

BOLETÍN TÉCNICO

# PITRA

PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA  
DEL TRANSPORTE

Vol 2. N° 14. Marzo 2011



## Evaluación del parámetro de agarre de la Red Vial Nacional, y relación de los resultados obtenidos con los deterioros superficiales en rutas del sector central de Costa Rica

**Ing. José Francisco Garro**  
Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional, PITRA

### Introducción

La Red Vial Nacional (RVN) de Costa Rica, cuyas labores de reconstrucción y mantenimiento están a cargo del Estado, consta de poco más de 7.500 km de rutas, de los cuales 4.500 km aproximadamente están pavimentados; el resto corresponde a la red en grava y tierra. Estos 7.500 km representan apenas un estimado del 10% del total de calles del país; el dato exacto del total de longitud para todas las rutas no se conoce.

La Red Vial Nacional asfaltada (los 4.500 km mencionados anteriormente), ha experimentado pocos cambios en los últimos 30 años, dado que son pocas las rutas nuevas que se han construido. Sin embargo,

para el mismo período, el país ha experimentado un marcado crecimiento vehicular, aproximadamente del 70% sólo en la década de los noventa, debido principalmente a la importación de vehículos usados<sup>1</sup>. La población de Costa Rica, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos, es de unos cuatro millones y medio de personas a junio del 2009, de los cuales un 50% se concentran en la región central del país, que por área ocupa menos del 5% del territorio. El parque vehicular estimado para el mismo año, es de 1.250.000 vehículos<sup>2</sup>; los cuales con base en datos suministrados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), aproximadamente 78% circulan por dicha región, con los problemas de gestión vial y deterioros sobre la red que esto significa.

En el 2005, el LanammeUCR adquirió el equipo medidor de agarre superficial (Grip Tester), marca Findlay Irvine modelo MK2 (serie GT - 333), el cual es de la variante que presenta una rueda parcialmente

bloqueada en la dirección de la trayectoria del vehículo (Figura 1). Los resultados obtenidos por este equipo se dan en Grip Number o número de agarre. En ese mismo año se realizaron las primeras pruebas sobre tramos seleccionados, y las lecciones aprendidas se utilizaron en la campaña de evaluación del 2008.

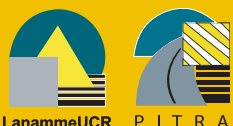
### Antecedentes y metodología resultante

Durante los años 2005 y 2006, se seleccionaron varias rutas para la evaluación del parámetro de agarre superficial, esto con el objeto de aprender los detalles de uso del equipo, establecer la metodología de toma de datos y medir rendimientos. Paralelamente, en el LanammeUCR se realizó una investigación con el principal objetivo de establecer los parámetros de comparación entre los resultados obtenidos con este equipo, el

<sup>1</sup> Chacón, Rita; Revista Ambientico No. 81, UNA, junio 2000

<sup>2</sup> Sitio de Internet de la empresa Riteve SyC

Comité editorial del boletín



# 2011

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar  
Coordinador General PITRA, LanammeUCR

Licda. Irene Matamoros Kikut  
Coordinadora, Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica, PITRA

Mauricio Bolaños Barrantes  
Diseñador Gráfico. Unidad de Capacitación y Transferencia Tecnológica, PITRA



**Figura 1**

Equipo medidor de agarre superficial utilizado por el LanammeUCR.

seleccionada para realizar la prueba es de 5 metros.

-Regularidad superficial: para garantizar la veracidad de los resultados conservando la calibración del equipo, el tramo a evaluar debe poseer un valor de IRI de máximo 4,0

-Condiciones de la superficie a evaluar: debe estar libre de agua estancada o congelada, de aceites, caucho (dejado por vehículos y camiones al acelerar, frenar o cambiar de trayectoria bruscamente), vegetación y tierra.

## Clasificación de las mediciones según los resultados obtenidos

La Tabla 1 muestra una clasificación superficial con base en los datos obtenidos tanto del Coeficiente de Fricción Transversal CFT, obtenido con el equipo SCRIM, el Número de Agarre GN como con el nivel de riesgo medio de accidentabilidad.

Esta clasificación del GN fue utilizada en la campaña de evaluación de la Red Vial Nacional, para el año 2008.

