

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-AT-042-12

## **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE PROYECTOS DE RECONSTRUCCIÓN VIAL**

INFORME FINAL

Preparado por:

**Unidad de Auditoría Técnica**

San José, Costa Rica

DICIEMBRE 2012

Información técnica del documento

<b>1. Informe Final</b> LM-PI-AT-042-12	<b>2. Copia No.</b> 1	
<b>3. Título y subtítulo:</b> EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE PROYECTOS DE RECONSTRUCCIÓN VIAL	<b>4. Fecha del Informe</b> Diciembre 2012	
<b>7. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>8. Notas complementarias</b> --- * * ---		
<b>9. Resumen</b> El objetivo de este informe de auditoría técnica es determinar el desempeño de la superficie de ruedo de los proyectos seleccionados, con el paso del tiempo, desde el punto de vista funcional mediante la evaluación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) medido en la superficie de ruedo de cuatro proyectos a cargo de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI, dos de ellos pavimentos flexibles y los otros dos rígidos. Para cada proyecto respectivamente se calculó el valor del parámetro de regularidad (IRI) en el año de finalización de la construcción, para posteriormente realizar una comparación con las mediciones de IRI realizadas en los siguientes años (2010 al 2012). Los proyectos estudiados en este informe de auditoría técnica se dividen según su superficie de ruedo en: Pavimentos flexibles (superficie de ruedo de mezcla asfáltica): 1. Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 10, sección: Cartago-Paraíso, Licitación Pública No. 2006LN-45DI 2. Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 102, sección: San Vicente de Moravia-San Isidro de Coronado Licitación Pública No. 2006LN-53DI Pavimentos rígidos (superficie de ruedo de concreto): 3. Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 204, sección: Zapote-San Francisco, Licitación Pública No. 2006LN-000052-DI 4. Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 211, sección: San Francisco-La Colina, Licitación Pública No. 2006LN-000046-DI. Para estos proyectos, en el cartel de licitación no se establece especificación de IRI. Sin embargo, debido a la importancia del IRI en el desempeño futuro del pavimento es que esta Auditoría Técnica ha realizado la evaluación de este parámetro en los proyectos mencionados. Cabe recalcar que internacionalmente este indicador es un parámetro de primer orden en la aceptación (control de calidad) del pavimento nuevo y en la evaluación del pavimento en servicio. Sobre los resultados del ensayo del índice de regularidad internacional (IRI) realizado por el LanammeUCR en el periodo de estudio determinado (2009-2012). Se puede decir que: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los valores de Índice de Regularidad Internacional (IRI) en los diferentes proyectos en estudio presentan valores superiores a los recomendados en la normativa actual (CR-2010).</li> <li>• Los resultados obtenidos de IRI para los proyectos analizados clasifican los proyectos según su condición superficial en "regular" en el caso de los pavimentos flexibles (proyecto Moravia- Coronado y Cartago-Paraíso) y "mala" en los proyectos analizados con pavimento rígido; esto según los parámetros de clasificación de los informes de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional. LanammeUCR.</li> <li>• Los resultados obtenidos IRI para los diferentes proyectos en el periodo de estudio establecido de 2009 al 2012 evidencian variaciones a través de los años en el resultado obtenido, es decir, en general, no se observa una mejora significativa en este parámetro, debido a los deterioros prematuros presentados y por ende, a reparaciones realizadas en dicho período de estudio que muestran no mejorar sustancialmente la condición superficial de la superficie de ruedo.</li> </ul> Se recomienda que en futuros proyectos de construcción vial se considere dentro de los ensayos de autocontrol, la medición del IRI de manera que se pueda corregir oportunamente cualquier desviación con respecto a la especificación durante la fase constructiva y no hasta que se concluye el proyecto, en donde dichas reparaciones pueden resultar más difíciles y costosas. La Administración debe elaborar un procedimiento oficial que le permita evaluar un proyecto de acuerdo con parámetros de aceptación definidos antes de la recepción definitiva, de manera que se proteja la inversión pública y no se reciban proyectos con estándares que no son consistentes con los que debería tener una carretera nueva, una reconstrucción o mejoramiento de rutas, como el caso de los proyectos analizados en este informe.		
<b>10. Palabras clave</b> Índice de Regularidad Superficial, IRI	<b>11. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>12. Núm. de páginas</b> 66

## TABLA DE CONTENIDO

INFORME PRELIMINAR DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA .....	6
<b>1. FUNDAMENTACIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2. OBJETIVO GENERAL DE LA AUDITORÍA.....</b>	<b>8</b>
<b>3. OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA AUDITORÍA .....</b>	<b>8</b>
<b>4. ALCANCE DE LA AUDITORÍA.....</b>	<b>9</b>
5.1 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) .....	11
5.2 CONSIDERACIONES E IMPLICACIONES DE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD.....	13
5.3 ESPECIFICACIONES DE IRI EMPLEADAS EN OTROS PAÍSES .....	15
5.4 ESPECIFICACIONES DE ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) PARA COSTA RICA .....	17
<b>6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>8. INTEGRANTES DEL EQUIPO AUDITOR DEL LANAMMEUCR.....</b>	<b>23</b>
<b>9. ANTECEDENTES .....</b>	<b>24</b>
<b>10. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA 26</b>	
10.1. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	27
SOBRE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) REALIZADO POR EL LANAMMEUCR EN EL PERIODO DE ESTUDIO DETERMINADO (2009-2012).....	27
<b>11. CONCLUSIONES .....</b>	<b>60</b>
<b>12. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones Internacionales de Índice de Regularidad Internacional (IRI).....	16
Tabla 2 Bases de medición de IRI utilizadas en el informe LM-AT-042B-12.....	19
Tabla 3.Descripción de los proyectos analizados .....	22
Tabla 4. Descripción de responsables de los proyectos en estudio.....	23
Tabla 5. Resumen de resultados de IRI para los proyectos de estudio, año final de construcción (2008 y 2009, según se señala).....	25
Tabla 10. IRI característico de los proyectos en estudio en el año 2009 para una base de medición cada 100m.....	29
Tabla 11. Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los proyectos seleccionados, Fuente: MapSource.....	6
Figura 2. Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías .....	14

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Datos individuales de IRI para los proyectos en estudio con pavimento flexible en el año 2009 (Cartago-Paraíso y Moravia-Coronado), contra especificación del CR-2010. ....	30
<b>Gráfico 2.</b> Datos individuales de IRI para los proyectos en estudio con pavimento rígido en el año 2009 (Zapote San Francisco-San Francisco-La Colina), contra especificación del CR-2010. ....	31
<b>Gráfico 3.</b> Promedio de diez datos de IRI para los proyectos en estudio con pavimento flexible en el año 2009 (Cartago-Paraíso y Moravia-Coronado), contra especificación del CR-2010. ...	33
<b>Gráfico 4.</b> Promedio de diez datos de IRI para los proyectos en estudio con pavimento flexible en el año 2009 (Zapote-San Francisco y San Francisco-La Colina), contra especificación del CR-2010.....	34
<b>Gráfico 5.</b> Comparación de datos de IRI del proyecto Cartago-Paraíso y Moravia-Coronado en el año 2009 con los rangos de UGERVN. ....	39
<b>Gráfico 6.</b> Comparación de datos de IRI del proyecto Zapote-San Francisco y San Francisco-La Colina en el año 2009 con los rangos de UGRVN.....	43
<b>Gráfico 7.</b> Datos de IRI en el periodo de estudio (2009 al 2012) del proyecto en la Ruta Nacional No 10 sección: Cartago-Paraíso.....	50
<b>Gráfico 8.</b> Datos de IRI en el periodo de estudio (2009 al 2012) del proyecto en la Ruta Nacional No 102 sección: Moravia-Coronado. ....	52
<b>Gráfico 9.</b> Datos de IRI en el periodo de estudio (2009 al 2012) del proyecto en la Ruta Nacional No 204 sección: Zapote- San Francisco.....	54
<b>Gráfico 10.</b> Datos de IRI en el periodo de estudio (2009 al 2012) del proyecto en la Ruta Nacional No 211 sección: San Francisco-La Colina. ....	56

## INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE PROYECTOS DE RECONSTRUCCIÓN VIAL

### **Coordinador de Programa de Infraestructura de Transporte , PITRA:**

- Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, MSc

### **Coordinadora de Auditoría Técnica:**

- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.

### **Auditoras:**

- Ing. Raquel Arriola Guzmán
- Ing. Ana Hidalgo Arroyo – Auditor Líder

### **Asesor Legal:**

- Lic. Miguel Chacón Alvarado

### **Alcance del informe:**

- Determinar la condición de la superficie de ruede y por ende su desempeño, en el período de estudio 2009-2012 de cuatro proyectos con características similares, dos con pavimento flexible y dos con pavimento rígido.

### **Referencias:**

- Informe de Auditoría Técnica LanammeUCR LM-AT 071-09: Cartago-Paraíso
- Informe de Auditoría Técnica LanammeUCR LM-AT 063-09. Moravia-Coronado
- Informe de Auditoría Técnica LanammeUCR LM-AT 156-09. Zapote-San Francisco
- Informe de Auditoría Técnica LanammeUCR LM-AT 215-09. San Francisco-La Colina
- Informe de laboratorio: I-0709 , I-0199-09 , I-0772-09 , I-0762-09 , I-026-10, I-0283-10, I-0359-10 y I-0360-10, I-0139-11, I-0139-11, I-0289-11, I-0289-11, I-0295-12 e I-0304-12

### **Ubicación de las rutas auditadas:**



**Figura 1.** Ubicación de los proyectos seleccionados, Fuente: MapSource.



## INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

### EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DE PROYECTOS DE RECONSTRUCCIÓN VIAL

#### 1. FUNDAMENTACIÓN

La auditoría técnica externa a proyectos en ejecución para el sector vial, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la ley 8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, el proceso de auditoría se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

*“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.” (El subrayado no es del texto original)*



## 2. OBJETIVO GENERAL DE LA AUDITORÍA

El objetivo de esta Auditoría Técnica en los diferentes proyectos seleccionados, es dar a conocer a la Administración, desde un punto de vista externo y constructivo, los resultados obtenidos de las mediciones y condiciones observadas en las visitas realizadas por el equipo auditor a los sitios de las obras.

Se procura que este informe sea una herramienta que le permita a la Administración evaluar las condiciones y resultados obtenidos para los proyectos analizados, de manera que pueda contribuir a la toma de decisiones sobre aspectos que se deben considerar tanto en estos proyectos como en futuras obras viales para que se logren ejecutar de una manera eficiente, con mejores estándares de recepción de proyectos, mediante controles efectivos durante los procesos constructivos para lograr proyectos que se desempeñen aceptablemente dentro de su período de vida útil, aspectos que finalmente se traducen en calidad de servicio para los usuarios.

## 3. OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA AUDITORÍA

El objetivo específico de este informe de Auditoría Técnica es determinar el desempeño de la superficie de ruedo de los proyectos seleccionados, en un período de estudio de tres años (2009-2012), desde el punto de vista funcional mediante la evaluación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en la superficie de ruedo de cuatro proyectos a cargo de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI, dos de ellos pavimentos flexibles y los otros dos rígidos.

Para el presente informe, conocer estos datos permitirá, observar si este parámetro de regularidad superficial varió en el tiempo y si esta variación es significativa desde que se realizó la primera medición de IRI, en proyectos con la característica de haber sido finalizados hace 3 y 4 años y que presentaron valores de IRI altos al momento de la puesta en operación y una serie de deterioros prematuros en el corto plazo, posterior a su construcción.



#### 4. ALCANCE DE LA AUDITORÍA

El alcance de esta Auditoría Técnica se centró en la medición y análisis del parámetro de regularidad superficial IRI en el período 2009 a 2012. Estos proyectos tienen en común que fueron construidos hace 3 y 4 años y en los cuatro proyectos se presentaron una serie de deterioros prematuros en el corto plazo, posterior a su construcción.

#### 5. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Para cada proyecto respectivamente se calculó el valor del parámetro de regularidad (IRI) en el año de finalización de la construcción, para posteriormente realizar una comparación con las mediciones de IRI realizadas en los siguientes años (2010 al 2012).

Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de auditoría técnica, mediante la revisión de la documentación del proyecto, visitas al sitio y la realización de mediciones de campo, entre otros.

