puentes

Sofía Vignoli-Vargas

*Candidata a Lic. Ingeniería Civil
Universidad de Costa Rica
sofiavignoli1@gmail.com*

Ing. Luis Guillermo Vargas-Alas

*Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural
luisguillermo.vargas@ucr.ac.cr*



Colocación de membrana impermeable en el puente sobre el río Salto, Ruta Nacional No. 1 (Vargas-Alas, 2015)

Comité editorial:

Ing. Esteban Villalobos - Vega
*Coordinador Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural*

Ing. Rolando Castillo - Barahona, Ph.D.
*Coordinador General
Programa de Ingeniería Estructural*

Introducción

El tablero es el elemento de una estructura de puente que comúnmente presenta mayor deterioro en un menor lapso de tiempo, debido a que está sometido al contacto directo con las ruedas de los vehículos y a las distintas condiciones climáticas. En muchos casos, la reducida durabilidad de este componente tiende a limitar la vida útil de toda la estructura (Strandquist, 2012). En el caso particular de losas de concreto, la mayoría de los problemas que en ellas se presentan son causados por la corrosión del acero de refuerzo (Federal Highway Administration, 2003).

El concreto, al ser un material permeable, permite el ingreso de humedad, cloruros y otras sustancias hasta el nivel en el que se encuentra el acero de refuerzo, las cuales, propician su corrosión dependiendo de las condiciones del entorno. El proceso de la corrosión genera en el acero de refuerzo zonas en las que la sección transversal se expande por la formación de láminas, las cuales, se pierden paulatinamente reduciendo la sección transversal. Estas expansiones inducen esfuerzos en el concreto que pueden provocar la formación de grietas y desprendimientos. La pérdida de sección transversal del acero de refuerzo en conjunto con el deterioro del concreto, pueden reducir considerablemente la capacidad estructural de carga de la losa y perjudicar la calidad de la superficie de rodamiento.

Una vez que se ha iniciado el proceso de corrosión del acero, se deben implementar medidas de rehabilitación y reparación que pueden ser sumamente costosas. Por esta razón, se considera que la opción más eficiente, desde el punto de vista económico, para mantener y asegurar la vida útil de una losa de concreto, es la implementación de sistemas de protección que eviten el inicio de la corrosión del acero en lugar de reparaciones posteriores a su ocurrencia. (Federal Highway Administration, 2003)

Los sistemas de protección contra la corrosión del acero de refuerzo se clasifican en cuatro estrategias que se utilizan para proteger la losa:

- La primera estrategia consiste en proteger el acero directamente, mediante métodos físicos o químicos. Generalmente esto se logra recubriendo las varillas con un material epóxico o aplicando protección catódica.
- La segunda estrategia consiste en retardar el inicio del proceso de corrosión al incrementar el recubrimiento de concreto sobre las varillas de refuerzo.

- La tercera estrategia consiste en utilizar concretos cuya permeabilidad sea menor que los concretos convencionales.
- La cuarta estrategia consiste en la instalación de sistemas sobre la superficie de la losa, tales como las membranas impermeabilizantes y sobrecapas, con el propósito de evitar completamente el ingreso de humedad y cloruros a la losa. (Strandquist, 2012)

La mayor efectividad para evitar la corrosión del acero de refuerzo se obtiene cuando se implementan en conjunto varios sistemas de protección de diferentes grupos. Sin embargo, esta combinación de métodos puede no ser posible, práctica o económicamente viable en puentes existentes y en menor grado en puentes nuevos.

La mayoría de los sistemas de protección contra la corrosión de las primeras tres estrategias solo pueden ser aplicados durante el proceso constructivo de un puente. Por el contrario, las estrategias del cuarto grupo tienen la ventaja de que pueden ser implementados en puentes nuevos o en puentes existentes. En el caso de los puentes nuevos, son capaces de prevenir y proteger el acero del inicio de la corrosión. En el caso los puentes existentes, estos sistemas son utilizados como métodos de rehabilitación con el fin de aumentar la vida útil del puente.