## Campaña de Evaluación de la Red Vial Nacional, 2008, Agarre

Con base en los resultados obtenidos con el perfilómetro láser durante la campaña de evaluación del año 2008, 2327,8 km de rutas presentaron un valor de IRI menor o

llamado SCRIM (el más utilizado a nivel internacional en la medición del coeficiente de fricción superficial de una ruta) y el péndulo británico. Con base en esto, se establecieron los estándares de evaluación para las rutas nacionales, los cuales se enumeran a continuación:

-Velocidad de la prueba: dado que los resultados varían directamente con el espesor de la película de agua generada frente a la llanta medidora, y el mantener

un espesor uniforme se dificulta conforme se aumenta la velocidad; la conclusión obtenida es de realizar la prueba a 50 kph, lo cual puede obtenerse y conservarse tanto en rutas planas, como de montaña para la mayor parte de la RVN. En rutas urbanas, se realiza la medición de noche, de tal manera que las obstrucciones por tránsito sean mínimas.

-Espesor de la película de agua: es necesario contar con una película uniforme de agua frente a la llanta de medición de agarre del equipo. Para la prueba realizada a 50 kph, el espesor de la película recomendado es de 0,25 mm.

-Distancia de medición: la variabilidad del coeficiente de agarre obtenido se reduce conforme se aumenta la distancia de medición; esto debido al efecto del suavizado del perfil obtenido conforme se aumenta dicha distancia. La distancia

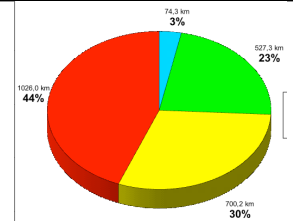
**Tabla 1**

Clasificación del Pavimento según el número de agarre (Grip Number)

Fuente: Memorias 5<sup>o</sup> Simposio de Características Superficiales de Pavimentos SURF 2004, Toronto, Canadá.

CFT	GN	Condición Pavimento	Nivel			Tipo de Pavimento característico
			Deslizamiento	Peligrosidad	Riesgo medio de accidentabilidad	
< 0,36	< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy peligroso	mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado calizo
0,36 – 0,45	0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Peligroso	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y pérdida de textura
0,45 – 0,60	0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderado	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
> 0,60	> 0,78	Excelente	No deslizante	Seguro	menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas

Condición de agarre	Longitud (km)	Porcentaje %
No deslizante	74,15	3,2
Poco deslizante	527,26	22,7
Deslizante	700,16	30,1
Muy deslizante	1.026,24	44,1
<b>Total 2.327,81 kilómetros</b>		



igual a 4,0, lo cual las hacía evaluable con el medidor de agarre. La Tabla 2 resume los resultados obtenidos en este parámetro, para la campaña de evaluación realizada en el año 2008.

Como se puede deducir de la tabla anterior, aproximadamente tres cuartas partes de las rutas evaluadas, no presentan condiciones seguras para el tránsito vehicular. La revisión de la base de datos geográfica obtenida, arroja las siguientes conclusiones:

-Relación entre condiciones de poco agarre con el clima: los tramos que presentan condiciones de agarre superficial pobre, se distribuyen por todo el país. Esto descarta tanto el factor temperatura como la precipitación, condiciones que definen una zona climática, como elemento influyente en rutas con bajo agarre.

-Relación entre condiciones de poco agarre con la topografía: los tramos que presentan esta condición corresponden tanto con rutas en montaña, como con rutas en zonas planas y costeras, lo cual descarta también el factor topografía como influyente.

-Relación entre condiciones de poco agarre con el tránsito: las rutas del país presentan condiciones de tránsito muy heterogéneas, dado que rutas con condiciones geométricas similares, por

ejemplo con un carril por sentido, anchos y pendientes similares, pero en distintas ubicaciones geográficas, varían su tránsito promedio entre 2.000 a 40.000 vehículos diarios. Tampoco se encontró una relación entre niveles de TPD con condiciones de agarre superficial bajo.

Por lo tanto, la causa principal debe encontrarse a nivel de diseño y/o construcción del pavimento en sí, y es por esto que se decidió recorrer las rutas y realizar el estudio en campo, para la zona central del país.

