

Boletín Técnico

PITRA-LanammeUCR

Volumen 9, N.º14, Agosto 2018

ANÁLISIS DE ESPECIFICACIÓN DE DAÑO POR HUMEDAD PARA COSTA RICA

Ing. Fabiola Miranda Argüello
fabiola.miranda@ucr.ac.cr

Ing. José Pablo Aguiar Moya
jose.aguiar@ucr.ac.cr

Unidad de Materiales y Pavimentos, PITRA-LanammeUCR

I. DAÑO POR HUMEDAD EN MEZCLAS ASFÁLTICAS

En Costa Rica el promedio anual de precipitaciones alcanza los 3000 mm anuales de acuerdo al Banco Mundial (2014), muy por encima de rango máximo reportado por esa misma entidad, según se identifica en la Figura 1. Desde el punto de vista de pavimentos, esta condición climática alerta sobre la necesidad de invertir recursos en materiales y tecnologías que incrementen la resistencia de las mezclas asfálticas al daño por humedad, en aras de que las carreteras cumplan con las expectativas de diseño en términos de durabilidad.



Figura 1. Mapa de precipitaciones promedio anuales (Banco Mundial, 2014)

Comité Editorial 2018:

- Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, PhD, Coordinador General PITRA, LanammeUCR
- Ing. Raquel Arriola Guzmán, Unidad de Normativa y Actualización Técnica, PITRA, LanammeUCR

El daño por humedad corresponde a una de las principales causas de deterioros en las carreteras a nivel mundial. Este tipo de falla puede ocurrir debido a una pérdida de adherencia entre el ligante asfáltico y el agregado o a la difusión de humedad a través de la matriz asfáltica, lo cual debilita la estructura de la mezcla haciéndola más susceptible al deterioro por la aplicación de cargas cíclicas (Hicks, 2003; Lu, 2005; Howard; 2012 y Aguiar, 2015). En la Figura 2 se presentan algunos deterioros producto de este fenómeno.



Figura 2. Tipos de deterioro asociados al daño por humedad en la mezcla asfáltica

II. ESPECIFICACIÓN DE COSTA RICA ANTE EL DAÑO POR HUMEDAD

En Costa Rica el parámetro de aceptación ante el daño por humedad de mezclas asfálticas se basa en el criterio de **Resistencia al Daño Inducido por Humedad**, de acuerdo a la norma INTE-04-01-05 la cual corresponde a una adaptación del ensayo AASHTO T283, más conocido como Lottman Modificado. Este ensayo ha sido adoptado por la metodología Superpave y adicionalmente corresponde a la prueba más utilizada a nivel mundial para cuantificar este deterioro en mezclas asfálticas (Solaimanian, 2003 y Hand, 2012).

El procedimiento AASHTO T283 consiste en someter muestras de mezcla asfáltica a un proceso de saturación parcial (entre 70 y 80 %), cubrirlas con plástico y colocarlas a -18 ± 3 °C durante un mínimo de 16 horas, remover el plástico y colocarlas en un baño a 60 ± 1 °C durante 24 ± 1 hora y finalmente mantenerlas durante 2 horas a $25 \pm 0,5$ °C hasta la falla, tal y como se esquematiza en la Figura 3.