Este boletín técnico describe específicamente los sistemas de membranas impermeabilizantes: sus ventajas y desventajas, los tipos de sistemas, sus componentes principales, las prácticas consideradas como adecuadas durante su proceso de instalación y, finalmente, se expone como caso de estudio el sistema de membrana impermeabilizante utilizado en el puente sobre el Río Aranjuez en la Ruta Nacional 1. Recientemente, en el país este tipo de sistema también se ha utilizado en otros proyectos como la ampliación y rehabilitación de los puentes del tramo Cañas-Liberia en la Ruta Nacional No. 1.

Además, este boletín es un punto de partida para describir distintos sistemas de protección contra la corrosión del acero de refuerzo que forman parte del cuarto grupo; es decir, que se instalan sobre la superficie de la losa. En posteriores boletines técnicos se estarán describiendo otros sistemas de protección.

Sistemas de membranas impermeabilizantes

Las membranas se comenzaron a utilizar en Estados Unidos a partir de los años sesentas como una posible

solución a la extensa corrosión del acero que se observó en losas de puentes. Pueden instalarse sobre puentes nuevos y puentes existentes. Los sistemas de membranas están conformados principalmente por una barrera que evita el paso de la humedad y, sobre ella, otra capa que sirve como superficie de desgaste y de rodamiento para los vehículos, la cual generalmente está compuesta por asfalto (Strandquist, 2012). Generalmente, también se adicionan al sistema otros componentes cuya función consiste en proteger la membrana, o bien, mejorar la adhesión entre la losa, la membrana y la superficie asfáltica. (Transportation Research Board, 2011).

En Estados Unidos, las agencias de transportes que utilizan como sistema de protección las membranas impermeabilizantes, esperan que estas tengan una vida útil de 16 a 20 años cuando son instaladas en puentes nuevos y de 6 a 20 años cuando son instaladas en puentes existentes (Transportation Research Board, 2011). Sin embargo, la durabilidad del sistema puede verse limitada por varios factores, los cuales se presentan a continuación.

En primer lugar, el desempeño de un sistema de impermeabilización por membranas depende en gran medida de la compatibilidad entre los componentes. Gran parte de los deterioros observados en estos sistemas están relacionados con una adherencia insuficiente entre las diferentes capas de material. El problema reside en que el asfalto no es un material

impermeable, por lo que al no haber una adherencia completa entre capas, el agua ingresa a través del asfalto, se acumula sobre la membrana y es capaz de deteriorar la porción inferior de la carpeta asfáltica. (Federal Highway Administration, 2003)

En segundo lugar, si la adherencia es adecuada, el principal factor que limita la durabilidad del sistema es la vida útil de la superficie de rodamiento asfáltica. Este elemento es considerado uno de los componentes más débiles del sistema de membranas debido a que está expuesto a las cargas dinámicas de los vehículos, lo que con el tiempo genera su desgaste. Por esta razón, según Standquist (2012), varias agencias de transportes a nivel mundial realizan rehabilitaciones de la carpeta asfáltica una o dos veces antes de reemplazar por completo el sistema de membranas impermeabilizantes.

Por otro lado, gran parte de la durabilidad del sistema recae en que el proceso de instalación se ejecute de forma adecuada. Por lo anterior, resulta imperativo que la instalación sea realizada por un equipo con experiencia en este tipo de sistemas. Más adelante, se presentan las consideraciones y cuidados que deben tenerse durante este proceso.