## Caracterización de la zona geográfica escogida

Se escogió la zona central de Costa Rica, específicamente el Valle Central, para realizar el estudio de deterioros superficiales y su posible relación con el agarre bajo, debido a 2 razones:

-Alberga en un 5% del territorio nacional, el 50% de la población. Según datos del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 78% del parque vehicular nacional circula por sus rutas, con un porcentaje importante de vehículos de carga liviana y moderada, así como buses. Además, un 16% de la RVN se encuentra en esta zona.

-Los rangos de temperatura y precipitación son muy similares para toda

## Tabla 2

Resultados obtenidos, parámetro de agarre, campaña 2008

la zona. Esto debido a que su clima es gobernado, principalmente, por el sistema de vientos alisios, los cuales son a su vez gobernados por las cadenas montañosas que rodean el valle, con depresiones bien localizadas.

Orozco, en su proyecto de investigación para la tesis de grado<sup>3</sup>, establece que las características climáticas principales del Valle Central son muy regulares, con una estación seca bien marcada y de 4 meses de duración, una estación lluviosa con una precipitación promedio anual de 2220 mm, y una temperatura promedio anual de 20 °C (rango 12 - 31 °C).

## Inspección visual de deterioros en rutas con agarre bajo del Valle Central

Partiendo de la base de datos digital en SIG obtenida para el parámetro de agarre superficial, se procedió a escoger aquellos tramos de ruta en los rangos de deslizante a muy deslizante dentro del Valle Central, y la información obtenida fue ingresada al Sistema de Posicionamiento Global GPS, para facilitar su ubicación en campo. Ya ubicados en los sitios, se tomaron imágenes digitales a alta resolución, para su ingreso en la base de datos digital sobre la RVN y su posterior revisión. En total, se evaluaron 37 secciones de control en 18 rutas distintas.

Como se pudo observar de estas visitas al campo, en la mayor parte de tramos



## Figura 2

Exudación severa, Ruta 10, Sección 30040, estación 8+000

<sup>3</sup> Orozco Orozco, Erick. Zonificación Climática de Costa Rica para la gestión de la Infraestructura Vial, Universidad de Costa Rica, 2007

visitados, el principal deterioro que se observó es del tipo exudación o bleeding, con un porcentaje bajo de tramos presentando pequeñas fisuras con patrones aleatorios, en las huellas de los vehículos. Una imagen más detallada puede observarse en la Figura 2.

Este tipo de deterioros genera áreas con una macro y micro textura muy lisa, que además es incapaz de evacuar adecuadamente el agua superficial. Generalmente se forman con el paso del tiempo, bajo las huellas de los vehículos, aunque se detectaron rutas donde este fenómeno no respondía a dicho patrón, al formarse por ejemplo en zonas por donde no podían circular vehículos, y en relativamente poco tiempo después de la colocación de la carpeta asfáltica, por ejemplo en la sección 30040 de la ruta 10. Su principal efecto sobre la seguridad vial es disminuir drásticamente el coeficiente de fricción entre la superficie de ruedo y las llantas de los vehículos, especialmente bajo efectos adversos de precipitación y bajas temperaturas. Los conductores de vehículos, especialmente motocicletas, han reportado que la superficie, bajo estas condiciones, se vuelve "jabonosa", indicativo del bajo agarre.

Entre la principal causa de la exudación, se encuentra el exceso de asfalto en la mezcla, ya sea debido a un mal diseño, o bien a un mal mezclado en planta. Otras causas probables son una granulometría de mezcla inadecuada (de nuevo, por diseño o por mezcla en planta), lo que puede derivar en un bajo contenido de vacíos, aunque esto último también se puede deber a una compactación excesiva durante el proceso de colocación de la mezcla.

Otra causa importante de dicho deterioro, se puede deber al hecho de que en Costa Rica, a pesar de sus múltiples zonas climáticas (caliente y seco en la costa pacífica, caliente y húmedo en la costa caribeña y llanuras del norte, templado en la zona central y frío en las zonas montañosas), en todas las rutas del país se utiliza el mismo tipo de mezcla asfáltica, sin considerar el efecto de temperatura en el diseño. De nuevo este problema tiene su principal origen en un diseño deficiente, pero también a una pobre regulación en la construcción de este tipo de obras, y a una falta de entendimiento técnico claro y que responde a una retroalimentación casi inexistente por parte de las instituciones tanto constructoras como inspectoras, sobre el comportamiento de los pavimentos a lo largo de su vida útil.