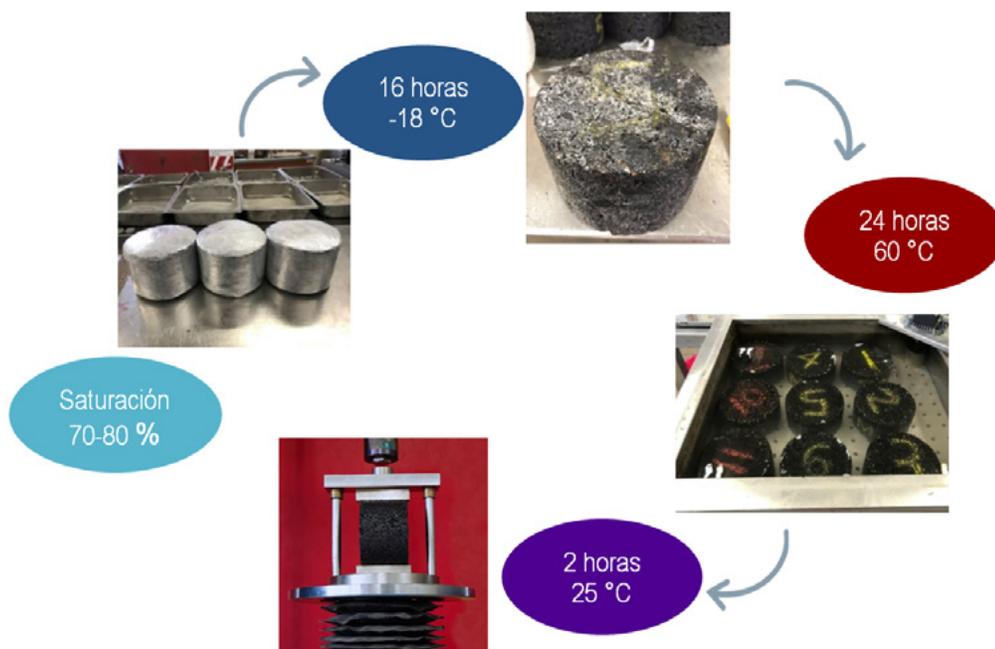


Figura 3. Esquema del ensayo AASHTO T283

El proceso posterior a la saturación, comprendiendo desde el congelamiento hasta la colocación de los especímenes en el baño a 60 °C, se considera como un ciclo de hielo y deshielo. La adaptación de la norma para la especificación de Costa Rica consiste en la eliminación del tratamiento de 16 horas a -18 °C. Esta consideración presume que en el país no se alcanzan temperaturas por debajo de los cero grados.

Las Secciones 401 y 402 del Manual de Especificaciones CR-2010 definen los criterios de aceptación de resistencia al daño por humedad en mezclas asfálticas diseñadas a partir de las metodologías Marshall y Superpave, respectivamente. Los requerimientos del ensayo de Resistencia Retenida a la Tensión Diametral (RRTD) para la adaptación costarricense se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Criterio de aceptación para el parámetro de daño por humedad

Mezcla	Tránsito	RRTD
Tipo A y Tipo B	< 10 millones de ESALs Mediano volumen	≥75 %
Tipo C y Tipo D	> 10 millones de ESALs Alto volumen	≥85 %

Fuente: Adaptado del Manual de Especificaciones CR-2010, 2017

El requerimiento más riguroso, correspondiente a mezclas de alto desempeño (Tipo C y D), especifica un valor mínimo de 85 % en el parámetro de Resistencia Retenida sin efectuar período de congelamiento. Mientras que para mezclas en caliente para mediano volumen de tránsito (Tipo A y B) el requerimiento solicitado corresponde al 75 % para el mismo procedimiento.

La gran expansión del ensayo AASHTO T 283 a nivel mundial como criterio de aceptación ante el parámetro de daño por humedad en contraposición con la presencia prematura de falla de los pavimentos producto de la acción del agua, ha conducido a la identificación de falencias del procedimiento. Dentro de ello se destaca que el método fue desarrollado para condiciones que difieren significativamente a las condiciones de campo en relación con el modo de falla y que, a su vez, es un parámetro que no es posible asociar directamente con el diseño estructural del pavimento, para determinar si el material tendrá un buen desempeño, acorde con lo deseado.