Ventajas y desventajas

El sistema de protección por medio de membranas posee varias ventajas y desventajas, las cuales se enumeran en la Tabla 1.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los sistemas de membranas impermeabilizantes

Ventajas	Desventajas
1. El proceso de instalación es rápido.	1. Cuando hay niveles de tráfico elevados, la vida útil de la membrana impermeabilizante se ve limitada por la durabilidad de la superficie de desgaste.
2. Debido a su elasticidad, es capaz de puentear las grietas que se formen en la losa previniendo la reflexión en el sistema de impermeabilización.	2. El concreto asfáltico de la superficie de desgaste es un componente no estructural de la losa que adiciona cargas permanentes a la estructura.
3. La capa de concreto asfáltico es una superficie de rodamiento adecuada para vehículos.	3. Este sistema no es adecuado en puentes con pendientes mayores al 4% ya que la capacidad de adherencia en algunos sistemas es limitada y puede producir el empuje y desprendimiento de la carpeta asfáltica.
4. Son capaces de resistir ambientes más agresivos que otros tipos de sistemas de protección.	

Fuente: Federal Highway Administration, 2003 y Strandquist, 2012



Tipos de membranas impermeabilizantes

Existen principalmente dos tipos de sistemas de membranas impermeabilizantes:

- Membranas líquidas hechas en sitio
- Membranas preformadas

Los sistemas de membranas líquidas hechas en sitio, a diferencia de los sistemas preformados, incluyen una capa de tela reforzada cuya función es aportar al sistema mayor capacidad para unir las grietas de la losa. La tela reforzada se explicará en detalle más adelante.

Por otro lado, los sistemas de membranas preformadas están compuestas por láminas de tamaño y espesor estándar. Estas son unidas a la superficie por medio de calor o adhesivos (Strandquist, 2012). Según AASHTO (2010). Estos sistemas de membranas preformadas pueden ser de uno de los siguientes dos tipos: tipo asfalto encauchado o tipo asfalto modificado.

En la Tabla 2 se presenta una comparación entre los sistemas líquidos y los sistemas prefabricados.

Materiales

Los componentes que comúnmente conforman los sistemas de membranas son los siguientes:

- Losa de concreto
- Imprimación o “Primer”
- Membrana impermeabilizante (prefabricada o líquida hecha en sitio)
- Tela reforzada (en el caso de los sistemas líquidos)
- Capa de protección
- Capa adhesiva
- Pavimento asfáltico.

En la Figura 1 y la Figura 2 se ilustra la configuración usual de dichos componentes en sistemas de membranas prefabricadas y hechas en sitio, respectivamente. Se debe tener en cuenta que esta configuración puede variar dependiendo del fabricante y la complejidad del sistema. A continuación se describen con mayor detalle cada uno de los componentes anteriores.

Tabla 2. Comparación entre sistemas de membranas líquidas y membranas preformadas

Membranas líquidas	Membranas preformadas
1. Son fáciles de instalar en puentes sesgados o con forma irregular.	1. Son difíciles de instalar en puentes sesgados o con forma irregular.
2. En puentes que presentan pendientes, el líquido puede fluir durante su aplicación.	2. En puentes que presentan pendientes, la aplicación de sistemas preformados compuestos por láminas no se ve afectada.
3. Resulta difícil lograr que la membrana líquida mantenga un espesor constante a lo largo de toda la losa.	3. Todas las láminas tienen el mismo espesor.
4. Es posible instalar una capa transparente de producto.	4. Las láminas tienen tamaños predeterminados y es necesario hacer traslapes.
5. Algunos líquidos emiten al ambiente vapores dañinos.	5. No representa alguna amenaza de emitir vapores dañinos.
6. Generalmente deben ser mezclados en sitio, por lo que pueden darse inconsistencias en el producto.	6. La producción de las membranas es controlada en fábrica.

Fuente: Strandquist, 2012

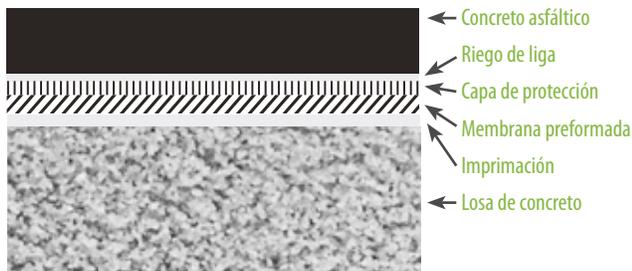


Figura 1. Esquema de los posibles componentes en sistemas de membranas prefabricadas. Fuente: Adaptado de Transportation Research Board, 2011.