Orozco, en su proyecto de grado titulado "Zonificación Climática de Costa Rica para la Gestión de la Infraestructura Vial", limita las distintas regiones climáticas del país, con información sobre precipitación y temperatura, con promedios, máximos y mínimos. Con base en las metodologías modernas de diseño de pavimentos, establece para cada región y con base en la altitud, los distintos grados de

desempeño deseables de este tipo de estructura. Es posible, por tanto, establecer un sistema de gestión vial que tome en cuenta, desde la fase de diseño misma, el clima como factor importante en esta etapa, mejorando paulatinamente la condición superficial de los pavimentos, y con ello la condición de seguridad para los usuarios.

Otro aspecto importante visto en las visitas a campo, es la condición muy deteriorada de las estructuras de drenaje de las rutas (cunetas y caños, cabezales de entrada y salida de alcantarillas), cuando existen. Esto refleja un sistema de mantenimiento deficiente, y una falta casi total de entendimiento del cómo funciona la infraestructura vial como un todo, aspecto que en Costa Rica redundará a su vez en una susceptibilidad alta del suelo a deslizarse, esto en rutas de montaña; mientras que en zonas planas las inundaciones son un problema continuo para las carreteras en general.

## Conclusiones

Según los resultados obtenidos en la campaña de evaluación de la Red Vial de Costa Rica en el año 2008, un porcentaje importante de las rutas presentan condiciones de agarre superficial poco favorables para el tránsito vehicular diario. Unido a un clima donde las precipitaciones fuertes son aspecto frecuente para los usuarios, así como condiciones geométricas muy pobres, una falta de mantenimiento reflejada en el mal estado en general de la infraestructura vial (cunetas colapsadas donde existen, mala señalización, deterioros marcados en muchas rutas, taludes y terraplenes con riesgo alto de deslizamiento), el riesgo de accidentabilidad es muy alto.

Para Costa Rica, el número de percances en carretera con resultados mortales es preocupante. Reducir los factores que median en esta estadística debería ser tarea prioritaria de la Gestión, y en este aspecto, el agarre superficial es un dato que puede ser sometido a mediciones, y a tareas de corrección. Como se demostró en este estudio, agarres pobres se asocian con deterioros visibles, principalmente con el fenómeno conocido como exudación (bleeding). Este a su vez responde a un mal diseño de mezcla y, probablemente, a técnicas de colocación poco adecuadas.

Por tanto, una conclusión importante de este estudio es la necesidad de implementar diseños de pavimentos que tomen en cuenta el rango de temperaturas en los cuales van a operar, y en este sentido, en Costa Rica existe actualmente un estudio al respecto, que inclusive da recomendaciones sobre grados de desempeño, de acuerdo a la zona del país y a la elevación en la que se colocarían. Falta sólo que la Gestión vial nacional, representados en el Ministerio de Obras Públicas y Transportes MOPT y sus órganos supervisores y constructores, tome en cuenta este tipo de estudios, así como técnicas modernas de diseño, construcción y supervisión de obras viales, para establecer las bases de un Sistema de Gestión nacional.

Con todo lo anterior, se garantizará que la inversión que realiza el país sobre esta infraestructura, que en Costa Rica es un porcentaje importante del ingreso que por impuestos el Estado recibe, se mantenga a lo largo del tiempo, mejorando también el nivel de servicio que estas rutas presentan.

## Bibliografía:

1. LanammeUCR, Informe de Evaluación de la Red Vial Nacional pavimentada de Costa Rica, año 2008; informe anual, mayo del 2009.
2. Orozco, Erick; Zonificación Climática de Costa Rica para la Gestión de la Infraestructura Vial; tesis de grado para la Licenciatura de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, mayo del 2008.
3. Memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos SURF, Toronto, Canadá, 2004.
4. Chacón, Rita; Uso de hidrocarburos en transporte y contaminación en Costa Rica; publicado en la revista Ambientico No. 81, Universidad Nacional de Costa Rica, junio del 2000.
5. Sitio de Internet del Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, [www.inec.go.cr](http://www.inec.go.cr).
6. Sitio de Internet de Riteve SyC Revisión Técnica Vehicular de Costa Rica, [www.rtv.co.cr](http://www.rtv.co.cr).
7. Base de datos de la Red Vial Nacional de Costa Rica, LanammeUCR, agosto del 2010.