

IAG402-07-2013
INFORME DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO SAN JOSÉ – CALDERA,
ruta Nacional 27, Costa Rica, Año 2012
RELATÓRIO DA AVALIAÇÃO DA ROTA NACIONAL 27 RODOVIA SAN
JOSÉ - CALDERA, ANO 2012

José Francisco Garro Mora
LanammeUCR
San José, Costa Rica
JOSE.GARRO@ucr.ac.cr

Roy Barrantes Jiménez
LanammeUCR
San José, Costa Rica
ROY.BARRANTES@ucr.ac.cr

Resumen

Bajo el marco de la Ley 8114 de Costa Rica, le corresponde al LanammeUCR realizar una evaluación cada 2 años de aquellos proyectos de infraestructura vial que se encuentran bajo la modalidad de Concesión de Obra Pública, con la función de ser un medio de rendición de cuentas, garantizando a su vez la calidad y niveles de servicio de este tipo de obras. Para ello, se han creado especificaciones técnicas nacionales que definen los estándares mínimos de calidad, en temas tales como la vida útil de la infraestructura, los costos de operación de la flota vehicular y la seguridad vial de los usuarios. Con base en lo anterior, la Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, fue evaluada usando el Deflectómetro de Impacto, el Perfilómetro Láser, el Medidor de Agarre Superficial, el Retroreflectómetro y el Equipo de Toma de Imágenes Georeferenciadas, los cuales junto con evaluaciones en sitio de profesionales en aspectos tales como obras geotécnicas, estado de obras afines y deterioros superficiales, dan una imagen completa del estado de este proyecto. Esta información se almacena en la base de datos en plataforma SIG que de la ruta se tiene, y permite de manera relativamente sencilla, localizar tramos críticos, así como realizar comparaciones de estado entre evaluaciones realizadas en distintos años. Como se verá, en aspectos como estado actual del pavimento, la ruta se encuentra en buenas condiciones aunque con tendencias hacia el deterioro; pero en el tema de seguridad vial u obras geotécnicas, aún se deben realizar trabajos para garantizar un nivel de servicio óptimo.

Resumo

No âmbito da Lei 8114 da Costa Rica, ao LanammeUCR corresponde-lhe fazer uma avaliação cada dois anos para os projetos de infraestrutura rodoviária que se encontram na modalidade de Concessão de Obra Pública, com a função de ser um meio de prestação de contas, desta maneira assegurar a qualidade e os níveis de serviço deste tipo de trabalho. Para fazer isso, foram criadas especificações técnicas nacionais que definam padrões mínimos de qualidade, em questões tais

como o tempo de vida útil da infraestrutura, os custos operação da frota de veículos e a segurança rodoviária dos usuários. Com base no exposto, o Rodovia Nacional 27 Estrada San José - Caldera, foi avaliada utilizando um Defletômetro de Impacto, o Perfilometer Laser, o Equipamento de medida de atrito GripTester, Equipamento de Medição de Retroreflexão e Equipamento para Imagens Georeferenciadas, que junto com as avaliações in situ de profissionais em aspectos tais como obras geotécnicas, condição de obras relacionadas e deterioração da superfície, podem dar um quadro completo do projeto. Essas informações são armazenadas no banco de dados em uma plataforma GIS da rota, e permite de uma maneira relativamente simples, localizar seções críticas e fazer comparações do estado entre as avaliações feitas em diferentes anos. Como será visto em aspectos como o estado atual do pavimento, a rodovia está em boas condições, embora com tendências de deterioração; porem sobre a questão da segurança rodoviária ou obras geotécnicas, mais trabalho precisa ser feito para garantir o nível de serviço ideal.

INTRODUCCIÓN

La Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, tiene una longitud de 76,6 km, y se extiende desde el Gimnasio Nacional, en San José, hasta la entrada de Puerto Caldera, Puntarenas, el principal puerto de carga en el Litoral Pacífico de Costa Rica. Inaugurada a inicios del año 2010, representa una ruta alterna para el tránsito de pasajeros y carga hacia dicha costa, y que además cuenta con criterios de diseño moderno, a diferencia de las otras 2 rutas que hasta ese año eran las opciones para realizar el recorrido: la Ruta Nacional 1 Carretera Interamericana Norte, y la Ruta Nacional 3 (tramo Alajuela – Orotina), las cuales tienen más de 50 años de operación, y presentan criterios de diseño de los años 60's del siglo pasado, siendo típicas rutas de montaña con 1 carril por sentido en la mayor parte del recorrido, angostos, y sin las adecuadas condiciones de seguridad y estado de mantenimiento para la demanda actual de vehículos (Figura 1).