III. PROYECTO DE DAÑO POR HUMEDAD

Históricamente se han realizado numerosos esfuerzos para desarrollar un método experimental en laboratorio capaz de predecir el desempeño de los pavimentos asfálticos ante el fenómeno de daño por humedad (Solaimanian, 2003). Actualmente existen muchos procedimientos que pueden ser utilizados para evaluar de manera cualitativa o cuantitativa la susceptibilidad al daño por humedad, tanto en los materiales primarios (asfalto y agregados) como en la mezcla asfáltica. Sin embargo, estos métodos arrojan resultados con baja o nula correlación con los resultados de las evaluaciones de campo (Hand, 2012). Por tal razón, el LanammeUCR, a través de la Unidad de Materiales y Pavimentos, se dio a la tarea de diseñar y ejecutar un proyecto de investigación con el objetivo de responder a esta necesidad y a su vez, solventar las limitaciones e incertidumbres técnicas que posee la especificación actual, respecto al mecanismo de falla de la mezcla asfáltica por daño por humedad.

El proyecto nace con el propósito de desarrollar una metodología de laboratorio basada en pruebas de desempeño para cuantificar la susceptibilidad al daño por humedad a partir del diseño y producción de mezclas típicas de Costa Rica (en cuanto a fuentes de agregados, tipo de asfalto y granulometrías), de modo que el producto del estudio permita generar especificaciones técnicas para ser aplicadas en el país.

El esquema experimental se resume en la Figura 4.

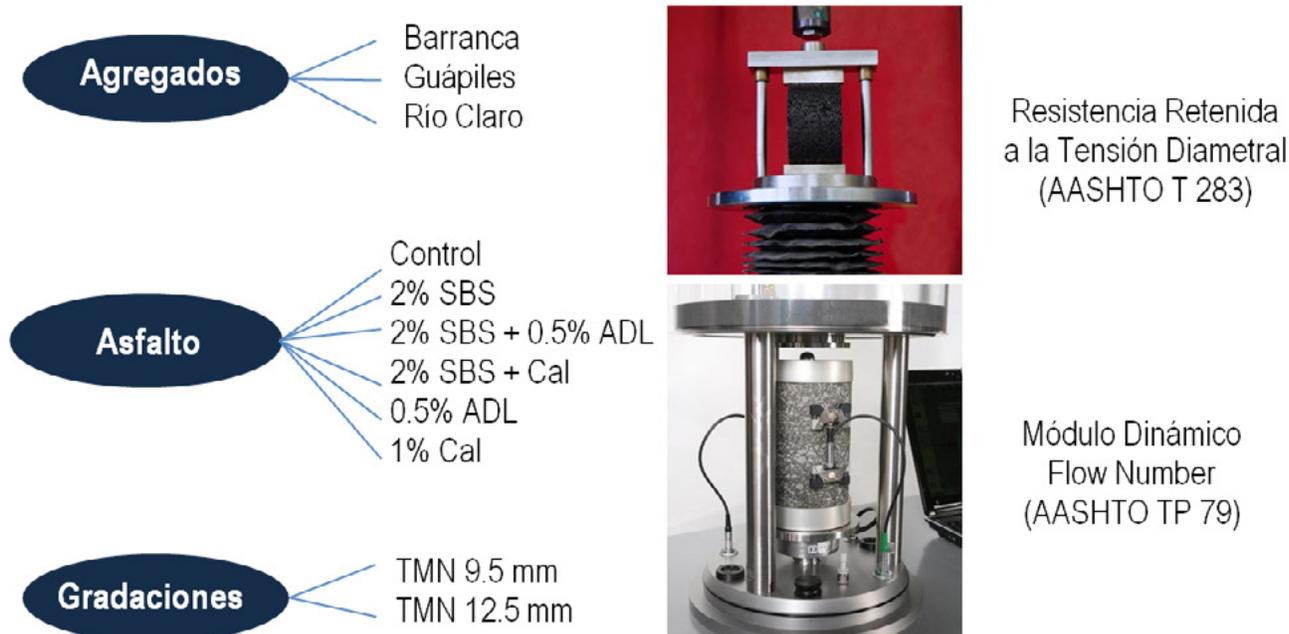


Figura 4. Esquema experimental del proyecto

Donde el SBS consiste en un polímero elastómero (estireno-butadieno-estireno) o caucho termoplástico que contribuye al desempeño general de la mezcla; mientras que el ADL (antidesnudante líquido) y la cal corresponden a agentes antidesnudantes de la mezcla asfáltica.