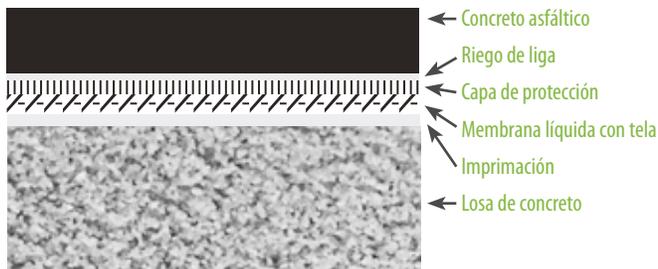


Figura 2. Esquema de los posibles componentes en sistemas de membranas líquidas. Fuente: Adaptado de Transportation Research Board, 2011.

Imprimación

En la imprimación se utiliza un material principalmente para propiciar una mejor adhesión entre el concreto de la losa y la membrana impermeabilizante. Complementariamente, este material tiene la capacidad de sellar y puentear las grietas de la losa. (Strandquist, 2012)

Todos los materiales que se utilicen como imprimación deben cumplir con las especificaciones establecidas en la norma ASTM D41. Es importante además asegurarse que la imprimación y la membrana sean compatibles. Generalmente, los fabricantes de sistemas de membranas ofrecen productos que se ha comprobado que funcionan bien juntos. Sin embargo, cuando no existen estas recomendaciones del fabricante es necesario realizar pruebas para asegurar la compatibilidad entre materiales. Como se explicó anteriormente, uno de los principales problemas que se presentan en sistemas de membranas impermeabilizantes es la falta de adhesión entre componentes, por lo cual, este problema debe ser evitado desde el inicio.

Membrana

La membrana es en sí el elemento del sistema encargado de evitar el paso de agua hasta la losa de concreto; es decir, es el componente impermeabilizante. Como se explicó anteriormente, las membranas prefabricadas se clasifican en membranas tipo asfalto encauchado o tipo asfalto modificado.

Para el caso de las membranas prefabricadas instaladas específicamente en losas de concreto de puentes, estas deben cumplir con los requerimientos establecidos en varias normas ASTM, los cuales se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3. Requerimientos para membranas prefabricadas sobre losas de puentes de concreto

Propiedad	Norma	Tipo Asfalto Encauchado	Tipo Asfalto Modificado
Resistencia a tensión en la dirección de la máquina	ASTM D882	8,76 kN/m	7,01 kN/m
% de elongación en la ruptura en la dirección de la máquina	ASTM D882	15 % a 23 °C ± 16 °C	10 % a 23 °C ± 16 °C
Flexibilidad	ASTM D146	Sin grietas	Sin grietas
Espesor mínimo	-	1,7 mm	1,8 mm
Punto de ablandamiento	ASTM D36	74 °C	99 °C

Fuente: AASHTO, 2010

Tela reforzada

Tal y como se mencionó en la sección previa, la tela reforzada se utiliza en sistemas de membranas líquidas para unir y detener la propagación de grietas pequeñas en la losa de concreto. Esta puede colocarse a lo largo de todo el tablero, o bien, únicamente en las zonas más críticas como por ejemplo en zonas agrietadas, zonas con juntas frías o a lo largo de bordillos (Strandquist, 2012)

La tela reforzada utilizada debe cumplir con lo establecido en la norma ASTM D173 para el tipo de material, las propiedades físicas, el tipo de mano de obra, la inspección y los criterios de aceptación. La instalación se realiza presionando la tela reforzada sobre la membrana líquida cuando esta se encuentra húmeda (AASHTO, 2010).

Capa de protección

Como su nombre lo indica, esta capa es la encargada de proteger a la membrana impermeabilizante de impactos de las ruedas de los vehículos y de la compactación de la superficie de rodamiento. Además, evita la formación de grietas en la membrana generados por agregados gruesos filosos y por vehículos de construcción (AASHTO, 2010).