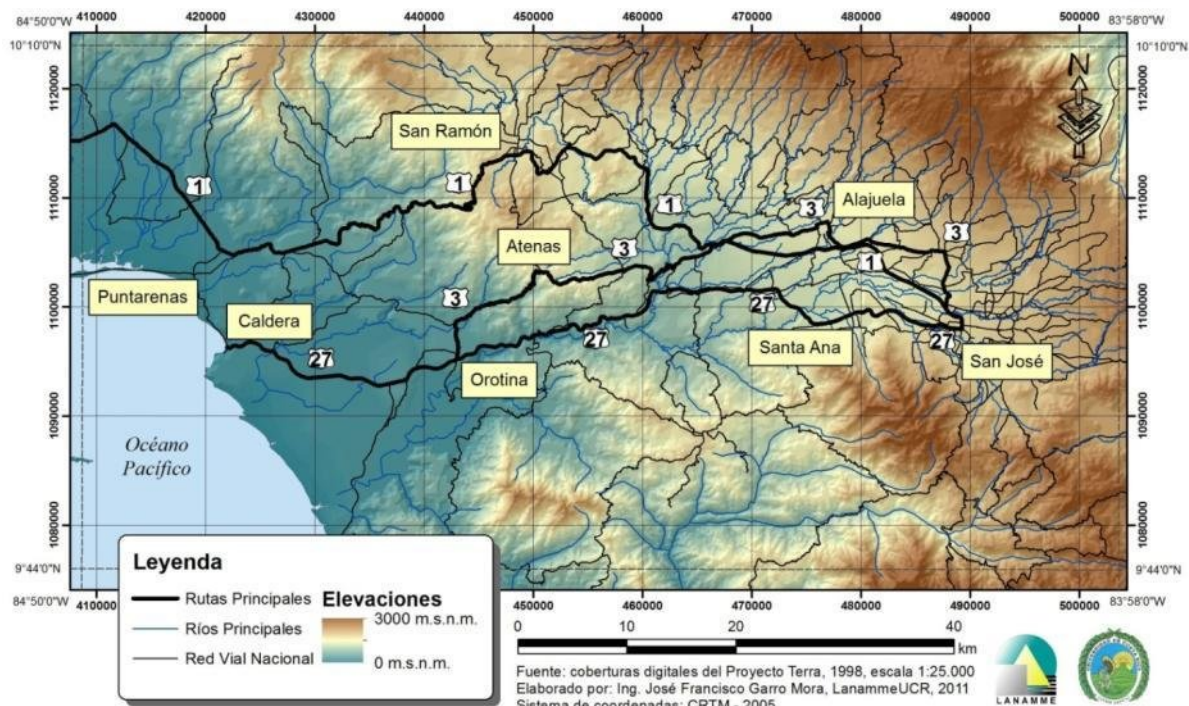


Figura 1: Rutas de acceso al Pacífico de Costa Rica, ubicación de la Ruta 27

Por lo tanto, y como parte del Plan de Desarrollo nacional propuesto en los años 90, a inicios del presente siglo se empezaron a realizar los estudios para completar el trazado de la entonces incompleta Ruta 27, cuyo tramo entre la entrada a Ciudad Colón y Orotina no existía. En el año 2007, la ruta fue finalmente concesionada a la empresa Autopistas del Sol, la cual inició en el año 2008 con las obras de reconstrucción y rehabilitación de los tramos existentes (San José – Ciudad Colón y Orotina – Caldera), y con la construcción del tramo entre Ciudad Colón y Orotina, el cual presentaba puentes mayores ya terminados.

La ruta fue inaugurada en enero del año 2010, meses antes de lo previsto, debido principalmente a razones políticas de la administración entonces vigente. Como se esperaba, ofreció una alternativa viable para el tránsito hacia el Pacífico Central, disminuyendo el tiempo de viaje de manera significativa. Sin embargo, y debido a su prematura puesta en operaciones, con varias obras aún sin concluir, y otras finalizadas en muy poco tiempo, durante la primera temporada lluviosa resaltaron varios problemas tanto en el pavimento, como en taludes, terraplenes y cunetas. Esto último principalmente en el Tramo 2, el segmento nuevo construido por la empresa concesionaria entre los poblados de Ciudad Colón y Orotina. Con respecto al pavimento, se presentaron deterioros propios de una ruta con más tiempo de operación, con agrietamientos en la carpeta y desprendimiento de agregados en varios sitios, problemas de humedad y baches en otros, así como roderas y fisuramientos; todo lo anterior atribuido al tipo de asfalto utilizado en la mezcla, así como un mal diseño / construcción de obras geotécnicas, y un mal manejo de las aguas de escorrentía.

El LanammeUCR ha realizado, como le corresponde por ley, una evaluación anual del estado de esta ruta desde su inauguración. La condición del pavimento es evaluada tanto con el Deflectómetro de Impacto como con el Perfilómetro Láser. Debido a que se cuenta con el espesor de las distintas capas en cada tramo, es posible definir rangos de estado con base en las deflexiones, para la totalidad de la ruta. Los rangos del IRI se definen con base en estándares internacionales, los cuales se pueden asociar con los costos de operación de la flota vehicular. En el tema de seguridad vial, el Medidor de Agarre Superficial permite establecer tramos críticos donde el nivel de deslizamiento supera umbrales aceptables. Y en el año 2012, por primera vez se utilizó el Retroreflectómetro Láser para evaluar el estado de la señalización horizontal. Por último, la base de datos fotográfica que se obtiene con el Equipo de Toma de Imágenes Georeferenciadas fue actualizada en el año 2012, y además complementada con visitas al proyecto, para constatar los niveles de deterioro presentes tanto en el pavimento, como en obras afines (cunetas, alcantarillas, puentes, guardavías) así como en obras geotécnicas (taludes, terraplenes). Toda esta información es almacenada en bases de datos digitales compatibles con Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten en tiempo real dar el estado de todos y cada uno de los tramos, pudiéndose extraer puntos críticos donde es necesario solucionar algún problema, para garantizar el nivel de servicio adecuado para los usuarios.

RESULTADOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN, AÑO 2012

Capacidad estructural, deflexiones obtenidas en la Ruta 27

Los detalles del Deflectómetro de Impacto utilizado, y la metodología seguida de evaluación están disponibles en el sitio de Internet del LanammeUCR (www.lanamme.ucr.ac.cr). La evaluación del proyecto con dicho equipo abarcó la totalidad de su longitud, 74,5 km en cada sentido de carretera pavimentada, con mediciones cada 50 metros. En aquellos tramos con sólo un carril por sentido, fueron evaluados ambos carriles; mientras que en aquellos tramos con dos carriles o más por sentido, se evaluó el carril derecho, considerado el carril de diseño por ser el que resiste las mayores concentraciones de carga vehicular, y considerando homogeneidad en la condición estructural en el sentido transversal de las secciones evaluadas.

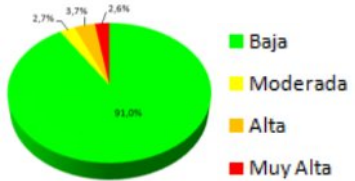
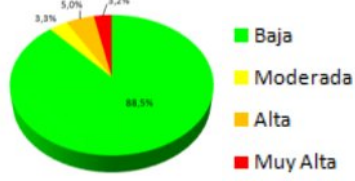
Como parte de las investigaciones realizadas en el LanammeUCR, se desarrolló una metodología para calcular los distintos rangos de deflectometría superficial, con base en la estructura de pavimento que presenta cada tramo de carretera. Estos rangos, mostrados en la Tabla 1, tienen por objeto calificar la condición estructural del proyecto tomando en consideración el diseño estructural realizado por el Concesionario, por lo que fueron utilizados en la presente evaluación para clasificar los resultados.