En contraposición a lo definido en la norma INTE-04-01-05 respecto al acondicionamiento de las muestras, cada uno de los ensayos de desempeño se realiza tras la aplicación de 0, 1, 3 y 6 ciclos de hielo y deshielo, (un ciclo comprende 16 horas a -18°C y un baño atemperado a 60°C durante 24 horas en especímenes saturados entre el 70 y 80 %).

A pesar de que en el país no se experimentan temperaturas por debajo de cero grados, la realidad nacional evidencia problemas de daño por humedad. Por tanto, el esquema experimental contempla la aplicación de diversos ciclos de hielo y deshielo con el objetivo de inducir un daño acelerado en la mezcla asfáltica que permita evidenciar la vulnerabilidad o resistencia de los materiales ante la acción del agua.

La evaluación de la resistencia al daño por humedad se basa en la comparación de los resultados de los ensayos de Resistencia Retenida a la Tensión Diametral (RRTD), Módulo Dinámico (MD) y Flow Number (FN), en especímenes acondicionados respecto a especímenes sin acondicionamiento (secos). Debe destacarse que la realización de múltiples ciclos de acondicionamiento permite obtener resultados que simulan de forma más precisa, el desempeño en campo de los pavimentos asfálticos (Vargas, 2016).

Análisis de resultados

La finalización del alcance previamente definido comprendió la realización de 36 diseños de mezcla Superpave y 432 ensayos de Resistencia Retenida a la Tensión Diametral, Módulo Dinámico y Flow Number. En la Figura 5 se sintetizan los promedios de las mezclas producidas con diferentes tratamientos. Cada barra presenta el promedio de los resultados de 6 mezclas asfálticas para cada condición de asfalto; la línea sobre cada barra corresponde a una desviación estándar por encima y por debajo del promedio. Por otra parte, la línea punteada representa el requisito actual más riguroso para mezclas de alto desempeño (tipo C y D). Del análisis global de los resultados se revela que el promedio