No siempre se incluye una capa de protección durante la instalación de un sistema de membranas impermeabilizantes. Por ejemplo, en Canadá y en el Reino Unido estas son comúnmente implementadas pero, por el contrario, en Estados Unidos su uso es poco extendido. (Strandquist, 2012)

Riego de liga (“tack coat”)

El riego de liga es una capa adhesiva cuya función consiste en aumentar la unión entre otras dos capas: ya sea entre la membrana y la capa de protección o entre la capa de protección y la superficie asfáltica. El riego de liga resulta más vulnerable a sufrir daños durante el proceso de instalación del sistema, específicamente durante la colocación y la compactación del asfalto que conforma la superficie de desgaste y rodamiento, ya que puede ser removido por los vehículos que se utilizan en la construcción. Por esta razón, se deben emplear estrategias para mitigar este problema. (Strandquist, 2012)

Superficie de rodamiento asfáltica

Al sistema de membranas impermeabilizantes se le debe incorporar adicionalmente una capa de rodamiento ya que el material del que están compuestas las membranas, tanto líquidas como prefabricadas, no provee suficiente resistencia al deslizamiento para el tránsito. Además, se requiere de una superficie de desgaste que proteja a la membrana del deterioro generado por las cargas vehiculares. Esta capa de rodamiento y desgaste generalmente está compuesta por una o varias capas de concreto asfáltico. (Strandquist, 2012)

La carpeta asfáltica es considerada por muchas agencias de transportes de Estados Unidos y Canadá como uno de los elementos más vulnerables del sistema impermeabilizante, por lo que su durabilidad limita la vida útil de todo el sistema (Transportation Research Board, 2011). Una solución para este problema consiste en aumentar el espesor de la capa asfáltica. Entre mayor sea el espesor de la capa, el pavimento tendrá

mayor durabilidad y se transmitirán esfuerzos cortantes más bajos a la interface entre la membrana y la superficie asfáltica. Sin embargo, antes de su instalación, es necesario revisar que el puente sea capaz de soportar de forma segura la carga permanente adicional aportada por la capa de concreto asfáltica, de forma que no se generen daños estructurales ni que se reduzca más allá de límites permisibles la capacidad de carga viva del puente. Generalmente, el espesor de la superficie de desgaste y de rodamiento se encuentra entre 50 mm y 115 mm. (Strandquist, 2012)

El concreto asfáltico utilizado debe cumplir con lo establecido en la norma ASTM D449.

Proceso de instalación

Según la síntesis NCHRP 425, del Transportation Research Board (2011), la instalación de un sistema de membrana impermeabilizante generalmente incluye las siguientes etapas:

1. Preparación de la superficie de la losa
2. Aplicación de la imprimación al concreto
3. Instalación de la membrana impermeabilizante
4. Reparación de áreas inaceptables debido a un espesor de membrana inadecuado
5. Instalación de la superficie de desgaste y rodamiento asfáltica

Existen muchas especificaciones diferentes para la instalación de este tipo de sistemas. Algunas agencias de transportes siguen las especificaciones de AASHTO, otras siguen las recomendaciones del fabricante y otras, incluso, se basan en sus propias experiencias. A continuación se exponen algunas recomendaciones y prácticas generalmente usadas durante la instalación de membranas impermeabilizantes.

- Preparación de la superficie: es una etapa de gran importancia ya que afecta la adherencia entre la losa y la membrana. La superficie debe limpiarse de modo que quede totalmente libre de protuberancias, bordes ásperos, materiales sueltos y cualquier otro material contaminante. Durante la limpieza no se debe utilizar agua ya que la losa debe estar completamente seca en el momento de la instalación de la membrana. Por esta razón, algunas agencias de transportes de Estados Unidos recomiendan el uso de aire a presión para

lograr una limpieza abrasiva. (Transportation Research Board, 2011)