Tabla 1: Rangos de deflexión por tramo, Ruta Nacional 27

Tramo	San José – Escazú (0+000 – 3+605)	Escazú – Ciudad Colón (3+605 – 14+025)	Ciudad Colón – Orotina (14+025 – 51+720)	Orotina – Caldera (51+720 – 76+310)
Deflexión	Rangos (en mm ²)			
Bajas	menor a 52	menor a 36	menor a 47	menor a 50
Moderadas	52 – 57	36 – 40	47 – 52	50 – 58
Altas	57 – 71	40 – 49	52 – 66	58 – 80
Muy Altas	mayor a 71	mayor a 49	mayor a 66	mayor a 80

La evaluación de la ruta se realizó en el mes de octubre del 2012. Todas las mediciones obtenidas, fueron corregidas por temperatura, con el objeto de que los datos sean comparables con aquellos obtenidos en otras campañas de evaluación. Los resultados, mostrados en la Tabla 2, revelan un pavimento con muy buena capacidad estructural. Al compararlos con los totales obtenidos en los años 2010 y 2011, el proyecto exhibe un leve aumento de los sitios con deflexiones altas y muy altas, lo cual está dentro de lo esperado para este tipo de ruta.

Tabla 2: Resultados obtenidos, Deflectómetro de Impacto

Sentido	Deflexiones	Longitud (km)	Porcentaje	Distribución Gráfica
San José – Caldera	Bajas	69,7	91,0	
	Moderadas	2,1	2,7	
	Altas	2,8	3,7	
	Muy Altas	2,0	2,6	
Caldera – San José	Bajas	67,8	88,5	
	Moderadas	2,5	3,3	
	Altas	3,9	5,0	
	Muy Altas	2,4	3,2	

Capacidad funcional, regularidades obtenidas en la Ruta 27

Los detalles del Perfilómetro Láser utilizado, y la metodología seguida de evaluación están disponibles en el sitio de Internet del LanammeUCR. Debido a la importancia del IRI para calificar la calidad de un proyecto vial, se midió el perfil longitudinal en los dos sentidos de la totalidad de la ruta; cuando existen 2 o más carriles por sentido, se mide el carril derecho o carril de diseño, que es donde debe circular el tránsito pesado y por lo tanto, el que sufre el mayor deterioro. Los datos del perfil longitudinal están procesados en tramos de 100 metros de longitud, y representan el promedio de los valores de IRI para los sensores izquierdo y derecho del Perfilómetro Láser; esto debido a que estos sensores son los que toman los datos de la huella de rodamiento de los vehículos en la carretera.

Los resultados obtenidos del proyecto, mostrados en la Tabla 3, arrojan que aproximadamente 3 cuartas partes de la longitud total de la ruta presenta un estado de regularidad bueno, y sólo un 3% aproximadamente presenta el estado muy bueno. Por su parte, 20% de la ruta se califica con regularidades moderadas, y en promedio un 2% con regularidades altas, donde la calidad de manejo es perceptiblemente inferior a la que se espera para una ruta con pavimentos nuevos, y la cual puede mostrar signos de deterioro, tales como ahuellamiento y fisuración. Lo anterior puede repercutir a su vez en problemas para el tránsito a altas velocidades, donde dichas imperfecciones son notadas con mayor facilidad; así como aumentar los costos de operación de la flota vehicular y disminuir la durabilidad del proyecto al aumentar las cargas dinámicas que lo afectan. Como es de esperarse, el carril de venida (sentido Caldera – San José), presenta valores mayores de IRI que el carril de ida; esto por la mayor cantidad de tránsito con carga que proviene del Pacífico.

Tabla 3: Resultados obtenidos, Perfilómetro Láser

Sentido	Regularidad	Longitud (km)	Porcentaje	Distribución Gráfica
San José – Caldera	menor a 1,0 m/km	2,3	3,0	
	1,0 – 1,9 m/km	57,9	75,0	
	1,9 – 3,6 m/km	15,5	20,1	
	3,6 – 6,4 m/km	1,4	1,8	
	mayor a 6,4 m/km	0,1	0,1	
Caldera – San José	menor a 1,0 m/km	1,9	2,4	
	1,0 – 1,9 m/km	56,3	72,7	
	1,9 – 3,6 m/km	17,4	22,4	
	3,6 – 6,4 m/km	1,8	2,3	
	mayor a 6,4 m/km	0,1	0,1	

Seguridad Vial, coeficientes de agarre obtenidos en la Ruta 27

Los detalles Medidor de Agarre Superficial, y la metodología seguida de evaluación están disponibles en el sitio de Internet del LanammeUCR. La evaluación del proyecto San José – Caldera en este parámetro abarcó la totalidad de la superficie pavimentada, dado que la mayor parte de su longitud presenta valores de IRI iguales o menores a 4 ^m/km. Todas las mediciones se realizan a una velocidad promedio de 50 km/hora, en estaciones de 5 metros de longitud.

El rango de clasificación que se utilizó para evaluar la resistencia al deslizamiento es utilizado a nivel internacional, y relaciona los valores del coeficiente de fricción transversal (CFT) con el valor *Grip Number* (GN) que arroja la prueba (Tabla 4).

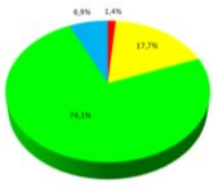

Tabla 4: Clasificación internacional del pavimento según el *Grip Number* (GN)

GN	Condición	Nivel			Tipo de Pavimento característico
		Deslizamiento	Peligrosidad	Riesgo medio de accidentabilidad*	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy peligroso	mayor a 20	Pavimento con agregado calizo o pulido
0,50 a 0,60	Regular	Deslizante	Peligroso	16 a 20	Pavimento con exudación y/o pérdida de textura
0,60 a 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderado	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Seguro	menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas con buen agarre

* Número de accidentes por cada millón de vehículos / kilómetro, en función del GN, obtenidos en Gran Bretaña, según memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos, Toronto, Canadá, 2004.

Para la Ruta Nacional 27, se evaluaron más de 30.000 estaciones. Los resultados obtenidos, mostrados en la Tabla 5, revelan zonas de alta peligrosidad debido a los bajos coeficientes de agarre, principalmente en el sentido Caldera – San José. Lo anterior, unido a la alta velocidad de circulación (superiores a 100 km/h en algunos puntos) y las condiciones de humedad propias de la región, aumentan la probabilidad de accidentes en dichos tramos.

Tabla 5: Resultados obtenidos, Medidor de Agarre Superficial

Sentido	GN	Longitud (km)	Porcentaje	Distribución Gráfica
San José – Caldera	menor a 0,50	4,0	5,1	
	0,50 a 0,60	7,2	9,2	
	0,60 a 0,78	54,2	68,8	
	mayor a 0,78	13,3	16,9	
Caldera – San José	menor a 0,50	5,9	7,5	
	0,50 a 0,60	20,9	26,5	
	0,60 a 0,78	44,9	57,1	
	mayor a 0,78	7,0	8,9	

Seguridad Vial, valores de retroreflectividad obtenidos en la Ruta 27

Los detalles del Retroreflectómetro Láser utilizado, y la metodología seguida de evaluación están disponibles en el sitio de Internet del LanammeUCR. La evaluación de la ruta 27 con este equipo se realizó en 2 etapas: en la primera, en el sentido San José – Caldera, se evaluó la condición de la línea amarilla central. En la segunda etapa, en el sentido Caldera – San José, se evaluó la condición de la línea blanca de borde. Los rangos utilizados para la clasificación del estado de la señalización horizontal, mediante el parámetro de retroreflectividad, se muestran en la Tabla 6, la cual se basa en investigaciones realizadas por la FHWA y el Departamento de Transportes de Florida.

Tabla 6: Rangos de estado de la demarcación horizontal

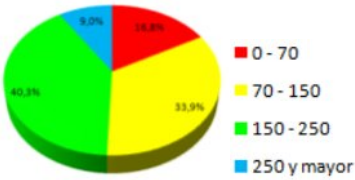
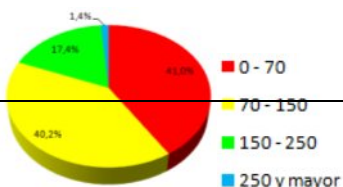
Condición Retroreflectometría	Demarcación amarilla	Demarcación Blanca
Mala	menor que 70 mcd/lx/m ²	menor que 70 mcd/lx/m ²
Regular	entre 70 y 150 mcd/lx/m ²	entre 70 y 150 mcd/lx/m ²
Buena	entre 150 y 250 mcd/lx/m ²	entre 150 y 300 mcd/lx/m ²
Muy Buena	mayor que 250 mcd/lx/m ²	mayor que 300 mcd/lx/m ²

Nota: mcd/lx/m² o milicandelas por metro cuadrado de reflexión

De una manera subjetiva, demarcación horizontal con muy buena retroreflectometría es aquella que se puede apreciar desde un vehículo en movimiento, a una distancia aproximada de 100 metros, bajo cualquier circunstancia de manejo: de noche, lluvia, neblina o una combinación de éstas. Retroreflectometría buena es aquella que ya ha empezado su proceso de deterioro, por lo que su visibilidad no es tan clara como en la primera categoría. La regular enmarca aquellas señales cuya apreciación se dificulta bajo condiciones adversas; mientras que retroreflectometría mala es aquella que no se puede apreciar del todo.

Con base en los resultados obtenidos para la Ruta 27 (Tabla 7), más de la mitad de la longitud de la línea central amarilla se encuentra en estado regular a malo; mientras que un 80% de la línea blanca presenta dichos rangos, con cerca de 31 km del tramo con valores menores a los aceptados a nivel internacional. Es importante señalar que la ruta cuenta con reflectores tipo “ojo de gato”, los cuales son dispositivos que mejoran de manera apreciable la visibilidad de la demarcación en condiciones adversas como lluvia, neblina o en horas nocturnas; y que no fueron tomados en cuenta en esta evaluación.

Tabla 7: Resultados obtenidos, Retroreflectómetro Láser

Línea	Condición	Longitud (km)	Porcentaje	Distribución Gráfica
Centro (doble amarilla)	Mala	13,0	16,8	
	Regular	26,2	33,9	
	Buena	31,2	40,3	
	Muy Buena	7,0	9,0	
Borde (blanca)	Mala	31,3	41,0	
	Regular	30,6	40,2	

	Buena	13,3	17,4	
	Muy Buena	1,1	1,4	

Evaluación con el Equipo de Toma de Imágenes Georeferenciadas

Los detalles del Equipo de Toma de Imágenes Georeferenciadas usado, y la metodología seguida de evaluación, están disponibles en el sitio de Internet del LanammeUCR. Los criterios de severidad que se utilizaron para la realización de esta evaluación, se establecieron de acuerdo a lo definido en la norma ASTM D6433, para deterioros superficiales en pavimentos flexibles. Al contar con la información obtenida en el 2011 referente a deterioros presentes en la ruta, se pudo hacer un análisis comparativo por sentido de circulación, referente al aumento o disminución de cada deterioro en el año de evaluación.

Debido a la disposición de las cámaras en este equipo, es posible además realizar un inventario completo de obras afines, tales como taludes, terraplenes, guardavías, puentes, cunetas, y demás elementos que intervienen en los niveles de seguridad vial de los usuarios que circulan por dicha ruta. Del análisis de esta información, se obtienen sitios con obras que atentan contra la seguridad vial (por ejemplo, un cabezal de alcantarilla expuesto, un deslizamiento activo en un talud o un guardavía golpeado), que posteriormente son visitados en giras a campo, de tal manera que se puede inventariar de una manera más detallada, este tipo de obras y su estado actual.

La Tabla 8 resume los hallazgos en el tema de deterioros superficiales, mientras que la Figura 2 muestra ejemplos reales en puntos revisados en las giras hechas.

Tabla 8: Resultados obtenidos, deterioro superficial en pavimentos

Deterioro	Área obtenida por sentido de circulación	
	<i>San José – Caldera</i>	<i>Caldera – San José</i>
Bacheo	1376 m ²	1107 m ²
Desprendimiento de agregados	212 m ²	282 m ²
Exudación	63 m ²	18 m ²
Agrietamiento	86 m ²	96 m ²

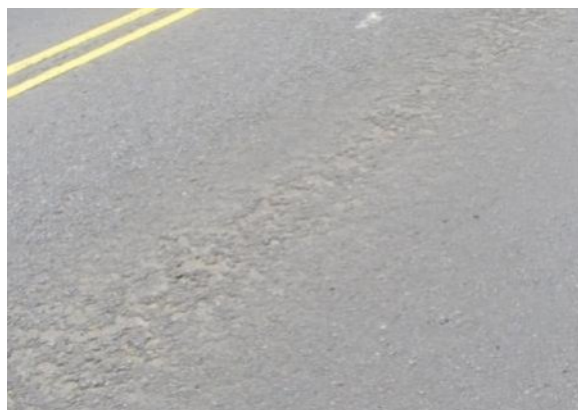


Figura 2: Daños típicos por agrietamiento y desprendimiento de agregados, Ruta 27

El área de bacheo aumentó cerca de 10 veces con respecto al área detectada en la campaña del año 2011. De la evaluación de IRI y de las visitas al campo, se observa que las características de regularidad y material son muy distintas en el área bacheada con respecto al pavimento circundante, lo cual se nota circulando a las velocidades normales de la ruta. Es importante notar que estos baches se realizaron en su mayoría, en zonas donde en el 2011 se habían detectado deterioros, por lo que el área obtenida para desprendimientos, exudación y agrietamiento en la campaña 2012 se redujo sustancialmente.