Los proyectos estudiados en este informe de auditoría técnica —se dividen según su superficie de ruedo en:

**Pavimentos flexibles** (superficie de ruedo de mezcla asfáltica):

1. Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 10, sección: Cartago-Paraíso, Licitación Pública No. 2006LN-45DI
2. Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 102, sección: San Vicente de Moravia-San Isidro de Coronado Licitación Pública No. 2006LN-53DI

**Pavimentos rígidos** (superficie de ruedo de concreto):

3. Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 204, sección: Zapote-San Francisco, Licitación Pública No. 2006LN-000052-DI
4. Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 211, sección: San Francisco-La Colina, Licitación Pública No. 2006LN-000046-DI.



Para estos proyectos, en el cartel de licitación no se establece especificación de IRI. Sin embargo, debido a la importancia del IRI en el desempeño futuro del pavimento es que esta Auditoría Técnica ha realizado la evaluación de este parámetro en los proyectos mencionados. Cabe recalcar que internacionalmente este indicador es un parámetro de primer orden en la aceptación (control de calidad) del pavimento nuevo y en la evaluación del pavimento en servicio.

A nivel de proyecto el Índice de Regularidad Superficial es utilizado mundialmente como parámetro de aceptación y aseguramiento de la calidad del proyecto. Además, es una herramienta importante utilizada para determinar el momento oportuno para aplicar un mantenimiento efectivo a una vía. Este parámetro representa la magnitud y la frecuencia del efecto en los vehículos de las irregularidades verticales presentadas a lo largo de la vía, y que se traducen para el usuario en la confortabilidad percibida al transitar la vía.

Es importante aclarar que en el caso del proyecto de Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 10, sección: Cartago-Paraíso, Licitación Pública No. 2006LN-45DI se desarrollaron dos secciones diferentes: una sección (carriles existentes) con el perfilado y colocación de 5 y 15 cm de concreto asfáltico, según los tramos definidos y la nueva sección (ampliación ambos lados del pavimento) con la estructura de pavimento correspondiente (subbase, base estabilizada y carpeta asfáltica).

La especificación del CR-2010 señala que para los carriles existentes en los cuales se coloca una sobrecapa, la sección que rige en cuanto a regularidad superficial es la: *“...401.17 Control de regularidad (IRI) en sobrecapas, reciclajes con sobrecapas o sobrecapas sobre fresados, de mezcla asfáltica en caliente...”* en este caso se especifica que se debe de pagar en función de un porcentaje de mejora.

Una aclaración en relación con los proyectos Cartago-Paraíso y Moravia-Coronado, es que para estos proyectos no se contaba con la medición de IRI antes del mejoramiento realizado, por lo que para realizar los análisis correspondientes en el presente informe LM-PI-AT-042-12, solamente se consideraron los nuevos carriles (ampliación) y el análisis realizado al igual que en el proyecto de mejoramiento sobre la Ruta Nacional No 102, sección Moravia-Coronado se realizó con base en la sección 401.16 del CR-2010.



## 6. MARCO TEÓRICO

A continuación se detallan algunos conceptos básicos importantes para el desarrollo del presente informe de Auditoría Técnica.

**6.1 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI):** En este apartado se define conceptualmente el parámetro de Regularidad Internacional (IRI), así como las unidades en las que se mide y la norma que regula dicha medición.

**6.2 Consideraciones e implicaciones de la medición del Índice de Regularidad:** Se definen las consideraciones más importantes para la determinación y cálculo del IRI

**6.3 Especificaciones de IRI empleadas en otros países:** Se describe la situación a nivel internacional y el estado del arte en cuanto al desarrollo de proyectos para afinar más aún el valor del Índice de Regularidad Internacional inicial en la construcción de pavimentos. Las investigaciones tienen como objetivo proponer nuevos valores iniciales del Índice de Regularidad Internacional para la recepción de pavimentos, proponer acciones de mantenimiento efectivas y recomendar especificaciones para controlar el Índice de Regularidad Internacional durante el proceso constructivo. Se presenta una tabla resumen con ejemplo de países que utilizan este indicador y el rango del mismo.

**6.4 Especificaciones de Índice de Regularidad Internacional (IRI) para Costa Rica:** En el caso de Costa Rica en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010, en el apartado 401.16 "Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente" y 501.14 "Control de regularidad (IRI) en pavimentos de losas de hormigón hidráulico", definen las especificaciones con respecto al parámetro de regularidad.

La Unidad de Auditoría Técnica analiza el Índice de Regularidad Internacional con diferentes bases de medición, para hacer un análisis a nivel de red utiliza una base de medición a cada 200m. Por otro lado, si se desea hacer una evaluación a nivel de proyecto, entonces la base de medición disminuye, por lo que aplicaría utilizar una base de medición a cada 100m, 50m y 10m, según el propósito de la medición.

## 6.1 Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

En la norma de ensayo ASTM E 867-06 Standard Terminology Relating to Vehicle Pavement Systems, se define el concepto de Roughness, cuya traducción al español es Rugosidad y viene dada por: *“desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal.”*<sup>1</sup>

De acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades, se expresa en m/km. Estas unidades indican la sumatoria del movimiento vertical de una masa suspendida sobre un amortiguador y suspensión (con características determinadas), producto de las irregularidades de la superficie del pavimento (perfil longitudinal), las cuales se expresan en metros por kilómetro.

El cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de regularidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático.

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) como indicador estadístico de la irregularidad superficial de pavimento representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, IRI = 0) y el perfil longitudinal real existente en el instante de la medida.

El perfil ideal de una carretera recién construida tiene un estado cero, pero se define por su IRI inicial mayor a cero, debido principalmente a que alcanzar valores de IRI = 0 es sumamente difícil desde el punto de vista constructivo. Una vez puesta en servicio, la regularidad del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito.<sup>2</sup>

La longitud del tramo a medir es importante para la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI), es necesario establecer un intervalo de longitud, ya que intervalos de longitud mayores ocultan niveles altos de regularidad superficial en los pavimentos, obteniendo de una manera inadecuada valores de Índice de Regularidad Internacional (IRI)

<sup>1</sup> Unidad de Investigación, LanammeUCR. “Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI”, Costa Rica, 2008.

<sup>2 y 3</sup> Unidad de Investigación, LanammeUCR. “Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI”, Costa Rica, 2008.

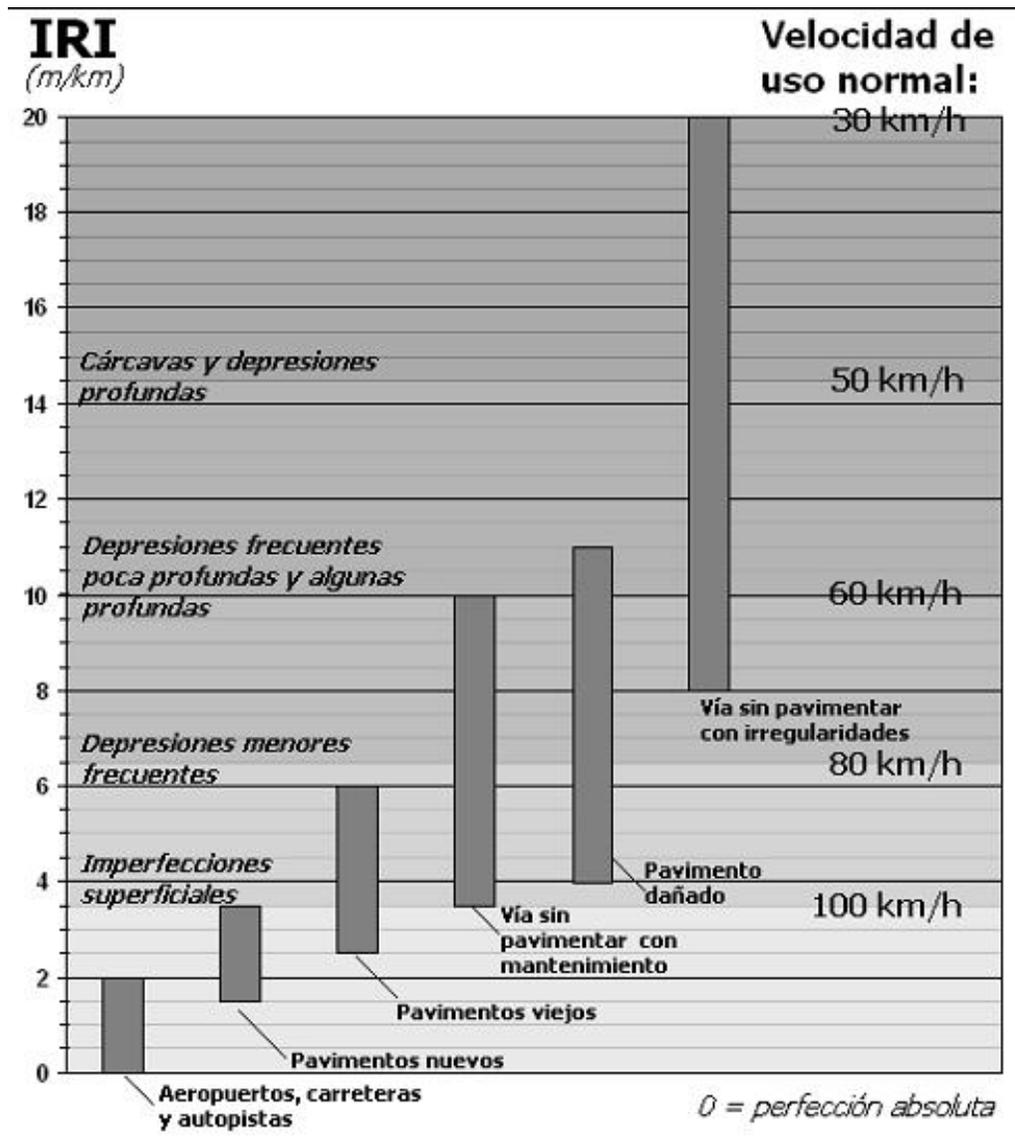


satisfactorios. Por otra parte la utilización de intervalos de longitud menores para la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) puede detectar niveles altos de regularidad, contribuyendo a obtener pavimentos con mejores niveles de seguridad y confort.

## 6.2 Consideraciones e implicaciones de la medición del Índice de Regularidad

Las consideraciones más importantes sobre el Índice de Regularidad Internacional son<sup>3</sup>:

- a. El IRI se determina mediante un cálculo matemático realizado con las ordenadas o cotas de una línea de perfil longitudinal cuyo resultado es independiente de la técnica o equipo utilizado para obtener el perfil.
- b. Para el cálculo del IRI es importante considerar la representatividad de las ordenadas que se introducen, es decir, la confiabilidad de la técnica o equipo con el que se obtiene el perfil y la frecuencia del muestreo utilizado.
- c. El cálculo matemático del IRI relaciona la acumulación de desplazamientos del sistema de suspensión de un vehículo modelo, dividida entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/hora, y se expresa en mm/m o m/km. Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km., donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20. A partir del estudio realizado por el Banco Mundial, se propuso una escala de medición de la regularidad superficial para diferentes tipos de vías (ver Figura No 2).



**Figura 2.** Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías

Fuente: Unidad de Investigación, LanammeUCR. "Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI", Costa Rica, 2008.



### 6.3 Especificaciones de IRI empleadas en otros países

Actualmente a nivel internacional se están llevando a cabo proyectos para afinar más aún el valor del Índice de Regularidad Internacional inicial en la construcción de pavimentos. Las investigaciones tienen como objetivo proponer nuevos valores iniciales del Índice de Regularidad Internacional para la recepción de pavimentos, proponer acciones de mantenimiento efectivas y recomendar especificaciones para controlar el Índice de Regularidad Internacional durante el proceso constructivo.

En el contexto latinoamericano países como Chile y México, utilizan el valor de Índice de Regularidad Internacional como uno de los parámetros de aceptación de proyectos de obra vial. En el contexto centroamericano, El Salvador especifica que el valor de Índice de Regularidad Internacional medido en tramos de 100m, no debe sobrepasar los 2,5 m/km. para pavimentos de concreto hidráulico de vías interurbanas<sup>4</sup>.

A continuación se presentan en la Tabla 1, algunas de las especificaciones de Índice de Regularidad Internacional empleadas en otros países, así como el intervalo de medición empleado en cada uno.

<sup>4</sup> Ventura Espinal José Antonio, Alvarenga Edwin. "Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI). Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y de Desarrollo Urbano. El Salvador.



**Tabla 1.** Especificaciones Internacionales de Índice de Regularidad Internacional (IRI)



Fuente: Informe UI-03-08, Unidad de Investigación, LanammeUCR. "Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI", Costa Rica, 2008.

#### 6.4 Especificaciones de Índice de Regularidad Internacional (IRI) para Costa Rica

En el caso de Costa Rica en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010, en el apartado 401.16 "Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente" se indica lo siguiente: "...Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si todos los promedios consecutivos de diez valores de IRI tienen un valor igual o inferior al indicado en la siguiente tabla y ninguno de los valores individuales supera 3,0 m / km.

Porcentaje de m/km	Rodadura e Intermedia	
	Tipo de vía	
	Autopistas y Vías concesionadas	Resto de Vías
50	<1.5	<1.5
80	<1.8	<2.0
100	<2.0	<2.5

Las irregularidades que excedan las tolerancias especificadas, así como las zonas que retengan agua sobre la superficie, deberán ser corregidas según las instrucciones del Ingeniero de Proyecto.

El IRI medio en el caso de las autopistas y vías concesionadas será como máximo de 1.69, del resto de vías 1.85 y el de otras capas bituminosas 2.35.

Si se asume una distribución normal para la serie de valores de IRI, los percentiles que se muestran anteriormente permiten definir un valor promedio de 1,85 m/km y una desviación ( ) de 0,39 m/km, que será la máxima aceptable<sup>5</sup>.

Con respecto a este tema también el CR-2010 establece en la sección 401.17 Control de regularidad (IRI) en sobrecapas, reciclajes con sobrecapas o sobrecapas sobre fresados, de mezcla asfáltica en caliente indica que:

"... Antes de iniciar los trabajos en la carpeta existente, debe medirse la regularidad de la superficie existente (IRI) en toda la longitud del proyecto. Esta será tomada como la superficie original antes de realizar el trabajo de colocación de las sobrecapas, realizar el

<sup>5</sup> Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. Costa Rica, 2010.

reciclaje o el fresado. El IRI existente se utilizará para determinar el porcentaje de mejora en cada segmento de 100 metros.

Se debe medir la regularidad de la capa de superficie final pavimentada, tan pronto se termine el trabajo. Las áreas defectuosas son las porciones de superficie de regularidad excesiva, medida en segmentos de 100 metros, con un porcentaje de mejora de menos del 0,9 o 25,4, como se indica en la Tabla 401-4.

El porcentaje de mejora en el IRI se determinará con un decimal para cada segmento de 0,1 kilómetros de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Mejora} = [(IRI \text{ Original} - IRI \text{ Final}) / IRI \text{ Original}] * 100$$

El pago con el factor de ajuste para cada segmento de 100 metros se determinará a partir de la Tabla 401-4:

Tabla 401-4

Factor de pago en sobrecapas según el porcentaje de mejora del IRI

<b>Sobrecapa simple (%) de mejora del IRI</b>	<b>% de Pago del valor de la carpeta según mejora</b>	<b>Multi-Capa % de mejora</b>	<b>% de Pago del valor de la carpeta según mejora</b>
50	100	60	100
35<50	75	40<60	75
25<35	50	30<40	50
15<25	25	20<30	25
<15	Rechaza	<20	Rechaza

Cabe destacar que tal y como se menciona en la sección 501.14 Control de regularidad (IRI) en pavimentos de losas de hormigón hidráulico, del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010, los valores de IRI para el caso de pavimentos rígidos nuevos coinciden con los valores utilizados para mezcla asfáltica en caliente que fueron detallados anteriormente.

La Unidad de Auditoría Técnica analiza el Índice de Regularidad Internacional con diferentes bases de medición, ya que éstas varían de acuerdo con el objetivo deseado. Si se requiere hacer un análisis a nivel de red (ejemplo: priorización de rutas para su intervención), entonces se suele utilizar una base de medición a cada 200m. Por otro lado, si se desea hacer una evaluación a nivel de proyecto (ejemplo: control de calidad y aceptación), entonces la base de medición disminuye, por lo que aplicaría utilizar una base de medición a cada 100m, 50m y 10m, según el propósito de la medición.

A continuación en la Tabla 2 se muestra las bases de medición utilizadas por el equipo auditor para el análisis del IRI.

**Tabla 2** Bases de medición de IRI utilizadas en el informe LM-AT-042B-12

Nivel	Base de medición	Objetivo
Red	Cada 200m.	Aplicación para la verificación de la regularidad superficial a nivel de red (especificación de Chile)
Proyecto	Cada 100m.	Aplicación para la verificación de regularidad superficial general del proyecto (especificación El Salvador, Canadá *)
	Cada 50 m.	Aplicación para la verificación de regularidad superficial localizada del proyecto
	Cada 10m.	Aplicación para el control e identificación de irregularidades puntuales a nivel de proyecto para su corrección

**Fuente:** LanammeUCR. Informe UI-03-08. Procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. 2008.

\* **Fuente:** Li Ningyuan et al. Quality Assurance Applied in Measuring Pavement Roughness of Ontario Provincial Roads", Canada.

Por tanto, el propósito final de realizar los cálculos de IRI con diferentes bases de medición, es brindar a la Administración, una gama de escalas de evaluación de la regularidad superficial para el planteamiento de acciones correctivas y preventivas, según la aplicación que considere oportuna.

Para ilustrar esta diferencia de valores de IRI calculados a diferentes distancias, el LanammeUCR realizó el cálculo de mediciones de Índice de Regularidad Internacional en intervalos de 200m, 100m, 50m y 10m.



La medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en intervalos de 200 m se utiliza para realizar una evaluación a nivel de red vial, en la que no se requiere de mediciones detalladas, y las cuales se utilizan para programar intervenciones de mantenimiento o de reconstrucción y definir prioridades.

La medición del parámetro IRI en intervalos cada 100 m se utiliza, al igual que el caso anterior, para realizar una evaluación a nivel de red vial, en la que no se requiere de mediciones detalladas, pero siendo esta menor muestra más detalle de la regularidad y del perfil del proyecto.

Para efectos de referencia, esta base de medición de 100 metros es utilizada en la especificación de El Salvador, en donde el IRI para pavimento flexible debe ser 2,0 m/km., y también se menciona esta base de medición en el CR-2010, tanto para pavimentos rígidos como flexibles.

Al implementar la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en intervalos de 50 m, se busca realizar una verificación de regularidad superficial localizada del proyecto, al mostrar mayor detalle en los datos obtenidos se pueden identificar con mayor facilidad puntos con irregularidades importantes que al ser detectados pueden ser corregidos.

Una frecuencia de medición comúnmente utilizada en países como Canadá, para medir el Índice de Regularidad Internacional en obras nuevas como criterio de aceptación final de proyecto, es de 10 metros, y es útil para la detección de zonas específicas con altas irregularidades, donde se necesita determinar si se requiere de algún mejoramiento en la superficie:

La medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI) para evaluar una obra a nivel de proyecto, requiere de precisión y detalle. En el caso de una evaluación a nivel de red vial, en la que no se requiere de mediciones tan detalladas, con una base de medición de 200 metros, se pueden utilizar los resultados para programar intervenciones de mantenimiento o de reconstrucción y definir prioridades.

Con el fin de realizar una evaluación de los proyectos utilizando una normativa de referencia, la Auditoría Técnica del LanammeUCR se basará en la especificación del CR-2010 en las



secciones 401.16 para pavimentos flexibles y 501.14 en el caso de pavimentos rígidos (concreto hidráulico).

## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y UBICACIÓN

Como se mencionó anteriormente los proyectos referidos en este informe son cuatro, dos de ellos construidos con una superficie de ruedo de mezcla asfáltica en caliente (pavimento flexible) y los otros dos con una superficie de ruedo constituida por una losa de concreto (pavimento rígido).

Los proyectos analizados son:

1. Proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No. 10, sección: Cartago-Paraíso, Licitación Pública No. 2006LN-45DI
2. Proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No. 102, sección: San Vicente de Moravia-San Isidro de Coronado Licitación Pública No. 2006LN-53DI
3. Proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No. 204, sección: Zapote-San Francisco, Licitación Pública No. 2006LN-000052-DI
4. Proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No. 211, sección: San Francisco-La Colina, Licitación Pública No. 2006LN-000046-DI

En la Tabla 3 a continuación se presenta un resumen de la información adicional de cada uno de estos proyectos:

**Tabla 3.** Descripción de los proyectos analizados

Proyecto	Monto y plazo original contrato	Longitud	Descripción de las obras realizadas
Ruta Nacional No. 10, sección: Cartago-Paraíso	Monto: ¢3.450.603.827,86 colones  Plazo original: 270 días efectivos	5,6 Km.	Perfilado y colocación de capa de mezcla asfáltica de 5 y 15 cm. de espesor según los tramos definidos para los carriles existentes, ampliación de la superficie de ruedo a 4 carriles según el espacio disponible, ampliar los puentes sobre los ríos Blanquillo, Barquero y San Nicolás, demarcación vial y reubicación de servicios públicos Final de la construcción: 2008
Ruta Nacional No. 102, sección: San Vicente de Moravia-San Isidro de Coronado	Monto: ¢3.776.297.600,58 colones  Plazo original: 525 días efectivos	5,1 Km.	Colocación de una capa de mezcla asfáltica, la ampliación de la superficie de ruedo y la respectiva demarcación vial. Final de la construcción: 2008
Ruta Nacional No. 204, sección: Zapote-San Francisco	Monto: ¢1.151.778.316,16 colones  Plazo original: 300 días efectivos	1,2 Km.	Consisten en la sustitución de la estructura de pavimento asfáltico existente, por la colocación de una nueva estructura de base estabilizada con cemento Portland sobre la que se debe colocar una losa de concreto hidráulico de 20 cm. de espesor como superficie de ruedo; también se incluye la ampliación del puente sobre el Río María Aguilar, la conformación y nivelación de los accesos a las vías secundarias y la colocación de señalización vial horizontal y vertical. Final de la construcción: 2009
Ruta Nacional No. 211, sección: San Francisco-La Colina	Monto: ¢1.639.687.303,00 colones  Plazo original: 270 días efectivos	1,7 Km.	Sustitución de la estructura de pavimento asfáltico existente, estabilización con cemento Portland del material de subbase con recuperadora de pavimentos para obtener una base estabilizada BE-35, sobre la que se debe colocar una losa de concreto hidráulico de 23 cm. de espesor como superficie de ruedo; también se incluye la ampliación del puente sobre el Río Tiribí, la conformación y nivelación de los accesos a las vías secundarias y la colocación de señalización vial horizontal y vertical. Final de la construcción: 2009

## 8. RESPONSABLES DEL PROYECTO

**Tabla 4.** Descripción de responsables de los proyectos en estudio

Proyectos	Ruta Nacional No. 10, sección: Cartago-Paraiso	Ruta Nacional No. 102, sección: Moravia-Coronado	Ruta Nacional No. 204, sección: Zapote-San Francisco	Ruta Nacional No. 211, sección: San Francisco-La Colina
<b>a) Responsables por parte de la Administración:</b>				
CONAVI	Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, antigua Dirección de Obras de CONAVI			
Laboratorio de Verificación de Calidad	Cuadrilla del CONAVI	Cuadrilla del CONAVI	Cuadrilla del CONAVI	Cuadrilla del CONAVI
<b>b) Responsables por parte de la empresa constructora</b>				
Contratista	MECO	MECO	Consortio Santa Fe-Holcim	Consortio Santa Fe-Holcim
Laboratorio de Control de Calidad	ITP	ITP	Castro de la Torre	Castro de la Torre

## 9. INTEGRANTES DEL EQUIPO AUDITOR DEL LANAMMEUCR

- Ing. Ana Hidalgo Arroyo (Auditora técnica líder)
- Ing. Raquel Arriola Guzmán (Auditora técnica adjunta)
- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MScEng. (Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica)
- Lic. Miguel Chacón Alvarado (Asesor Legal)

## 10. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME ENVIADO DE MANERA PRELIMINAR LM-PI-AT-042B-12

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante oficio LM-AT-152-12 del 15 de noviembre del 2012 se envía el informe preliminar LM-PI-AT-042B-12 a la parte auditada para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría, por lo que se otorga un plazo



de 10 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe para el envío de comentarios al informe preliminar.

Posterior al envío del informe preliminar se le brindó una audiencia a la parte auditada para que se refiriera al informe preliminar, se propuso el día 21 de noviembre 2012 a la 1:30 pm en las instalaciones del LanammeUCR, en donde se realizaría la presentación del informe LM-PI-AT-046B-12, a esta presentación fueron invitados los Ingenieros de los Proyectos analizados, la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, la Auditoría Interna y la Dirección Ejecutiva de CONAVI. Cabe recalcar que los ingenieros Ing. Álvaro Ulloa, Ingeniero de Proyecto Cartago-Paraíso, Ing. Carlos Hernández, Ingeniero del Proyecto San Francisco-La Colina y el Ing. Carlos Pereira de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes no se presentaron.

Dada la presencia de la Ing. Dahiana Izaguirre en representación de la Dirección Ejecutiva, se realizó la presentación del informe entregado de manera preliminar. También se contó con la presencia del Ing. Alex Cubillo Campos y la Lic. Blanca Calderón en representación del Lic. Reinaldo Vargas, Auditor Interno, quienes presenciaron dicha presentación.

En cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica y vencido el plazo indicado, sin recibir comentarios al informe entregado de manera preliminar por parte de los auditados, se procede a emitir el presente informe LM-PI-AT-046-12 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la ley.

## 11. ANTECEDENTES

Previo a este informe de Auditoría Técnica, desde el año 2009 se ha realizado en varios proyectos de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de CONAVI la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI), tanto para pavimentos flexibles como rígidos, entre estos se pueden citar los informes que dan origen al presente informe, entre ellos:

1. LM-AT-156-09: Evaluación Superficial en la Ruta Nacional No. 204 sección: Zapote-San Francisco emitido el 12 de junio 2009.

2. LM-AT-215-09: Evaluación Superficial y auscultación visual del pavimento en la Ruta Nacional No. 211 sección: San Francisco – La Colina emitido en noviembre 2009.
3. LM-AT-063-09: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 10, sección: Cartago-Paraíso, Licitación Pública No. 2006LN-45DI, emitido en mayo 2009.
4. LM-AT-071-09: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 102, sección: San Vicente de Moravia-San Isidro de Coronado Licitación Pública No. 2006LN-53DI, emitido en mayo 2009.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Tabla 5, se puede observar los valores de IRI obtenidos para el año 2009 en los diferentes proyectos.

**Tabla 5.** Resumen de resultados de IRI para los proyectos de estudio, año final de construcción (2008 y 2009, según se señala).

Proyecto	Cartago-Paraíso	Moravia-Coronado	Zapote-San Francisco	San Francisco-La Colina	
Final de construcción	2008	2008	2009	2009	
<b>Sentido</b>	<b>Cartago-Paraíso</b>	<b>Moravia-Coronado</b>	<b>Zapote-San Francisco</b>	<b>San Francisco-La Colina</b>	
<b>Base Medición</b>				<b>Interno</b>	<b>Externo</b>
@ 200 m	2,5 a 4,5	2,1 a 5,6	4,2 a 5,2	3,0 a 4,9	4,0 a 5,7
@ 100 m	2,2 a 4,9	1,8 a 5,6	4,0 a 5,9	3,0 a 5,4	4,0 a 5,9
@ 50 m	2,1 a 5,3	1,5 a 5,8	3,3 a 6,2	2,9 a 6,0	3,8 a 6,7
@ 10 m	1,4 a 6,3	1,1 a 8,2	1,8 a 9,4	1,6 a 7,2	2,6 a 9,7
<b>Sentido</b>	<b>Paraíso-Cartago</b>	<b>Coronado-Moravia</b>	<b>San Francisco-Zapote</b>	<b>La Colina-San Francisco</b>	
<b>Base Medición</b>				<b>Interno</b>	<b>Externo</b>
@ 200 m	2,5 a 4,4	2,0 a 4,3	3,0 a 5,2	3,3 a 4,9	3,5 a 9,3
@ 100 m	2,4 a 4,7	1,8 a 5,0	2,9 a 5,7	3,1 a 5,3	3,3 a 9,3
@ 50 m	2,2 a 5,3	1,6 a 5,4	2,7 a 6,4	2,8 a 5,8	3,0 a 9,3
@ 10 m	1,0 a 6,9	1,0 a 7,7	1,9 a 9,0	2,0 a 7,9	2,1 a 9,8

En términos generales los resultados del Índice de Regularidad Internacional en estos informes realizados por la Unidad de Auditoría Técnica, muestran valores superiores a los valores máximos establecidos en las especificaciones internacionales tomadas como



referencia y en la especificación del CR-2010; en el año de puesta en operación, es decir, valores iniciales de IRI altos en proyectos recién intervenidos.

En estos informes de Auditoría Técnica se estableció de forma general, evidencia de deterioros prematuros, tales como grietas y fisuras, ahuellamientos, exudación en el caso de los pavimentos flexibles, desprendimiento de agregado y bacheos; condiciones que no son normales en un pavimento nuevo y recién construido.

En relación con las recomendaciones derivadas de estos informes de Auditoría Técnica mencionados, el LanammeUCR ha sido insistente en que la Administración, para futuros proyectos considere dentro de las especificaciones de los carteles de licitación, requerimientos de regularidad superficial (IRI) como uno de los indicadores de calidad para aceptación de los proyectos.

Adicionalmente se ha recomendado que se debe brindar especial atención y seguimiento a los deterioros identificados en los diferentes proyectos, así como mejorar los procesos constructivos y la calidad de los materiales colocados, de manera que la aparición de deterioros prematuros en proyectos recién construidos no se repita en futuros proyectos.

## 12. OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo de Auditoría Técnica en este informe de Auditoría Técnica se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de Auditoría Técnica, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las mediciones realizadas y la recolección y análisis de evidencias.



Se entiende como hallazgo de auditoría técnica, un hecho que hace referencia a una normativa, informes anteriores de auditoría técnica, principios, disposiciones y buenas prácticas de ingeniería o bien, hace alusión a otros documentos técnicos y/o legales de orden contractual, ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, una observación de auditoría técnica se fundamenta en normativas o especificaciones que no sean necesariamente de carácter contractual, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería, principios generales, medidas basadas en experiencia internacional o nacional. Además, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

Por lo tanto las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que prevengan el riesgo potencial de incumplimiento.

## 10.1. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

### **SOBRE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DEL ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI) REALIZADO POR EL LANAMMEUCR EN EL PERIODO DE ESTUDIO DETERMINADO (2009-2012).**

**Observación 1: Los valores característicos de Índice de Regularidad Internacional (IRI) en los diferentes proyectos en estudio presentan valores superiores a los recomendados en la normativa actual CR-2010, en el año de puesta en operación.**

Tal y como se mencionó en los diferentes informes de Auditoría Técnica elaborados en los años 2009 y 2010, el valor del Índice de Regularidad Internacional calculado en los cuatro proyectos analizados, no cumple con las especificaciones y normativa internacional y de las buenas prácticas de la ingeniería existente a esa fecha, así como tampoco cumplen con la especificación nacional vigente del CR-2010.



Cabe aclarar nuevamente, que ninguno de los proyectos analizados en este informe, contaban con una especificación a nivel cartelario que regulara el valor de la condición superficial en el proyecto. No obstante, con el fin de realizar una evaluación de los proyectos utilizando una normativa de referencia, la Auditoría Técnica del LanammeUCR se basará en la especificación del CR-2010 en las secciones 401.16 para pavimentos flexibles y 501.14 en el caso de pavimentos rígidos (concreto hidráulico).

En el caso de los proyecto en pavimento flexible (Cartago-Paraíso y Moravia-Corona) se utilizó para realizar el análisis únicamente la sección de cada proyecto donde se realizó una reconstrucción del pavimento (capas de subbase, base y carpeta asfáltica) y no solamente la colocación de una sobrecapa, ya que el análisis de este tipo de trabajo responde a otra sección (401.17) del CR-77, y de esta forma solamente utilizar valores comparables entre sí.

Es importante señalar que la base de medición que se utiliza en la mayoría de las especificaciones técnicas para verificación de la calidad y pago es cada 100 m, tal y como lo establece el CR-2010.

A continuación se presenta un análisis de la especificación del CR-2010 aplicada a cada uno de los proyectos en estudio, en la Tabla 10 se puede observar que ninguno de los valores del Índice de Regularidad Internacional característicos calculados para los cuatro proyectos en el año de finalización del proyecto (2008 en el caso de los pavimentos flexibles o 2009 en el caso de pavimentos rígidos), cumplen con las siguientes condiciones que plantea la especificación del CR-2010:

- a. *Tener un valor menor al valor promedio indicado en el CR-2010 en la sección 401.16 (pavimento flexible) y 501.14 (pavimento rígido), cuyo valor es de 1,85 (desviación estándar 0,39).*

Para cada uno de los proyectos mostrados en la siguiente tabla (Ver Tabla 10) se puede encontrar el valor de IRI característico (MRI @100m) calculado en el año de construcción del proyecto 2008 en el caso de los pavimentos flexibles o 2009 en el caso de pavimentos rígidos), para una base de medición de cada 100 metros, es mayor en todos los casos al

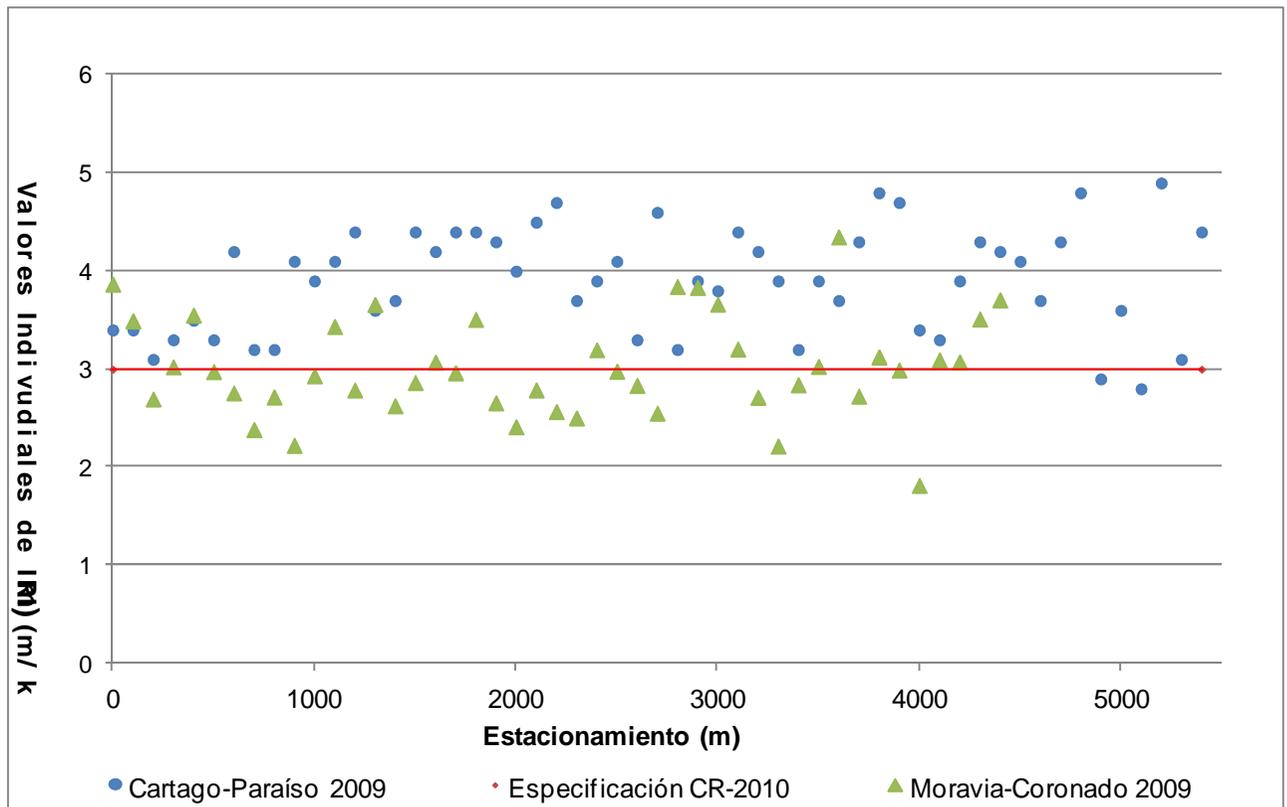
valor establecido en la normativa actual (CR-2010). Por ejemplo en el caso del proyecto Cartago-Paraíso se obtuvo un valor de IRI de 4,0 m/km, valor que supera en más del doble al valor indicado por la especificación del CR-2010 (116%). También se puede observar en dicha tabla que tampoco los valores de las desviaciones estándar asociadas al valor de IRI característico cumplen con lo establecido en la normativa.

**Tabla 6.** IRI característico de los proyectos en estudio en el año 2009 para una base de medición cada 100m.

Proyecto	MRI @100m	Desviación estándar
Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 10, Sección: Cartago-Paraíso	4,0	0,54
Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 102, Sección: Moravia-Coronado	3,2	0,51
Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 204, Sección: Zapote-San Francisco	4,7	0,4
Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 211, Sección: San Francisco-La Colina	4,4	0,85

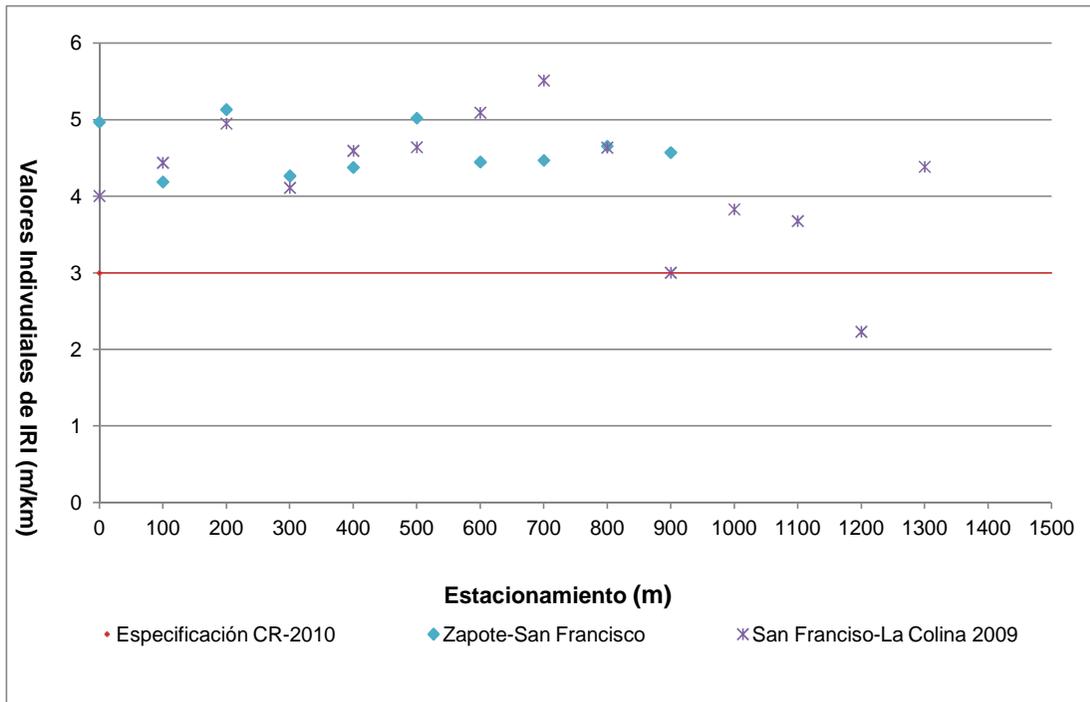
- b. El límite superior para los datos individuales de IRI deberá tener un valor de 3,0 m/km: Ninguno de los proyectos analizados en este informe, en el año de puesta en operación (2009-2010), cumple con este enunciado de la especificación del CR-2010.*

En los siguientes gráficos se puede observar la representación gráfica de los valores individuales de IRI calculados en los diferentes proyectos en estudio y el límite superior señalado en el CR-2010.



**Gráfico 1.** Datos individuales de IRI para los proyectos en estudio con pavimento flexible en el año 2009 (Cartago-Paraíso y Moravia-Coronado), contra especificación del CR-2010.

El Gráfico 1 muestra los valores individuales de IRI en una base de medición cada 100m, tal y como lo indica el CR-2010, y también se muestra el límite superior para estos valores. Tal y como se puede observar en el caso del proyecto Cartago-Paraíso en el año 2009 cuando se realizó la primera medición de este parámetro, solo 2 valores cumplían con la especificación, esto representa que un 96,4% de los valores de IRI no cumple con el valor de límite superior establecido. En el caso del proyecto Moravia-Coronado también en el año 2009 el 40% de los valores incumple con dicha especificación.



**Gráfico 2.** Datos individuales de IRI para los proyectos en estudio con pavimento rígido en el año 2009 (Zapote San Francisco-San Francisco-La Colina), contra especificación del CR-2010.

En el Gráfico 2 se muestra los valores individuales de IRI en una base de medición cada 100m y el límite superior de especificación tal y como lo indica el CR-2010, para los proyectos de concreto analizados. Tal y como se puede observar en el caso del proyecto Zapote-San Francisco en el año 2009 cuando se realizó la primera medición de este parámetro, ningún valor cumplía con la especificación, esto representa un 100% de los valores de IRI no cumple con el valor de límite superior establecido. En el caso del proyecto San Francisco-La Colina también en el año 2009 el 95,5% de los valores incumple con dicha especificación.

- c. Con respecto al enunciado de las secciones 401.16 y 501.14 del CR-2010, tanto para pavimento flexible como para rígido, esta menciona que:

*"...Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si todos los promedios consecutivos de diez valores de IRI tienen un valor igual o inferior al indicado en la siguiente tabla...<sup>6</sup> . En el caso de los proyectos analizados en el presente informe, clasifican como "Resto de vías".*

Porcentaje de m/km	Rodadura e Intermedia	
	Tipo de vía	
	Autopistas y Vías concesionadas	Resto de Vías
50	<1.5	<1.5
80	<1.8	<2.0
100	<2.0	<2.5

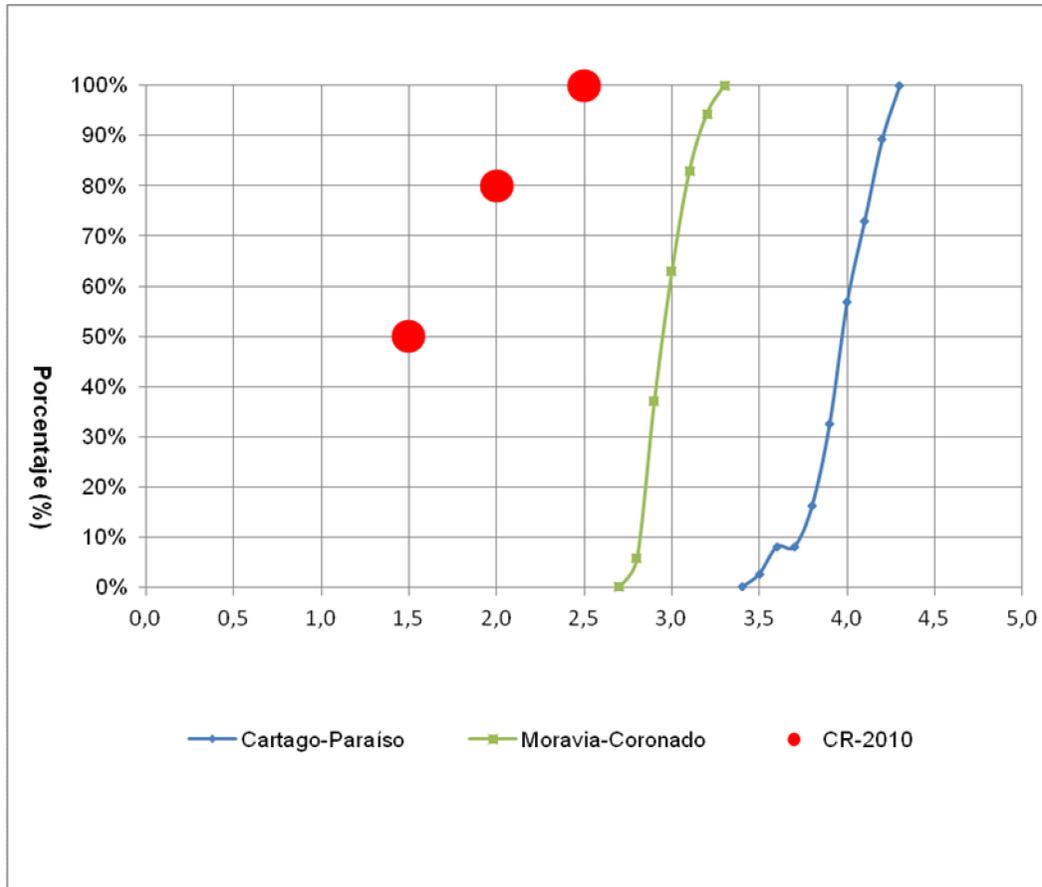
A continuación en el Gráfico 3, se muestran los promedios consecutivos de diez valores de IRI para los proyectos Cartago-Paraíso y Moravia-Coronado en el año 2009 (proyectos con pavimento flexible) y comparación con la especificación del CR-2010.

Los puntos individuales hacen referencia a los puntos mencionados en la especificación del CR-2010 para 50%, 80% y 100%. Tal y como se puede observar en el Gráfico 3, todos los valores obtenidos de IRI en los proyectos superan el límite de especificación, es decir, hay un incumplimiento del 100%.

Por ejemplo, en el caso del proyecto Cartago-Paraíso un 50% de los datos presentan un valor de IRI de 2,9 m/km aproximadamente, cuando la especificación indica que el 50% de los datos debería tener un valor igual o menor a 1,5 m/km.

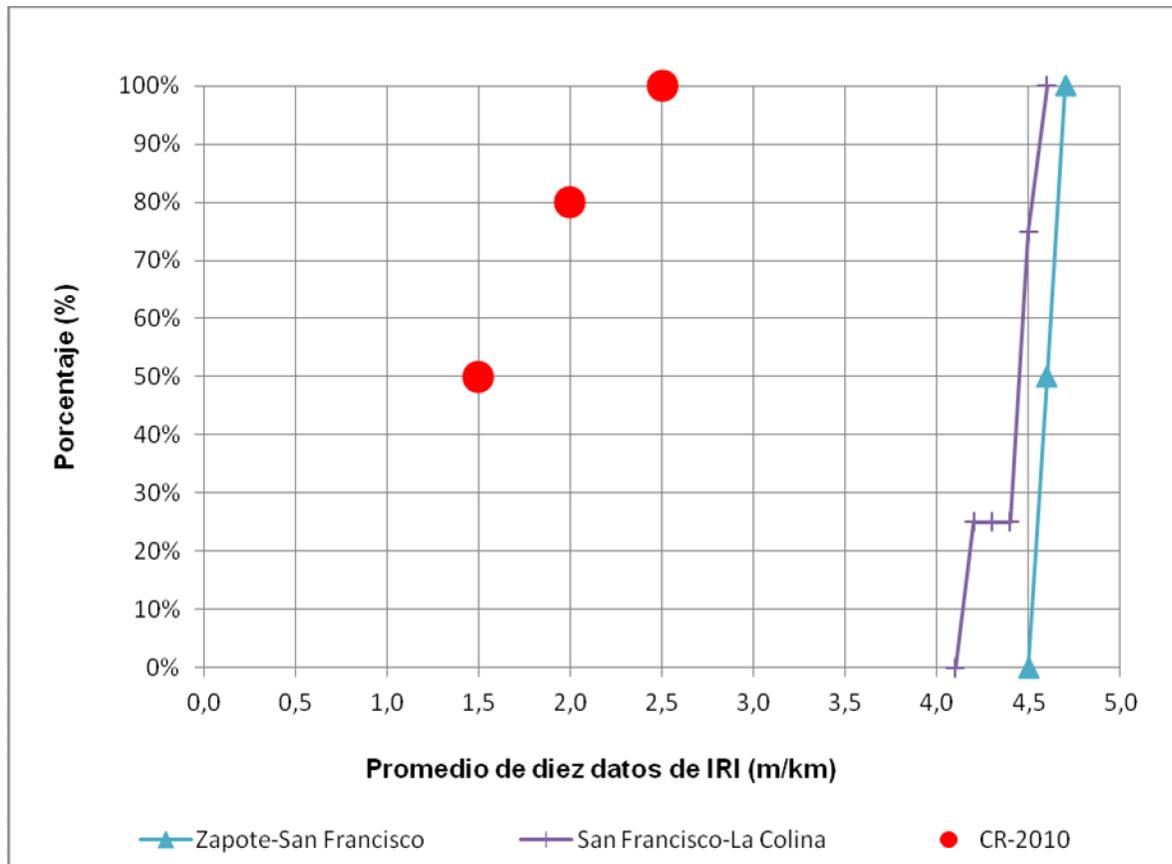
En el caso del proyecto Moravia-Coronado se puede observar que para un 80% de los datos el valor de IRI debería ser igual o menor a 2,0 m/km pero este proyecto presentó un valor de aproximado de 4,2 m/km.

<sup>6</sup> Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. Costa Rica, 2010.



**Gráfico 3.** Promedio de diez datos de IRI para los proyectos en estudio con pavimento flexible en el año 2009 (Cartago-Paraiso y Moravia-Coronado), contra especificación del CR-2010.

Posteriormente se puede observar en el Gráfico 4, el mismo análisis pero para el caso de los proyectos de pavimento rígido (Proyectos de mejoramiento de la Ruta Nacional No 204: Zapote-San Francisco y Ruta Nacional No 211: San Francisco-La Colina). En ambos casos no se cumple con ninguno de los límites establecidos en el CR-2010. En el siguiente Gráfico 4 se puede observar, por ejemplo, para el caso de proyecto San Francisco-La Colina el 50% de los datos tienen un valor de 4,4m/km y en el caso del proyecto Zapote-San Francisco 4,6 m/km aproximadamente, mientras la especificación del CR-2010, sección 501.14 indica que el 50% de los valores deben de ser menor o igual a 1,5 m/km.



**Gráfico 4.** Promedio de diez datos de IRI para los proyectos en estudio con pavimento flexible en el año 2009 (Zapote-San Francisco y San Francisco-La Colina), contra especificación del CR-2010.

Es importante mencionar que un incremento en el IRI repercute en aspectos económicos, relacionados con los costos de operación de los vehículos y el mantenimiento de pavimentos, además afecta las condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de la vía.

Diferentes investigaciones realizadas, revelan que los costos de operación de los vehículos dependen de la magnitud de las irregularidades superficiales del pavimento, afectando la velocidad de circulación, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible.



Los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras, pueden reflejarse no sólo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación y rehabilitación.

En investigaciones en las cuales se ha evaluado la influencia de valores iniciales de IRI con el comportamiento del pavimento a largo plazo (Zaghloul, 1996), demuestran que valores iniciales elevados de IRI ocasionan mayores deterioros en el tiempo, mayor costo de mantenimiento, una vida útil de servicio inadecuada y rehabilitaciones o reconstrucciones a temprana edad del pavimento. Aún solucionándose los deterioros iniciales, el pavimento siempre presentará fallas funcionales en el tiempo más graves que aquel pavimento que inició su vida útil con un valor de IRI menor.

En 1988 Michael S. Janoff del JMJ Research, estudió el efecto de la regularidad inicial sobre el rendimiento del pavimento a largo plazo. Los resultados fueron presentados en 1990 en la reunión anual de la NAPA, en la publicación titulada "The Effect of Increased Pavement Smoothness On Long Term Pavement Performance & Annual Pavement Maintenance Cost".

Algunos de los resultados obtenidos de este estudio fueron los siguientes:

- Los pavimentos con una menor regularidad inicial tienen niveles más bajos de regularidad para los siguientes 10 años a la construcción.
- Los pavimentos con una menor regularidad inicial tienen niveles más bajos de agrietamiento para los siguientes 10 años a la construcción.
- Los pavimentos con una menor regularidad inicial tienen costos anuales medios de mantenimiento más bajos para los siguientes 10 años a la construcción.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Unidad de Investigación, LanammeUCR. "Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI", Costa Rica, 2008.



Es criterio de esta auditoría técnica que se refuerza la importancia de introducir este parámetro en los carteles de licitación, ya que además de que implicaría la necesidad de exigir una mejora en los procesos constructivos de los pavimentos (rígidos y flexibles), se estaría garantizando una inversión más efectiva de los recursos tanto para obra nueva como para mantenimiento, ya que como se mencionó anteriormente, niveles de IRI iniciales más bajos se traducen en una mayor vida útil, costos anuales de mantenimiento y costos de operación de los vehículos más bajos, confort y seguridad, lo cual redundaría en un beneficio para los usuarios de las vías de este país.

**Observación No 2. Los resultados obtenidos de IRI para los proyectos analizados clasifican los proyectos según su condición superficial en “regular” en el caso de los pavimentos flexibles (proyecto Moravia- Coronado y Cartago-Paraíso) y “mala” en los proyectos analizados con pavimento rígido; esto según los parámetros de clasificación de los informes de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional. LanammeUCR.**

La Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR (UGERVN), con el propósito de realizar la evaluación bienal integral de la condición real de la Red Vial Nacional, utiliza un rango de valores para calificar la condición funcional de las vías.

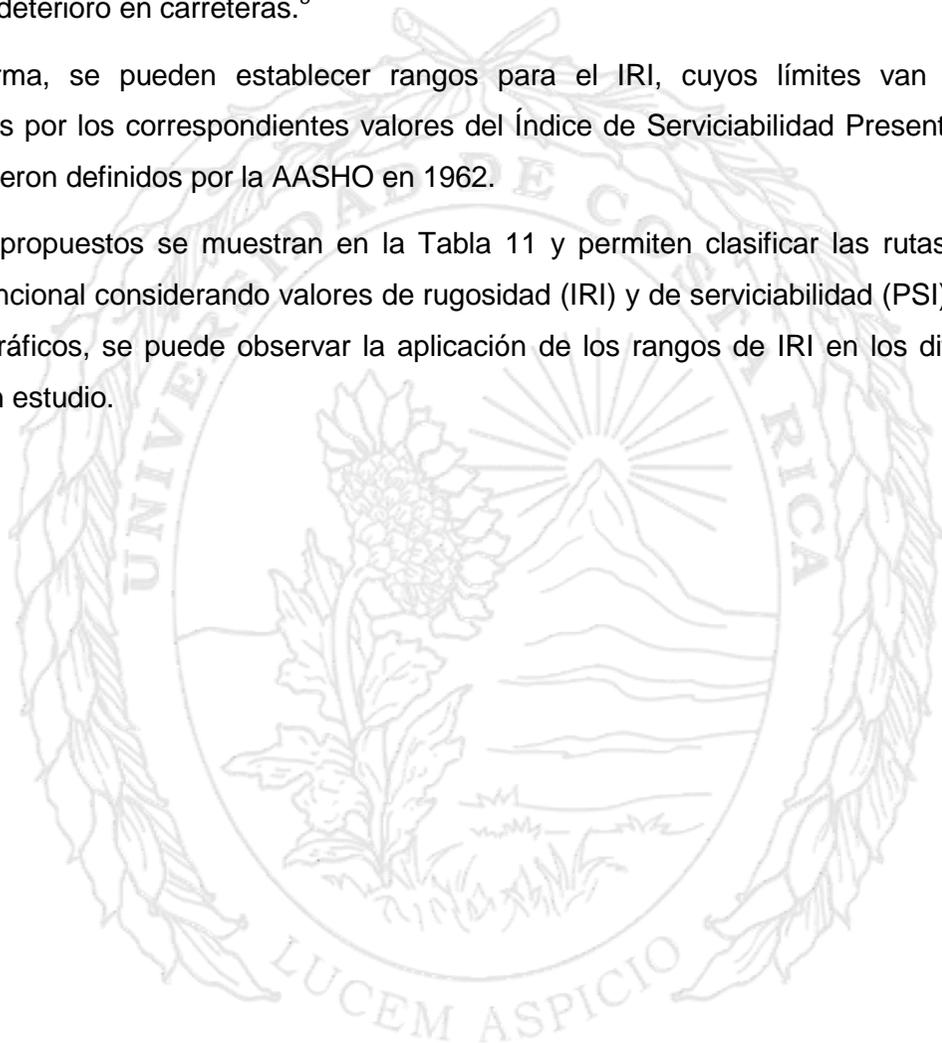
En términos de la capacidad funcional, el método reconocido internacionalmente para evaluar el confort de los usuarios es mediante la determinación de “Índice de rugosidad Internacional” (IRI), y es por medio de este índice que el LanammeUCR ha calificado la capacidad funcional de las rutas nacionales desde el año 2004.



Este rango de valores cuenta con la ventaja de poder calificar las vías, no solo por su condición funcional por medio del IRI, sino que permite calificar esas mismas vías por medio del “Índice de Serviciabilidad Presente” (PSI), el cual es un parámetro de control sumamente útil en la aplicación de Sistemas de Administración de Pavimentos y determinación de modelos de deterioro en carreteras.<sup>8</sup>

De esta forma, se pueden establecer rangos para el IRI, cuyos límites van a estar determinados por los correspondientes valores del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), los cuales fueron definidos por la AASHO en 1962.

Los rangos propuestos se muestran en la Tabla 11 y permiten clasificar las rutas por su condición funcional considerando valores de rugosidad (IRI) y de serviciabilidad (PSI). En los siguientes gráficos, se puede observar la aplicación de los rangos de IRI en los diferentes proyectos en estudio.



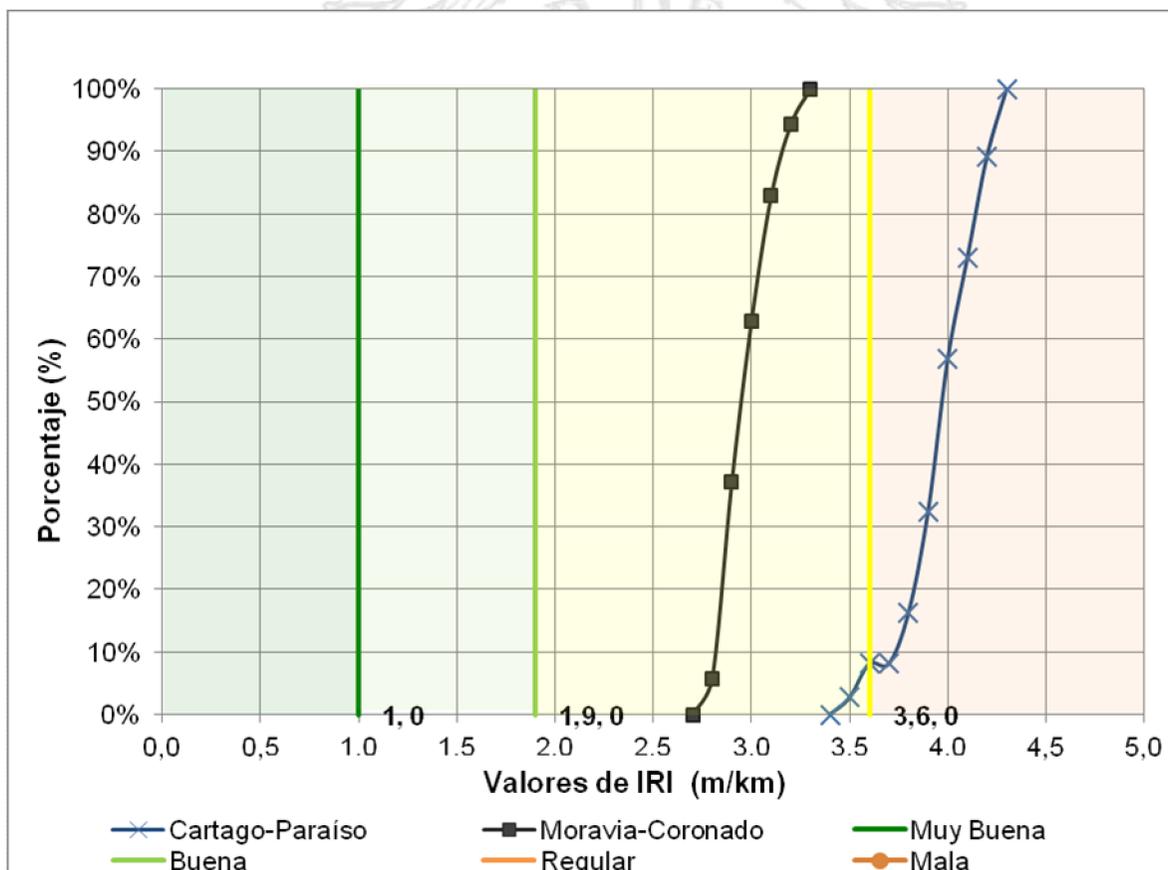
<sup>8</sup> Proyecto Especial: Propuesta de Rangos para la Clasificación de la Red Vial Nacional. Unidad de Evaluación de la Red Vial, LanammeUCR, marzo 2008.

Tabla 7. Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI

Pavimentos Flexibles (Modelo de AASHO)		Pavimentos Rígidos (Modelo de AASHO)			Clasificación	Descripción AASHO
Valores de PSI	Rangos de IRI	Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI		
5,0	0,0	5,0	0,0	0-1,4	Muy Buena	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos recarpeteados durante el año de inspección
4,2	0,8	4,5	1,0			
4,0	1,0	4,0	1,4			
3,0	1,9	3,0	2,3	1,4-2,3	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuecamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencia de un leve deterioro superficial, como desprendimientos y fisuras menores
2,5	2,6	2,5	2,9			
2,0	3,6	2,0	3,6	2,3-3,6	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuecamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1,5	0,9	1,5	4,6			
1,0	6,4	1,0	6,0	3,6-6,0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de aridos, agrietamiento y ahuecamiento, y ocurren un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
0,0	9,5	0,0	11,2	> 6,0	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los Caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie

Para realizar una comparación de los datos de IRI obtenidos en los informes mencionados anteriormente y los rangos de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR, se realizaron dos gráficos, en cada uno de ellos se describen franjas con los límites establecidos en el Tabla 11.

A continuación se presenta el Gráfico 5 del IRI del proyecto de Cartago-Paraíso RN 10 y Moravia-Coronado RN 102, del año de construcción o puesta en servicio 2009 en comparación con los rangos establecidos por la Unidad de Gestión de la Red Vial Nacional.



**Gráfico 5.** Comparación de datos de IRI del proyecto Cartago-Paraíso y Moravia-Coronado en el año 2009 con los rangos de UGERVN.

- **Ruta Nacional No 10, sección: Proyecto Cartago-Paraíso**

En el año 2009, año de construcción del proyecto, se reporta que el 50% de los datos tienen valores de IRI iguales o mayores a 3,7m/km, y tal y como se puede observar en el Gráfico 5 anterior, la curva de datos de IRI se encuentra ubicada en la franja de color amarillo que clasifica el pavimento en condición “Regular” de acuerdo con el porcentaje de los valores de IRI según el análisis realizado por el LanammeUCR. De acuerdo con la descripción establecida por AASHTO, *un pavimento en esta categoría, la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento*, es criterio de esta auditoría técnica que un proyecto recién construido debería clasificarse en una condición de “Muy Bueno” a “Buena”.

Por otra parte, en el informe LM-AT-063-09 del proyecto de la Ruta Nacional No 10, sección: Cartago-Paraíso emitido en mayo del 2009, se indicaron como observaciones las siguientes:

- La nueva capa de rodamiento presenta secciones con deterioros superficiales de exudación de asfalto.
- La capa de rodamiento colocada en septiembre de 2008 presenta deterioros superficiales y algunas reparaciones extensas y baches.



**Fotografía 1.** Exudación de asfalto. Estación 2+140 aprox. Fecha de la fotografía 28 de noviembre del 2008



**Fotografía 2.** Deterioros y reparaciones de la carpeta recién colocada. Estación 1+284. Fecha de la visita 02 de febrero del 2008.

Fuente: Informe de Auditoría Técnica LM-AT-063-09



El fenómeno de exudación de asfalto presente en este proyecto puede responder a múltiples aspectos de la metodología constructiva y a la calidad de la mezcla asfáltica colocada. También se observaron deterioros de la capa asfáltica como corrugaciones y huecos. Algunos de estos deterioros habían sido reparados con mezcla asfáltica (bacheos).

Otro efecto que se logró observar posterior a la puesta en operación de la carretera, fue la aparición de problemas de deformación plástica como las roderas y ondulaciones que inciden en la regularidad de la superficie de ruedo.

Los defectos o deterioros presentes en este proyecto, son los descritos en la Tabla 11 para un pavimento con una calidad "Regular" (*Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden ser ahuellamiento, parches y agrietamiento*), siendo este un pavimento recién construido.

- **Ruta Nacional No. 102, sección: San Vicente de Moravia-San Isidro de Coronado**

Por otra parte en el proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No. 102, sección: San Vicente de Moravia-San Isidro de Coronado se puede observar en este gráfico (Ver Gráfico 6) que en el año 2009, año de construcción de puesta en servicio del proyecto, se reporta que cerca del 50% de los datos tienen valores de IRI iguales o mayores a 4,0 m/km, valor que clasifica en condición "Mala" y como se observa en dicho grafico, la curva de datos de IRI de este proyecto se encuentra ubicada en la franja de datos que corresponden a esta clasificación de "Mala" condición de regularidad (Franja anaranjada).

En el informe LM-AT-071-09 del proyecto Moravia-Coronado también emitido en mayo del 2009, el equipo auditor señaló como observaciones lo siguiente:

- La nueva capa de rodamiento presenta exudación. Además se pueden observar deterioros superficiales.



**Fotografía 3.** Huecos. Este punto corresponde al estacionamiento 2+860 de la Ruta Nacional No. 102. La fotografía fue tomada el día 28 de octubre del año 2008.

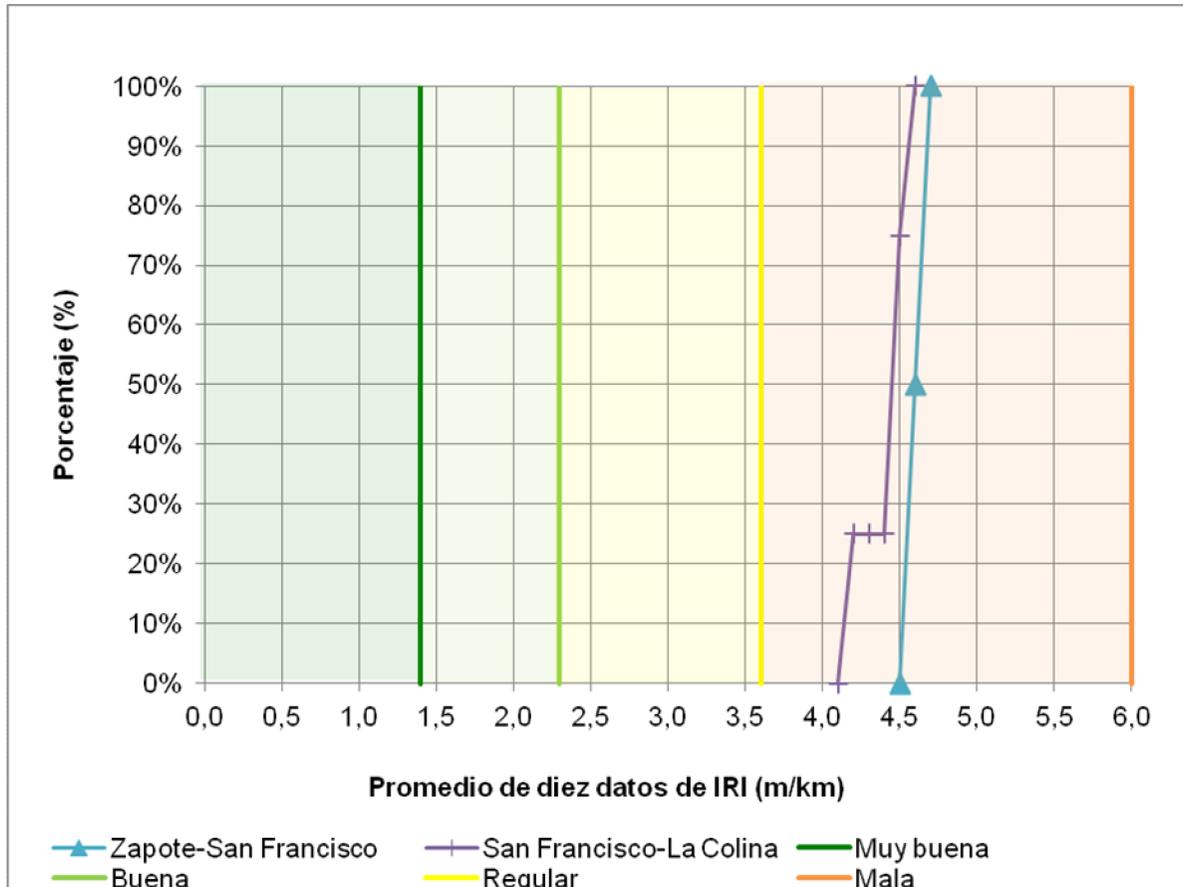


**Fotografía 4.** Exudación de asfalto. Las fotografías ejemplos de sitios donde se observa exudación de asfalto. Estación 1+700, Ruta Nacional No. 102, el día 28 de octubre del año 2008.

Fuente: Informe de Auditoría Técnica LM-AT-071-09

Al igual que en el caso anterior, por tratarse de un pavimento flexible, en este caso del proyecto Moravia-Coronado, también se puede observar el efecto de la exudación y de los deterioros superficiales, como huecos, tal y como se describe en la Tabla 11.

A continuación se presenta el Gráfico 6, de manera gráfica los datos de IRI del año de puesta en servicio de los proyectos construidos en pavimentos rígidos, en este caso el proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No 204, sección Zapote-San Francisco y proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No 211, sección San Francisco- La Colina.



**Gráfico 6.** Comparación de datos de IRI del proyecto Zapote-San Francisco y San Francisco-La Colina en el año 2009 con los rangos de UGRVN.

En el caso de los proyectos de mejoramiento de la Ruta Nacional No. 204, sección: Zapote-San Francisco y de San Francisco-La Colina, se puede observar el Gráfico 6, donde se muestran los valores del IRI de ambos proyectos (pavimento rígido) en comparación con los rangos establecidos por la Unidad de Gestión de la Red Vial Nacional.

- **Proyecto Ruta Nacional No 204. Sección: Zapote-San Francisco**

En el proyecto Zapote-San Francisco se puede observar como la condición del pavimento que presenta en el año 2009, año de puesta en operación del proyecto, se reporta que cerca

del 50% de los datos tienen valores de IRI iguales o mayores a 4,6 m/km, valor que clasifica en condición “Mala” el cual se describe como un pavimento *que se ha deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.*

En el informe de Auditoría LM-AT-156-09 del proyecto Zapote-San Francisco emitido en Junio del 2009, el equipo auditor señaló como observaciones lo siguiente:

- Defectos superficiales prematuros en las losas de concreto: Se realizó una auscultación visual de las losas de concreto. Se pudo observar como deterioros importantes:
  - o Agrietamiento en juntas de losas
  - o Agrietamiento en las esquinas de losas
  - o Grietas transversales a lo largo de la losa



**Fotografía No.5:** Grieta en la junta. La fotografía fue tomada el día 08 de julio del año 2009.



**Fotografía No. 6** Grieta transversal a lo largo de la losa. La fotografía fue tomada el día 08 de julio del año 2009.

Tal y como se puede observar en las fotografías anteriores, los deterioros encontrados en el campo, coinciden con los descritos en la Tabla 11, para un proyecto que se clasifica en su año de puesta en operación en una condición de regularidad “Mala”.

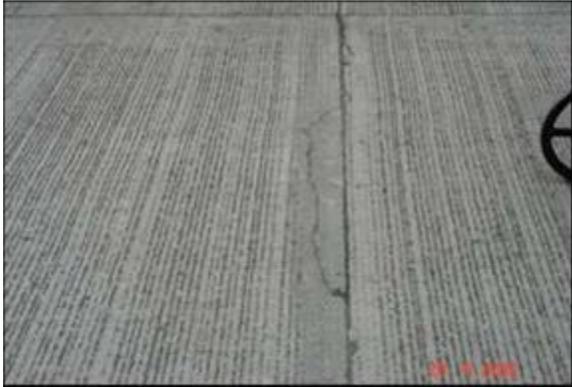
- **Proyecto Ruta Nacional No. 211, sección: San Francisco-La Colina**

Para el caso del proyecto de mejoramiento de la Ruta Nacional No. 211, sección: San Francisco-La Colina, se puede observar el Gráfico 6, donde se muestran los valores del IRI del proyecto en comparación con los rangos establecidos por la Unidad de Gestión de la Red Vial Nacional.