En puentes nuevos, la superficie de concreto debe curarse por lo menos 14 días y, posteriormente, se debe remover cualquier lechada o material de curado remanente. Por otro lado, en puentes existentes, la superficie debe estar libre de aceites y asfalto. Además, se deben reparar todas las delaminaciones, astillamientos y parches existentes. Si existen grietas inactivas de más de 0,79 mm de espesor, se deben cubrir con mortero. Si hay presencia de grietas activas, se deben rellenar con selladores flexibles. (Federal Highway Administration, 2003)

- Aplicación de la Imprimación: Una vez que se ha concluido con la limpieza, se procede a colocar la imprimación, la cual se deja reposar hasta que pierda su cualidad adhesiva.
- Instalación de la membrana: Luego, se coloca la membrana en las siguientes 24 horas siguiendo las recomendaciones del fabricante (Federal Highway Administration, 2003). En el caso de las membranas líquidas, se debe colocar tela reforzada sobre juntas frías, curvas y grietas. En el caso de las membranas prefabricadas, se debe iniciar la instalación desde el punto más bajo de la losa y se le debe dejar un traslape entre láminas adecuado (Transportation Research Board, 2011).
- Reparación de áreas inaceptables: Posterior a la colocación de la membrana, se deben reparar las zonas que se consideren inadecuadas, ya sea porque el espesor es insuficiente o porque se evidenciaron defectos que puedan comprometer su efectividad. Todas las reparaciones requeridas deben ser realizadas con base en las recomendaciones del fabricante.

- Instalación de la superficie de desgaste: Seguidamente se procede a instalar la carpeta asfáltica. Este paso debe realizarse en un tiempo tal que se le haya dado un curado adecuado a la membrana y que esta no se esponga más de lo necesario a daños potenciales. Este tiempo generalmente está en el rango de 1 a 5 días. (Transportation Research Board, 2011)

Caso de estudio: Puente sobre río Aranjuez en la Ruta Nacional 1

En el año 2011 se realizó la impermeabilización del tablero del puente sobre el río Aranjuez en la Ruta Nacional 1 utilizando un sistema de membranas. El primer paso en este proceso consistió en cerrar uno de los carriles y limpiar cuidadosamente la losa. Seguidamente, se procedió con la colocación de la imprimación sobre la superficie, tal y como se muestra en la Figura 3.

Posteriormente, se realizó la instalación de la membrana impermeabilizante la cual consistía en láminas prefabricadas. Dicha instalación se inició desde el punto más bajo de la losa siguiendo hacia el más alto, con el fin de evitar la infiltración del agua durante su drenaje fuera del tablero. Además, se dejó en todas las láminas un área traslape según lo recomendado por las instrucciones del fabricante (ver Figura 4). La adhesión de la membrana a la losa se logró suministrando calor a la superficie inferior, donde se encuentre el material adhesivo, con el uso de un soplete de gas como se muestra en la Figura 5.

Una vez que se verificó que la membrana estuviera correctamente instalada y que no tuviera daños, se procedió con la colocación de la carpeta asfáltica (ver Figura 6). Finalmente, se verificó la aceptabilidad del sistema mediante la inspección visual. El sistema utilizado en el puente sobre el río Aranjuez no incluía el uso de los componentes de riego de liga y de capa de protección.



Figura 3. Colocación de la imprimación sobre el tablero del puente sobre el río Aranjuez. Fuente: Fonseca-Chaves, 2011



Figura 4. Instalación de la membrana impermeabilizante sobre el tablero del puente sobre el río Aranjuez. Fuente: Fonseca-Chaves, 2011



Figura 5. Uso de soplete para propiciar la adhesión de la membrana a la losa. Fuente: Fonseca-Chaves, 2011



Figura 6. Colocación de la sobrecapa asfáltica sobre la membrana impermeabilizante. Fuente: Fonseca-Chaves, 2011

Conclusiones

Las membranas impermeables son uno de los métodos de protección contra la corrosión del acero de refuerzo que se pueden aplicar en losas de concreto, ya sea desde el proceso constructivo o como parte de una rehabilitación del puente.