Con respecto a los guardavías, se detectaron 22 sitios donde los mismos presentan desperfectos, en su mayoría golpes producto de accidentes menores (Figura 3). Con respecto al año 2011, este número aumentó; sin embargo, es importante aclarar que ninguno de los sitios con daños en guardavías detectados en dicho año, se repiten en el 2012.



Figura 3: Ejemplo de guardavía golpeado, estacionamiento 36+700, Ruta 27

Por último, con respecto al estado de los taludes y terraplenes, 7 sitios en la ruta evaluada presentan problemas de deslizamientos activos, los cuales no han sido intervenidos de manera oportuna y por tanto, representan un peligro para la circulación de los usuarios. Debido a que la temporada lluviosa del año 2012 no presentó precipitaciones de importancia en la región, dichos sitios no reportaron problemas; sin embargo, es imperativo que se realicen obras de protección y/o estabilización al corto plazo. La Figura 4 ilustra 2 de los sitios identificados, el primero es un deslizamiento activo en un talud de más de 30 metros de altura, ubicado en el estacionamiento 36+400, el cual presenta terrazas, pero que debido a un mal manejo de las aguas de escorrentía, aún no se ha estabilizado y actualmente causa daños en la superficie de rudo, principalmente en forma de deformaciones. El segundo es un talud de aproximadamente 10 metros de altura del estacionamiento 46+400, el cual presenta una cubierta de concreto lanzado que actualmente exhibe grietas, daños por humedad y desprendimientos en la misma.



Figura 4: Sitios con problemas en taludes, ruta 27

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la Ruta Nacional 27 con los equipos de evaluación del LanammeUCR, se puede observar que el proyecto presenta tendencias normales hacia el deterioro, especialmente cuando se comparan los resultados de la campaña 2011 con la actual en los parámetros de deflectometría y regularidad superficial. Sin embargo, los resultados obtenidos del coeficiente de agarre son preocupantes, dado que un porcentaje importante de la ruta presenta valores altos de deslizamiento, lo cual aumenta la accidentabilidad de dichos tramos. Unido esto al mal estado en general de la señalización horizontal, con base en los resultados obtenidos con el Retroreflectómetro Láser, resulta en una ruta con tramos peligrosos desde el punto de vista de la seguridad vial. En la misma línea, la cantidad de sitios con bacheos extensos ha aumentado, lo cual si bien no es un deterioro en sí, afecta los niveles de funcionalidad al presentar dichos baches valores de regularidad mucho mayores que la carpeta circundante. Para finalizar, existe una importante cantidad de sitios con problemas de taludes y terraplenes, debido principalmente a diseños geotécnicos pobres, materiales malos desde el punto de vista de la ingeniería (suelos muy degradados, con alteración hidrotermal), y un mal manejo de aguas de escorrentía (estándares muy bajos de cunetas, cuando éstas existen). Por lo tanto, es importante que la empresa Concesionaria tenga un papel más proactivo en la gestión de este proyecto, para garantizar la seguridad de los usuarios, y un nivel de servicio acorde con lo estipulado en el contrato original.

REFERENCIAS

- LanammeUCR, Informe – PITRA – 010 – 2011 *Evaluación de la Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, año 2011*, Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, Año 2011.
- LanammeUCR, Informe Proyecto N° UI-PE-03-08 *Variaciones a los rangos de clasificación de la red vial nacional de Costa Rica*, Unidad de Investigación, Año 2008.
- Vargas, W.; Garro, J. *Relación entre las características geométricas y la vulnerabilidad de algunas rutas de montaña en Costa Rica*, I Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (I CISEV), Costa Rica, Año 2008.
- Vargas, W.; Garro, J. *Gestión de riesgos naturales en infraestructura vial*, Informe interno de Labores, LanammeUCR, Año 2003.