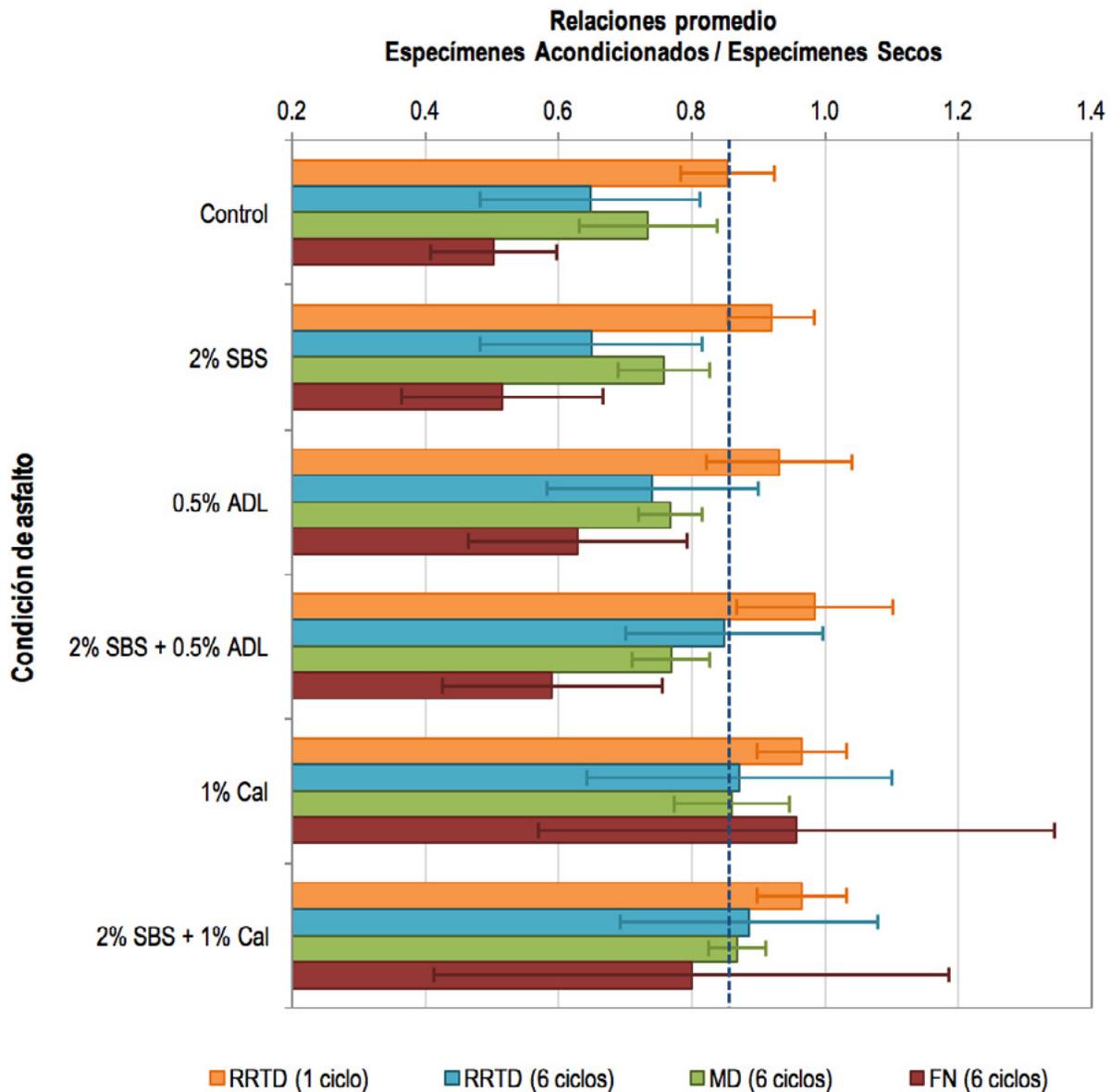


Figura 5. Síntesis de los promedios de las relaciones entre especímenes acondicionados y especímenes secos

general de mezclas cumple con el 85 % en el parámetro de RRTD inclusive efectuando el periodo de congelamiento (RRTD 1 ciclo). De las 36 mezclas ensayadas (6 mezclas por cada condición de asfalto) tan sólo 3 de ellas no alcanzan este parámetro. Se destaca que las mezclas que no alcanzan el valor de RRTD fueron producidas a partir de la fuente de agregados de Río Claro, correspondientes a la mezcla control de TMN 9.5 mm y las mezclas modificadas con ADL de 9.5 y 12.5 mm de TMN. Por otra parte, al someter a los especímenes a un mayor nivel de daño, se revela una alta susceptibilidad a la humedad en mezclas que superaron tal criterio de aceptación. De acuerdo a lo anterior, un hallazgo importante del proyecto consiste en el sustento técnico que evidencia que el parámetro actualmente definido como criterio de aceptación ante el daño por humedad no logra discriminar entre mezclas susceptibles o no al daño por humedad, lo cual se refleja en la realidad de los pavimentos en Costa Rica.

Los resultados mostrados en la Figura 5, a su vez, permiten identificar las bondades de las técnicas de mejoramiento del desempeño de mezclas asfálticas a través del uso de modificantes. Los mayores índices se obtuvieron para las mezclas que contienen cal, lo cual implica el mejor desempeño ante el daño por humedad. Por otro lado, se identifica que la modificación con SBS no genera un incremento en la resistencia ante este tipo de deterioro; sin embargo, al analizar los promedios individuales (Figura 4), se observa un mejor desempeño en los tratamientos que contienen el polímero (2 % SBS, 2 % SBS + 0.5 % ADL y 2 % SBS + Cal).

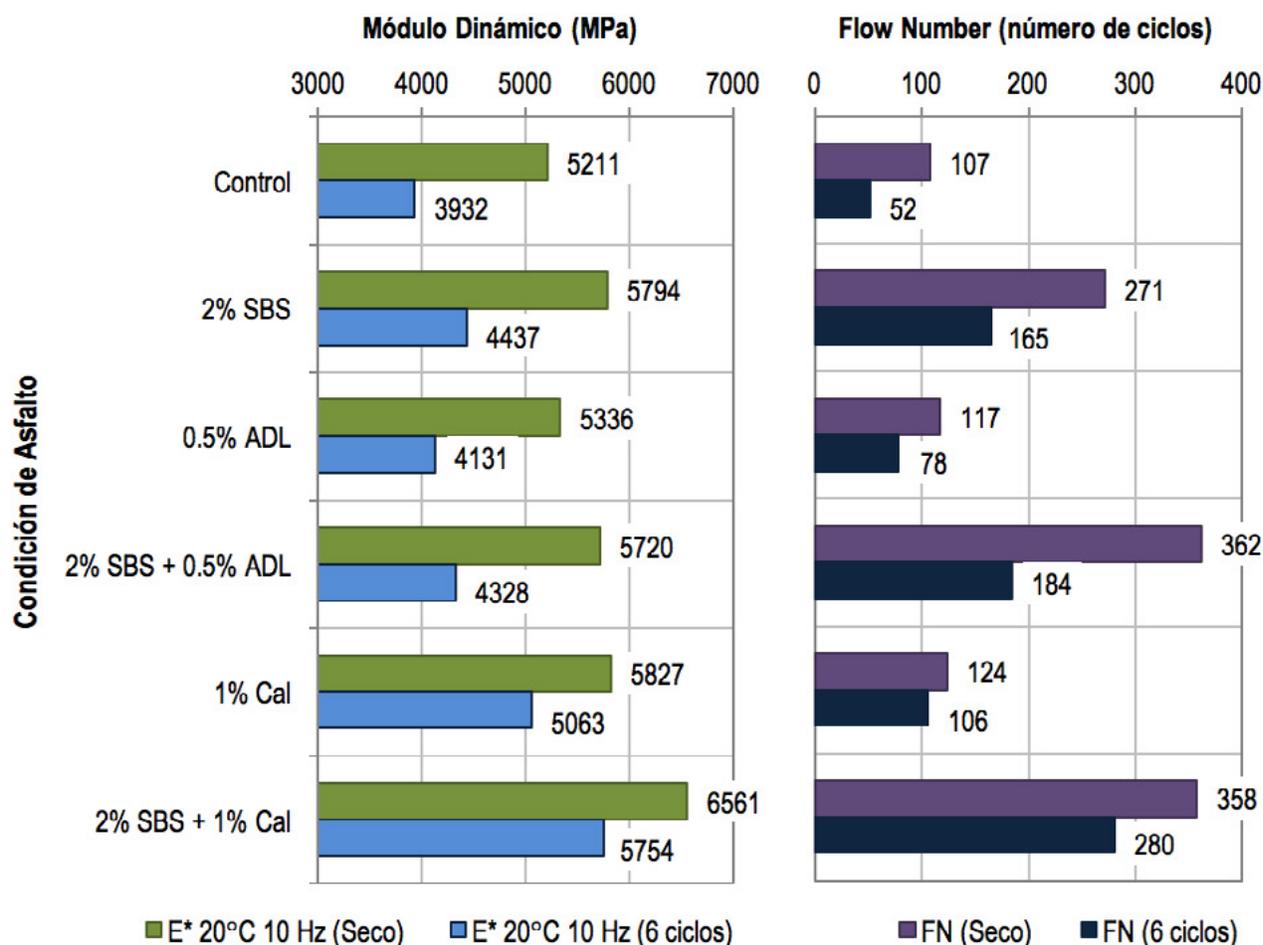


Figura 6. Promedio de resultados de Módulo Dinámico y Flow Number

IV. CONCLUSIONES

El cumplimiento del esquema experimental aporta la justificación técnica para la generación de una nueva propuesta de especificación de mezclas asfálticas ante la susceptibilidad al daño por humedad, la cual deberá fundamentarse en ensayos de desempeño ante condiciones inducidas de daño por humedad más críticas.

Los resultados obtenidos resaltan la necesidad de impulsar nuevas tecnologías para la producción de mezclas asfálticas, las cuales con un incremento marginal en el costo del material, garanticen un aporte significativo en el desempeño y durabilidad de las carreteras.

V. REFERENCIAS

Aguiar-Moya, J.P., J. Salazar-Delgado, A. Baldi-Sevilla, F. Leiva-Villacorta, and L. Loria-Salazar. Effect of Aging on Adhesion Properties of Asphalt Mixtures with the Use of Bitumen Bond Strength and Surface Energy Measurement Tests. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 21505, Transportation Research Board of the National Academies, Washington D.C., 2015, pp. 57-65.

Banco Mundial. 2014. Recuperado Julio 2018 de <http://www.bancomundial.org/>.

Hand, A. Testing for Moisture Damage in the Laboratory. Moisture Damage to Hot-Mix Asphalt Mixtures - Synopsis of a Workshop. Transportation Research Circular E-C198. 2012.

Hicks, R. Gray, Larry Santucci, y Tim Aschenbrener. Introduction and Seminar Objectives. Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements - A National Seminar. 2003.

Howard, I.L., V. Gallivan and G. Huber. Workshop Introduction. Moisture Damage to Hot-Mix Asphalt Mixtures - Synopsis of a Workshop. Transportation Research Circular E-C198. 2012.

Lu, Q. and J.T. Harvey. Investigation of Conditions for Moisture Damage in Asphalt Concrete and Appropriate Laboratory Test Methods. Research Report No. UCPRC-RR-2005-15, University of California Pavement Research Center, UC Davis and Berkeley, 2005.

Solaimanian, M., J. Harvey, M. Tahmoressi and V. Tandon. Test Methods to Predict Moisture Sensitivity of Hot-Mix Asphalt Pavements. Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements - A National Seminar. 2003.

Solaimanian, M., R.F. Bonaquist and V. Tandon. Improved Conditioning and Testing Procedures for HMA Moisture Susceptibility. NCHRP Report 589, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2007.

Solaimanian, M., D. Fedor, R. Bonaquist, A. Soltani and V. Tandon. Simple Performance Test for Moisture Damage Prediction in Asphalt Concrete. Journal of Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 75, 2006, pp. 345-380.

Vargas-Nordbeck, A., F. Leiva Villacorta, J.P. Aguiar Moya and L.G. Loria Salazar. Evaluating Moisture Susceptibility of Asphalt Concrete Mixtures Through Simple Performance Tests. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2575, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2016, pp. 70-78. DOI: 10.3141/2575-08.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PITRA

Programa de
Infraestructura del Transporte

Ing. Luis Guillermo Loría-Salazar, Ph.D.

Coordinador General

Ing. Fabián Elizondo-Arrieta, MBA

Subcoordinador

UNIDADES

Unidad de Auditoría Técnica (UAT)

Ing. Wendy Sequeira-Rojas, M.Sc

Coordinadora

Unidad de Seguridad Vial y Transporte (USVT)

Ing. Diana Jiménez-Romero, M.Sc, 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, Ph.D.

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: ANÁLISIS DE ESPECIFICACIÓN DE DAÑO POR HUMEDAD PARA COSTA RICA. / Agosto 2018