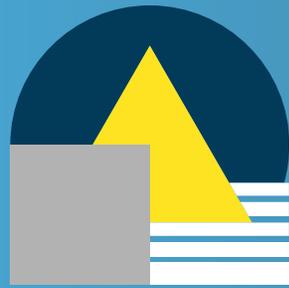
Este tipo de sistemas de membranas se han venido utilizando en Costa Rica. Por lo tanto, es esencial tener en consideración las especificaciones de los fabricantes, la normativa, la calidad del material, la calidad de la mano de obra y los procesos constructivos para colocar las membranas, dado que son elementos que pueden garantizar la durabilidad del sistema.

La utilización de membranas impermeables como estrategia de protección de losas de concreto de puentes debe de ser una decisión sustentada en el conocimiento de otros sistemas que se pueden aplicar, evaluando las ventajas y desventajas desde el punto de vista técnico y económico.

Referencias

- AASHTO. (2010). LRFD Bridge Construction Specifications 3rd Edition. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
- ASTM International. (2003). ASTM D173/D173M-03 Standard Specification for Bitumen-Saturated Cotton Fabrics Used in Roofing and Waterproofing. Pensilvania, Estados Unidos.

- ASTM International. (2012). ASTM D146/D146M-04(2012) Standard Test Methods for Sampling and Testing Bitumen-Saturated Felts and Woven Fabrics for Roofing and Waterproofing. Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2001). ASTM D3515 Standard Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mextures. Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2014). ASTM D36/D36M-14e1 Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus). Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2016). ASTM D41/D41M-11(2016) Standard Specification for Asphalt Primer Used in Roofing, Dampproofing, and Waterproofing. Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2003). ASTM D449/D449-03 Standard Specification for Asphalt Used in Dampproofing and Waterproofing. Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2012). ASTM D882-12 Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plasctic Sheeting. Pensilvania, Estados Unidos.
- Federal Highway Administration. (2003). Bridge Maintenance Training Reference Manual. US Department of Transportation.
- Fonseca-Chaves, F. (2011). Colocación de membrana en el puente sobre el río Aranjuez [Fotografía]. Aranjuez, Puntarenas, Costa Rica: Archivo fotográfico de la Unidad de Auditoría Técnica, PITRA, LanammeUCR.
- Strandquist, B. V. (2012). Assessment of Bridge Deck Protective Systems (Order No. 1535165). Obtenido de ProQuest Dissertations & Theses Global. (1328152171): <https://search-proquest-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/docview/1328152171?accountid=28692>
- Transportation Research Board. (2011). NCHRP Synthesis 425: Waterproofing Membranes for Concrete Bridge Decks. Washington, D.C.
- Vargas-Alas, L. G. (23 de Setiembre de 2015). Colocación de membrana en el puente sobre el río Salto [Fotografía]. Bagaces, Guanacaste, Costa Rica: Archivo fotográfico de la Unidad de Puentes, Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PIE Programa de
Ingeniería Estructural

Ing. Rolando Castillo - Barahona, Ph.D.
Coordinador General
Programa de Ingeniería Estructural

UNIDAD DE PUENTES

Ing. Esteban Villalobos-Vega
Coordinador

Ing. Hellen Garita-Durán

Ing. Jorge Muñoz-Barrantes, Ph.D.

Ing. Luis Guillermo Vargas-Alas

Ing. Pablo Agüero-Barrantes, M.Sc.

Ing. Silvia Vargas-Barrantes

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diagramación, diseño y control de calidad: Licda. Daniela Martínez Ortiz / Óscar Rodríguez Quintana

MEMBRANAS PARA LA IMPERMEABILIZACIÓN DE LOSAS DE CONCRETO DE PUENTES / Febrero, 2018

Palabras clave: Membranas, impermeabilización, puentes, losa, concreto, especificaciones.

Tel. (506) 2511-2500 / Fax (506) 2511-4440 / Código Postal 11501-2060
E-mail: direccion.lanamme@ucr.ac.cr / Sitio web: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr>