

DESEMPEÑO DE LA DEMARCACIÓN VIAL HORIZONTAL BAJO CARGA DINÁMICA EN LABORATORIO A PARTIR DEL PARÁMETRO DE RETRORREFLECTIVIDAD

Ing. Javier Zamora Rojas, MScE
javier.zamorarojas@ucr.ac.cr

Ing. Sandra Solórzano Murillo
sandra.solorzanomurillo@ucr.ac.cr

Unidad de Seguridad Vial y Transporte

Ing. Marco V. Zamora Coto
zamorac21@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos básicos y más importantes de la seguridad vial en el ámbito de la infraestructura es la demarcación vial horizontal, cuyo reto es que permanezca visible incluso en condiciones climáticas adversas o de baja iluminación. En Costa Rica, la evaluación del desempeño de materiales para demarcación vial no ha sido ampliamente estudiada, por lo que aún la selección de los materiales a utilizar se realiza con criterios empíricos. Más aún, no existe un criterio que permita estimar con certeza la durabilidad real de los diferentes sistemas de demarcación vial de acuerdo con sus factores influyentes.

En nuestro país, aún los materiales de demarcación vial horizontal de mayor uso son la pintura base solvente y el material termoplástico. La experiencia con el uso de distintos materiales de demarcación sugiere que la pintura base solvente es más económica, pero tiene un menor ciclo de vida útil que el material termoplástico. Es por ello que desde el año 2012, la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR ha venido investigando este tema, a partir de trabajos finales de graduación y otros proyectos colaborativos.

Uno de los objetivos de la línea de investigación consistió en la evaluación del desgaste de la demarcación vial bajo la acción del simulador de vehículos pesados (HVS), tomando como parámetro crítico la retrorreflectividad. Es así como se diseñó el experimento en la pista de prueba del PaveLab en el PITRA-LanammeUCR, para someter líneas con pintura base solvente y material termoplástico al efecto del simulador. Este objetivo se desarrolló a través del trabajo final de graduación de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica de Marco Vinicio Zamora Coto, bajo la dirección del Ing. Javier Zamora Rojas del LanammeUCR, con la asesoría de los ingenieros Sandra Solórzano Murillo y José Pablo Aguiar Moya, ambos del LanammeUCR, y el Ing. Jonathan Agüero Valverde, de ProDUS y de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.

A partir de modelos de desgaste en campo disponibles en la literatura internacional y datos de mediciones de retrorreflectividad en nuestra red vial, surge el objetivo a futuro de poder correlacionar el comportamiento real de la demarcación vial con las condiciones en laboratorio bajo la acción de cargas cíclicas constantes.

Investigaciones previas

La retrorreflectividad de una señalización horizontal se da a causa de las microesferas de vidrio que se embeben en la pintura o en el material termoplástico. Ante la acción del tráfico vehicular y de las condiciones climáticas, la retrorreflectividad de la demarcación disminuye con el paso del tiempo, al desprenderse las microesferas de vidrio. La vida útil de la demarcación depende del material utilizado, por factores como preparación y limpieza de la calzada previo a la colocación del material, las condiciones climáticas, el estado y tipo de pavimento, el tránsito promedio diario (TPD) y el método de aplicación del material. Otro parámetro importante que influye en los niveles de retrorreflectividad es la graduación de las microesferas de vidrio (el tamaño).

La norma INTE Q46 establece valores mínimos iniciales de retrorreflectividad según el tipo de material de demarcación utilizado. Además, para cualquier tipo de material se recomienda un valor mínimo de retrorreflectividad de 100 mcd/m²/lux, según la experiencia internacional. A partir de estos valores, Zamora, Barrantes, Jiménez, Acosta y Loría (2014) plantearon escalas de retrorreflexión, para clasificar los valores en condición muy buena, buena, regular y mala. La clasificación se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Escala de retrorreflexión para demarcación vial horizontal en Costa Rica

Material	Pintura base agua y solvente (mcd/m ² /lux)		Material termoplástico (mcd/m ² /lux)	
	Clasificación		Amarilla	
Muy buena	> 250	> 200	> 300	> 250
Buena	150 – 250	150 – 200	200 – 300	150 – 250
Regular	100 – 150	100 – 150	100 – 200	100 – 150
Mala	< 100	< 100	< 100	< 100

Fuente: Zamora et al., 2014.

Como parte de la investigación se hizo un análisis de antecedentes en donde se recopilan los resultados obtenidos por otros estudios que se han realizado para predecir el desempeño de distintos materiales de demarcación vial a través de modelos estadísticos que toman como parámetro la retrorreflectividad.

Abboud y Bowman (2001) estudiaron el costo de la demarcación vial en Alabama asociado a su aplicación, vida útil y colisiones. Se concluyó que el desempeño de los materiales se ve afectado por el tipo y color de la demarcación, el volumen vehicular y el clima. Se descarta el efecto del tipo del pavimento. También se concluye que el agua estancada en la carretera evita que la demarcación reciba y redirija la luz, independientemente del tipo de demarcación. Se realizó un modelo de regresión logarítmica que predice la retrorreflectividad en función de la edad de la demarcación y el TPD.

Thamizharan, Sarasua y Clarke (2002) evaluaron el comportamiento de los materiales termoplástico, epóxico, y cintas preformadas sobre caminos de superficie asfáltica y de concreto. Se tomó en cuenta el volumen vehicular, temperatura, humedad, tipo de superficie y tiempo. Se determinó que los factores más significativos al predecir el desgaste de la demarcación son el tipo de superficie, el material de demarcación, el color, el tiempo transcurrido desde la aplicación, así como el mantenimiento con removedores de nieve. Se observó que los materiales epóxico y termoplástico presentan un aumento inicial en la retrorreflectividad.

Kopf (2004) calculó curvas de degradación para pintura a base de agua y pintura a base de solvente en colores blanco y amarillo. Se crearon modelos en función de los rangos de TPD, la ubicación, el tipo de material y el color. Se concluye que incluso para carreteras con un TPD similar y condiciones ambientales similares se presenta variabilidad significativa en los resultados. La diferencia se atribuye a los métodos de demarcación, y a la variabilidad y calibración del equipo retrorreflectómetro.

Por su parte, Sitzabee, Hummer y Rasdorf (2008) crearon modelos lineales de degradación para material termoplástico y pintura. Encontraron que el valor inicial de retrorreflectividad, el tiempo y el TPD son las variables más significativas. También se notó que las líneas de centro y de carril se degradan más rápido que las líneas de borde.

Cyrus y Patterson (2015) estudiaron el desempeño de un nuevo tipo de demarcación para pistas de aterrizaje en aeropuertos llamada metracrilato de metilo estructurado. Además de pruebas de campo se realizaron hasta 2000 pasadas sobre una demarcación de prueba con un simulador de vehículo pesado.

Hawkins, Pike, Smadi, Knickerbocker y Carlson (2015) evaluaron el desempeño de distintos materiales de demarcación vial en diferentes condiciones climáticas. Se hicieron ensayos de campo y de laboratorio. Las pruebas de laboratorio hicieron uso de un equipo de pulimiento acelerado. Las muestras fueron sometidas hasta 165 000 ciclos con ruedas neumáticas y hasta 11 000 ciclos con ruedas de acero. Los resultados de laboratorio mostraron una buena correlación inicial con los resultados de campo; la correlación de demarcaciones más antiguas empeoró. La correlación para la condición húmeda no fue buena.

Metodología

La prueba de laboratorio consistió en demarcar cuatro líneas longitudinales sobre una pista de prueba de asfalto y someterlas a la carga dinámica del Simulador de Vehículo Pesado (HVS) de manera simultánea. Dos líneas en pintura base solvente y dos líneas en material termoplástico, ambos materiales en color amarillo y blanco. Se definieron 36 tramos de aproximadamente 25 cm cada uno para cada tipo y color de pintura. Se definieron secciones de control, de frenado (en donde se simuló la acción de freno de un vehículo sobre la demarcación) y la sección de pasadas, en donde se aplicó la carga dinámica constante que simula la condición de tránsito.

El esquema de la demarcación realizada se muestra en la Figura 1. Las líneas se demarcaron paralelamente al eje de movimiento del HVS, por lo que cada línea fue expuesta en su totalidad a la acción del HVS, excepto la sección de la línea asociada a la muestra de control, en la cual no se aplicó ningún tipo de carga. En la Figura 2 se muestra la configuración de las líneas de demarcación vial en el HVS (PaveLab).

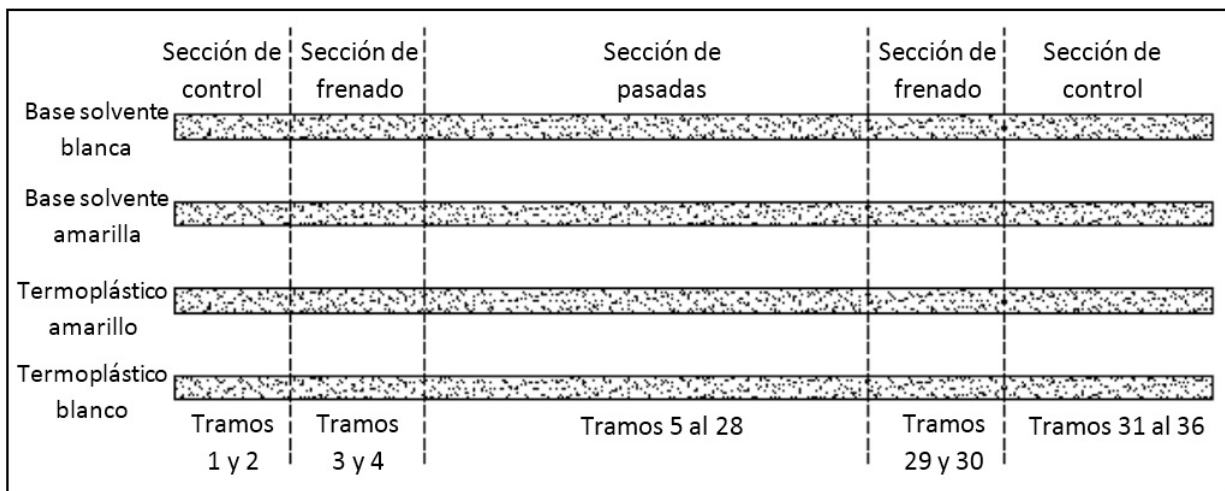


Figura 1. Esquema del diseño del experimento en el PaveLab

Fuente: Zamora, M., 2016.



Figura 2. Demarcación de 4 líneas para ensayo de carga dinámica en el HVS

Fuente: LanammeUCR, 2016.

Las mediciones se tomaron con dos retrorreflectómetros portátiles: el Easylux clásico y el LTL-XL Delta, los cuales se muestran en la Figura 3.

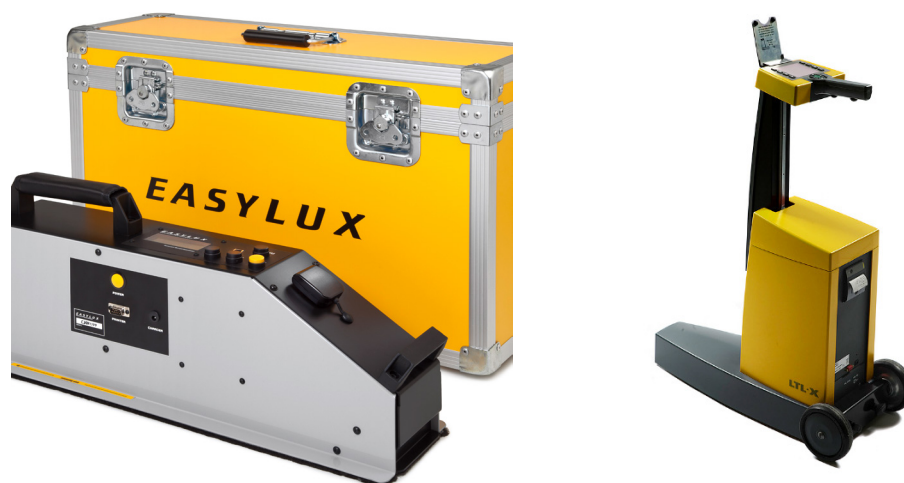


Figura 3. Retrorreflectómetros horizontales, Easylux (izquierda) y Delta (derecha)
Fuente: Sitios web www.easylux.com.br y www.roadtraffic-technology.com.

Las mediciones en laboratorio se realizaron de la siguiente manera: inicialmente se tomó la retrorreflectividad inicial de las líneas demarcadas (cero repeticiones de carga), posterior a esto se tomaron medidas con incrementos de repeticiones de carga, las cuales se fueron determinando conforme a los resultados observados. Los registros de datos se clasificaron según material y color. Se eliminaron valores atípicos para evitar que estos indujeran errores en el modelo, para lo cual se utilizó un método estadístico basado en desviaciones estándar.

Resultados generales

La comparación entre los materiales utilizados se realizó utilizando los valores promedio obtenidos para la sección de pasadas. En la Tabla 2 se muestran las condiciones iniciales obtenidas en el laboratorio previo al uso del HVS.

Tabla 2. Condiciones iniciales de la demarcación utilizada en el ensayo con el HVS

Condiciones iniciales	Termoplástico				Base Solvente			
	Amarillo		Blanco		Amarillo		Blanco	
	LTL-XL DELTA	EASYLUX	LTL-XL DELTA	EASYLUX	LTL-XL DELTA	EASYLUX	LTL-XL DELTA	EASYLUX
Retrorreflectividad (mcd/m ² /lx)	52,0	80,9	131,7	213,5	111,7	208,6	255,5	378,5
Nivel de retrorreflexión	Malo	Malo	Regular	Regular	Regular	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno

Fuente: Zamora, M. y Zamora, J., 2016.

Las comparaciones de desempeño a partir de la retrorreflectividad a lo largo del tiempo deben ser analizadas adecuadamente, ya que estas se ven influenciadas por los valores iniciales de retrorreflectividad. Es así como surgió el parámetro de pérdida de retrorreflectividad, es decir, diferenciales de retrorreflectividad, con lo cual se elimina el efecto del valor inicial, el cual es muy variable. En la Tabla 3 se presenta el desempeño de la demarcación utilizando el parámetro de pérdida de retrorreflectividad a partir de los valores finales, una vez alcanzadas las 210 000 repeticiones de carga en el HVS. Los valores negativos significan que no hubo pérdida, sino más bien un aumento de la retrorreflectividad, lo cual es común en el material termoplástico durante los primeros días después de haber colocado la demarcación, ya que con el paso de los vehículos, las lluvias y otros factores, las microesferas de vidrio quedan más descubiertas.

Tabla 3. Pérdida de retrorreflectividad de la demarcación al final del ensayo con el HVS

Material	Color	Pérdida de retrorreflectividad (mcd/m ² /lux)	
		LTL-XL DELTA	EASYLUX
Termoplástico	Amarillo	-0,11	2,34
	Blanco	-0,33	33,45
Base Solvente	Amarillo	40,65	88,74
	Blanco	65,56	122,53

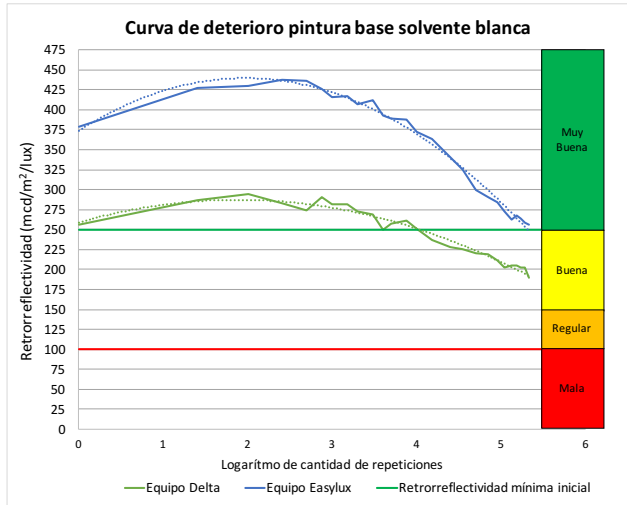
Fuente: Zamora, M. y Zamora, J., 2016.

En la tabla anterior se observa que, bajo este criterio, el material termoplástico tuvo el mejor desempeño, mientras que la pintura base solvente tuvo el mayor desgaste.

Modelos de desempeño de retrorreflectividad

A partir del ensayo del HVS se crearon modelos de desempeño de retrorreflectividad para cada combinación de material, color y equipo de medición.

Como se observa en las siguientes figuras, la pintura base solvente blanca (Figura 4) tuvo un mejor desempeño que la amarilla (Figura 5), debido principalmente al valor de retrorreflectividad inicial. La curva con el equipo Easylux se mantuvo por encima del nivel mínimo de retrorreflectividad inicial requerido por la norma; es decir, en una condición "muy buena", hasta al final de las 210 000 pasadas de vehículo pesado. En el caso del equipo Delta, la condición muy buena se mantuvo aproximadamente hasta las 15 000 pasadas, pero luego, el resto de su desempeño se mantuvo en una buena condición para una retrorreflectividad promedio de 190 mcd/m²/lx. En la Figura 5, se ilustra el caso de la pintura base solvente amarilla, la cual mostró condiciones iniciales deficientes para una demarcación recién colocada. Incluso con el equipo Delta se midieron valores iniciales de 111 mcd/m²/lx, lo cual está incluso cercano al límite internacional recomendado de 100 mcd/m²/lx al final de la vida útil de la demarcación. Sin embargo, se le dio la misma continuidad al experimento. Con el equipo Easylux se llegó en buena condición a las 4 000 pasadas y luego cayó a condición regular a las 50 000 pasadas. En el caso del equipo Delta, inició y se mantuvo en condición regular hasta



las 35 000 pasadas aproximadamente, después de las cuales pasó a una mala condición.

Figura 4. Modelo de desempeño para pintura base solvente blanca
Fuente: Zamora, M. y Zamora, J., 2016.

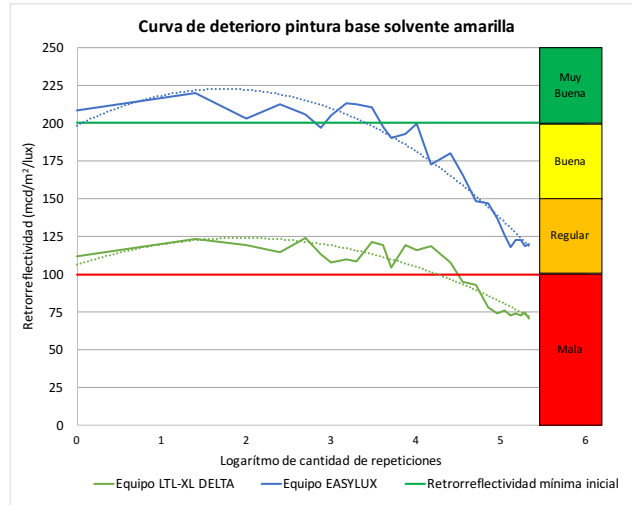


Figura 5. Modelo de desempeño para pintura base solvente amarilla
Fuente: Zamora, M. y Zamora, J., 2016.

En las Figuras 6 y 7 se observan las curvas de deterioro para el material termoplástico, en blanco y amarillo, respectivamente. Nuevamente se observa que el color blanco presentó un mejor desempeño en general. En la Figura 6 se observa que los valores más altos fueron los del equipo Easylux, el cual comenzó con un valor cercano a las 214 mcd/m²/lx, el cual es muy bajo en comparación con el requisito inicial de 300 mcd/m²/lx; sin embargo, como es usual en el termoplástico, la retrorreflectividad fue en aumento hasta alcanzar valores promedio de 325 mcd/m²/lx a tan solo 750 pasadas del HVS. Luego comenzó a bajar y se mantuvo en una condición buena hasta las 90 000 pasadas aproximadamente. Por su parte, con el equipo Delta, a lo largo del experimento las mediciones se mantuvieron en

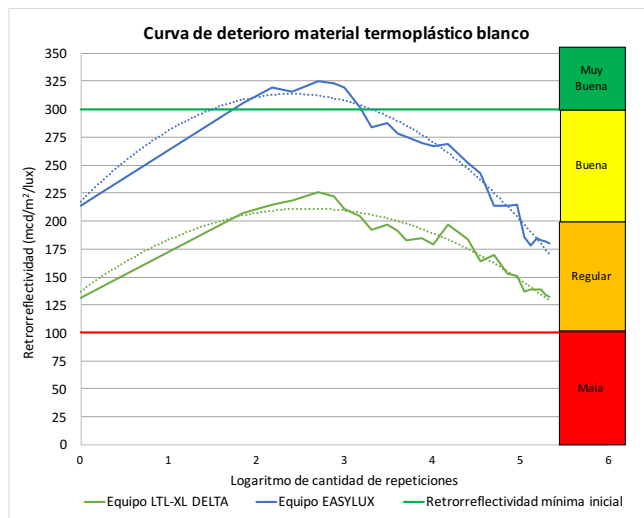


Figura 6. Modelo de desempeño para material termoplástico blanco
Fuente: Zamora, M. y Zamora, J., 2016.

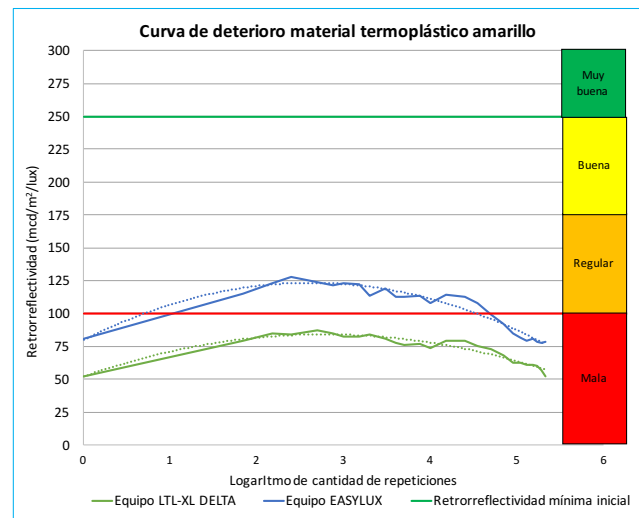


Figura 7. Modelo de desempeño para material termoplástico amarillo
Fuente: Zamora, M. y Zamora, J., 2016.

condición regular, y lo más que alcanzó la curva inicial fue un valor de 225 mcd/m²/lx a las 500 pasadas. El valor final fue de 132 mcd/m²/lx a las 210 000 pasadas, todavía con vida útil residual. En el caso del termoplástico amarillo (Figura 7), los valores iniciales fueron los más bajos de todos: 80 mcd/m²/lx y 52 mcd/m²/lx con los equipos Easylux y Delta, respectivamente. Aun así, se continuó con el experimento y se obtuvo un aumento de la retrorreflectividad inicial, con un máximo de 128 mcd/m²/lx con el equipo Easylux a las primeras 250 pasadas del HVS. Los valores con el Easylux se mantuvieron en condición regular hasta las 50 000 pasadas; sin embargo, con el equipo Delta el 100% de los datos estuvieron en mala condición, por debajo de las 100 mcd/m²/lx.

Tabla 4. Ecuaciones de desempeño de demarcación vial a partir de la exposición vehicular en el HVS y la retrorreflectividad inicial

	Retrorreflectómetro Easylux ⁽¹⁾	Retrorreflectómetro Delta ⁽¹⁾
Base solvente (blanco)	-16.994 * log(EV) ² +66.849 * log(EV) + RI R ² = 0,9910	-8.0311 * log(EV) ² +30.189 * log(EV)+RI R ² = 0,9683
Base solvente (amarillo)	-8.0397 * log(EV) ² +27.837 * log (EV)+RI R ² = 0,9387	-4.5732 * log(EV) ² +17.892 * log(EV)+RI R ² = 0,8452
Termoplástico (blanco)	-16.736 * log(EV) ² +80.24 * log(EV)+RI R ² = 0,9715	-11.029 * log (EV) ² +57.075 * log(EV)+RI R ² = 0,9356
Termoplástico (amarillo)	-6.362 * log(EV) ² +33.284 * log(EV)+RI R ² = 0,9506	-4.1497 * log(EV) ² +23.03 * log(EV)+RI R ² = 0,9285
⁽¹⁾ Donde EV es la exposición vehicular y RI es la retrorreflectividad inicial.		

Fuente: Zamora, M. y Zamora, J., 2016.

A partir de las curvas, se obtuvieron ecuaciones de mejor ajuste, todas ellas cuadráticas, con valores de R2 entre 0,845 y 0,991. La Tabla 4 resume las ecuaciones y el R2. El valor "x" es el logaritmo de la exposición vehicular, log(EV), y el coeficiente de la ecuación es la retrorreflectividad inicial (RI).

A partir de estos resultados y de lo que en estudios anteriores se ha obtenido con datos de campo, aún no se ha podido determinar una correlación entre el paso de los vehículos en la carretera sobre la demarcación vial –lo cual es un comportamiento bastante aleatorio– y la EV –equivalente al número de repeticiones de carga de 40 kN del HVS de la Tabla 5–, en donde el paso de la llanta es constante y uniforme. Otra de las limitaciones de este experimento con el HVS es que no se consideran otros factores que influyen en carretera en el desgaste de la demarcación vial, como lo son las condiciones climáticas, los anchos de carril, flota vehicular en un determinado tramo, entre otros.

Conclusiones

Se concluye a partir de los datos obtenidos que el fenómeno de retrorreflectividad presenta mucha variabilidad, y depende de muchos factores tanto en el momento de la demarcación como a lo largo de su vida útil. Factores asociados a la colocación del material de demarcación y su retrorreflectividad inicial son: el tipo de material, su calidad y su color, la forma de aplicación del material, y el tipo y condición del pavimento. Los factores más significativos asociados al desempeño de la demarcación a lo largo de su vida útil son: las condiciones climáticas, el mantenimiento, el TPD y porcentaje de vehículos pesados. Estos factores no solo afectan la durabilidad de los materiales en distintos sitios, sino que son también el motivo de la alta variabilidad que se presenta entre datos de un mismo lugar de medición.

Por lo tanto, se llegaron a las siguientes conclusiones principales:

- Se comprobó que la demarcación de color blanco es más retrorreflectiva que la amarilla para ambos materiales, y es el color blanco el que alcanza valores de retrorreflectividad inicial más cercanos a los valores requeridos, principalmente con el equipo Easylux.
- El ensayo con el HVS permitió observar que se presenta un aumento inicial en la retrorreflectividad en los dos materiales utilizados y este incremento es mayor para el material termoplástico. El aumento inicial de retro-

reflectividad es el mismo fenómeno o tipo de comportamiento que evidenciaron Thamizharasan, Sarasua y Clarke (2002).

- Las mediciones con el equipo EasyLux fueron consistentemente más altas que con el equipo Delta, oscilando en promedio entre 20 mcd/m²/lx hasta 140 mcd/m²/lx.

Con base en la experiencia adquirida en esta investigación se presentan las siguientes recomendaciones para futuros proyectos relacionadas al tema:

- Para futuras investigaciones y tramos de prueba de desgaste en el PaveLab (bajo la acción del HVS), se recomienda realizar un estricto control que asegure el cumplimiento de normas de calidad de los materiales, incluyendo de previo pruebas de laboratorio según las normas INTE Q44-1, INTE Q44-2, INTE Q44-3 e INTE Q45, respectivamente pintura base agua, pintura base solvente, material termoplástico y microesferas de vidrio, según corresponda. También se recomienda asegurar las mejores prácticas de demarcación vial según la INTE Q46, para obtener una adecuada condición inicial de la demarcación, que se refleje en el cumplimiento de los valores iniciales de retrorreflectividad, incluidos en la misma INTE Q46.
- Asimismo, se recomienda continuar el ensayo mucho más allá de las 210 000 repeticiones de carga, para obtener una curva de deterioro más completa. Por ejemplo, según el modelo obtenido en este experimento para la pintura base solvente blanca, se necesitarían más de 2,5 millones de repeticiones de carga para acercarse al mínimo de 100 mcd/m²/lx.
- La correlación entre el desgaste continuo bajo la acción del HVS y el desgaste aleatorio en carretera requiere de un nuevo diseño del experimento, con plazos mayores de prueba.
- La comparación entre retrorreflectómetros debe ser estudiada al menos con 3 equipos diferentes (preferiblemente de marcas diferentes), corroborando que estos se encuentren adecuadamente calibrados, con certificados vigentes. A través de análisis estadísticos se recomienda obtener factores de ajuste promedio para cada equipo, con el fin de estandarizar a futuro las mediciones.
- Finalmente, se recomienda estudiar el efecto del espesor de la demarcación sobre la retrorreflectividad, así como diferentes tipos (tamaños) de microesferas de vidrio.

Referencias bibliográficas

- Bowman, B. y Abboud, N. (2002). Estimating the Effective Life of Pavement Marking Based on Crash History. Alabama.
- Cyrus, H. y Patterson, J. (2015). Evaluation of Structured Methyl Methacrylate Marking to Increase Paint Conspicuity. Washington DC: Federal Aviation Administration, U.S. Department of Transportation.
- Holzschuher, Choubane, Fletcher, Sevearance y Lee. (2010). Repeatability of mobile retroreflectometer unit for measurement. Journal of the Transportation Research , 55-106.
- Kopf, J. (2004). Reflectivity of pavement markings: Analysis of retroreflectivity degradation curves. Washington.
- Hawkins, N., Pike, A., Samadi, O., Knckerbocker, S. y Carlson, P. (2015). Evaluating All-Weather Pavement Markings in Illinois: Volume 1. Center for Transportation Research and Education, Iowa State University.
- Sitzabee, W. E., Hummer, J. E. y Rasdorf, W. (2008). Pavement Marking Degradation Modeling and Analysis. North Carolina.
- Thamizharasan, A., Sarasua, W. A. y Clarke, D. B. (2002). Methodology for Estimating the Lifecycle of Intertate Highway Pavement Marking Retroreflectivity. Clemson.
- Zamora, M. V. y Zamora, J. (2016). Evaluación de la retrorreflectividad y el desgaste de la demarcación vial horizontal: Estudio en carretera y con el simulador de vehículo pesado. San José: Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica.



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 M.Sc

Coordinador

Unidad de Gestión Municipal (UGM)

Ing. Jaime Allen-Monge, Ph.D

Coordinador

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

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

Boletín técnico: DESEMPEÑO DE LA DEMARCACIÓN VIAL HORIZONTAL BAJO CARGA DINÁMICA EN LABORATORIO A PARTIR DEL PARÁMETRO DE RETRORREFLECTIVIDAD/
Marzo 2019

📞 (506) 2511- 2500

📄 (506) 2511-4440

🏠 11501-2060

✉️ direccion.lanamme@ucr.ac.cr

🌐 www.lanamme.ucr.ac.cr