En este proyecto se puede observar que la condición del pavimento en el año 2009, año de puesta en operación del proyecto, se reporta que cerca del 50% de los datos tienen valores de IRI iguales o mayores a 4,4 m/km, valor que clasifica en condición “Mala”, la cual se describe como un pavimento *que se ha deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.* Tal y como se puede observar en el Gráfico 6, la totalidad de la curva que representan los datos de regularidad del proyecto se encuentra en la franja que clasifica en condición mala.

En el informe LM-AT-215-09 del proyecto San Francisco-La Colina emitido en Diciembre del 2009, al igual que en el caso anterior el equipo auditor señaló como observaciones lo siguiente:

- Defectos superficiales prematuros en las losas de concreto: Se realizó una auscultación visual de las losas de concreto. Se pudo observar como deterioros importantes:
  - o Agrietamiento en juntas de losas
  - o Agrietamiento en las esquinas de losas
  - o Grietas transversales a lo largo de la losa



**Fotografía 7.** Losa con deterioro y sin sello en la junta (28 de agosto del 2009)



**Fotografía 8.** Agrietamiento en la esquina de la losa (28 de agosto del 2009)



**Fotografía 9.** Agrietamiento transversal de la losa (28 de agosto del 2009)



**Fotografía 10.** Corte con profundidad insuficiente para la construcción de la junta de losa (28 de agosto del 2009)

Fuente: Informe de Auditoría Técnica LM-AT-215-09

Tanto en las fotografías anteriores como en los informes emitidos por la Unidad de Auditoría Técnica en el año 2009, se evidenció la presencia de deterioros prematuros y valores de IRI altos en todos los proyectos considerados en este estudio, tanto de pavimento rígido como flexible. Es criterio de esta auditoría técnica que esto va en detrimento del estándar de calidad esperada para proyectos, ya sean, de mejoramiento, reconstrucción o construcción y de la inversión económica que hace la Administración al realizar intervenciones en los pavimentos de la Red Vial Nacional, las cuales, no representan una mejora significativa en la condición superficial de estas rutas. Lo anterior debido a que un incremento en el IRI repercute en aspectos económicos, relacionados con los costos de operación de los



vehículos y el mantenimiento de pavimentos, además afecta las condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de la vía.

Finalmente, cabe reiterar que según se ha demostrado en investigaciones a nivel internacional y tal como se corrobora con los resultados obtenidos en los proyectos analizados en el presente informe: Cartago-Paraíso, Moravia-Coronado, Zapote-San Francisco y San Francisco-La Colina; valores iniciales elevados de IRI ocasionan mayores deterioros en el tiempo, mayor costo de mantenimiento, una vida útil de servicio inadecuada y rehabilitaciones o reconstrucciones a temprana edad del pavimento. Aún solucionándose los deterioros iniciales, el pavimento siempre presentará fallas funcionales en el tiempo más graves que aquel pavimento que inició su vida útil con un valor de IRI menor. Esto es importante no solo por los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras, que pueden reflejarse en los vehículos (costos asociados al mantenimiento), sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación y rehabilitación.

**Observación No 3: Los resultados obtenidos IRI para los diferentes proyectos en el periodo de estudio establecido de 2009 al 2012 evidencian variaciones a través de los años en el resultado obtenido, es decir, en general, no se observa una mejora significativa en este parámetro, debido a los deterioros prematuros presentados y por ende, a reparaciones realizadas en dicho período de estudio que muestran no mejorar sustancialmente la condición superficial de la superficie de ruedo.**

A partir del monitoreo realizado a los proyectos en estudio, el equipo auditor del LanammeUCR, pudo evidenciar cambios en el resultado del parámetro de regularidad superficial (IRI) asociados en su mayoría a los deterioros manifestados en cada uno de los proyectos a nivel de la superficie de ruedo.



Es importante aclarar, que si bien es cierto, el comportamiento típico del parámetro de IRI a través de los años, es el de aumentar (valores altos de IRI reflejan una pérdida de la capacidad funcional del pavimento), debido a factores, entre otros, como el efecto del tránsito (cargas) que circula en las vías; en los proyectos estudiados en el período 2009 al 2012, se evidencia que al ser proyectos que iniciaron su puesta en servicio con valores de IRI altos, técnicamente es poco factible lograr revertir la capacidad funcional del pavimento a valores de IRI aceptables de acuerdo con las especificaciones, aun cuando estos proyectos se someten a intervenciones de corrección de defectos (previos a la recepción definitiva del proyecto), conservación vial o mantenimiento (durante su vida útil). Adicionalmente, de lo anterior se puede evidenciar que, lamentablemente, los estándares de recepción de obras de construcción o mejoramiento en nuestro país, son muy bajos, comparados incluso con los estándares de países centroamericanos.

Algunos de los cambios observados en los siguientes gráficos están relacionados con intervenciones a la ruta (reparaciones o corrección de defectos) algunas de ellas inclusive, realizadas antes de la recepción definitiva del proyecto (año 2009).

A continuación en los siguientes gráficos (Gráfico 7 al Gráfico 10) se representa de manera detallada para cada uno de los proyectos en estudio, la curva de resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en el período de estudio (del 2009 al 2012) en comparación con los rangos y valores característicos de IRI utilizados por la Unidad de Gestión de la Red Vial Nacional y la especificación de regularidad del CR-2010.

- **Proyecto Ruta Nacional No 10, sección Cartago-Paraíso**

En el Gráfico 7 para el proyecto Cartago-Paraíso se muestra como la condición de IRI inicial en el año 2009 (-curva de línea continua) , presenta una condición de regularidad que califica como regular, ya que en este caso por ejemplo el 50% de los datos tienen un valor de



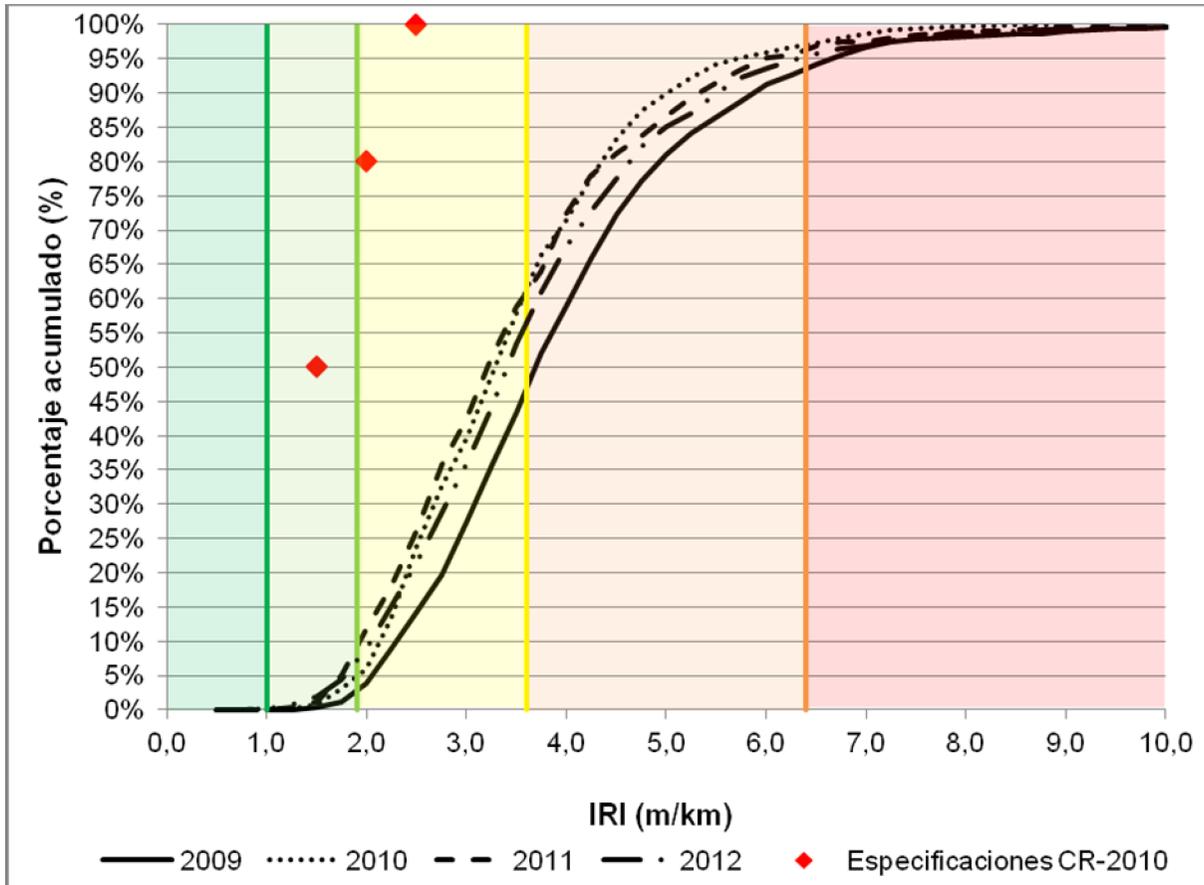
aproximadamente 3,7m/km o mayor, que de acuerdo con la especificación del CR-2010 este valor debería ser menor de 1,5 m/km.

Tal y como se observa en el Gráfico 7, la curva de datos se desplaza hacia la izquierda en el año 2010, esta mejoría en la calidad puede responder a una reparación o alguna intervención realizada al proyecto en este año, ya que en este caso en el año 2010 se puede observar que el 50% de los datos presentan un valor de aproximadamente 3,3 m/km. Cabe recalcar que este tipo de información se solicitó a la Administración mediante el oficio LM-AT-06-2012, en relación con este proyecto se recibe el oficio GCTI-12-0098 en donde el Ing. Álvaro Ulloa describe las fechas de inicio y finiquito, pero no se hace referencia a intervenciones en este proyecto.

Posteriormente se puede observar como la curva en los años posteriores (2011 y 2012) después de la leve disminución del IRI en el año 2010, se desplaza nuevamente hacia la derecha, esto es debido a que las intervenciones realizadas no solucionaron efectivamente el problema de regularidad y que al obtener valores iniciales elevados de IRI como los obtenidos en el año 2009 ocasionan mayores deterioros en el tiempo, mayor costo de mantenimiento, una vida útil de servicio inadecuada y reparaciones a temprana edad del pavimento.

En general, analizando el comportamiento del IRI en el período 2009-2012, se puede observar que las curvas del Índice de Regularidad Internacional que se describen a continuación, clasifican el pavimento del proyecto Cartago-Paraíso en una condición superficial de “Regular” a “Mala”, según los rangos establecidos por la Unidad de Gestión de la Red Vial Nacional del LanammeUCR, también se puede observar que ninguna de las curvas descritas cumple con la especificación del CR-2010, inclusive la del año 2010 que es la que presenta la condición de regularidad más alta (mayor porcentaje de datos con menores valores de IRI).

En el caso por ejemplo del año 2012, se puede observar del Gráfico 7 un valor Índice de Regularidad Internacional para el 50% de los datos de aproximadamente 3,5 m/km, muy similar al obtenido en el año 2009.



**Gráfico 7.** Datos de IRI en el periodo de estudio (2009 al 2012) del proyecto en la Ruta Nacional No 10 sección: Cartago-Paraíso

Es importante señalar que en el presente año (2012), el equipo auditor realizó una visita al proyecto con el objetivo de realizar un levantamiento de deterioros y evidenciar la condición superficial actual del proyecto. A lo largo del proyecto se pudo observar desprendimiento del agregado y segregación de la mezcla asfáltica; en puntos específicos se puede observar agrietamiento severo (cuero de lagarto) y algunos huecos tal y como se puede observar en las siguientes fotografías (Ver Fotografía 5 y Fotografía 6).



**Fotografía 5.** Agrietamiento tipo cuero de lagarto  
Estacionamiento N9 51.588 W83 54.367  
Fecha:24/02/2012



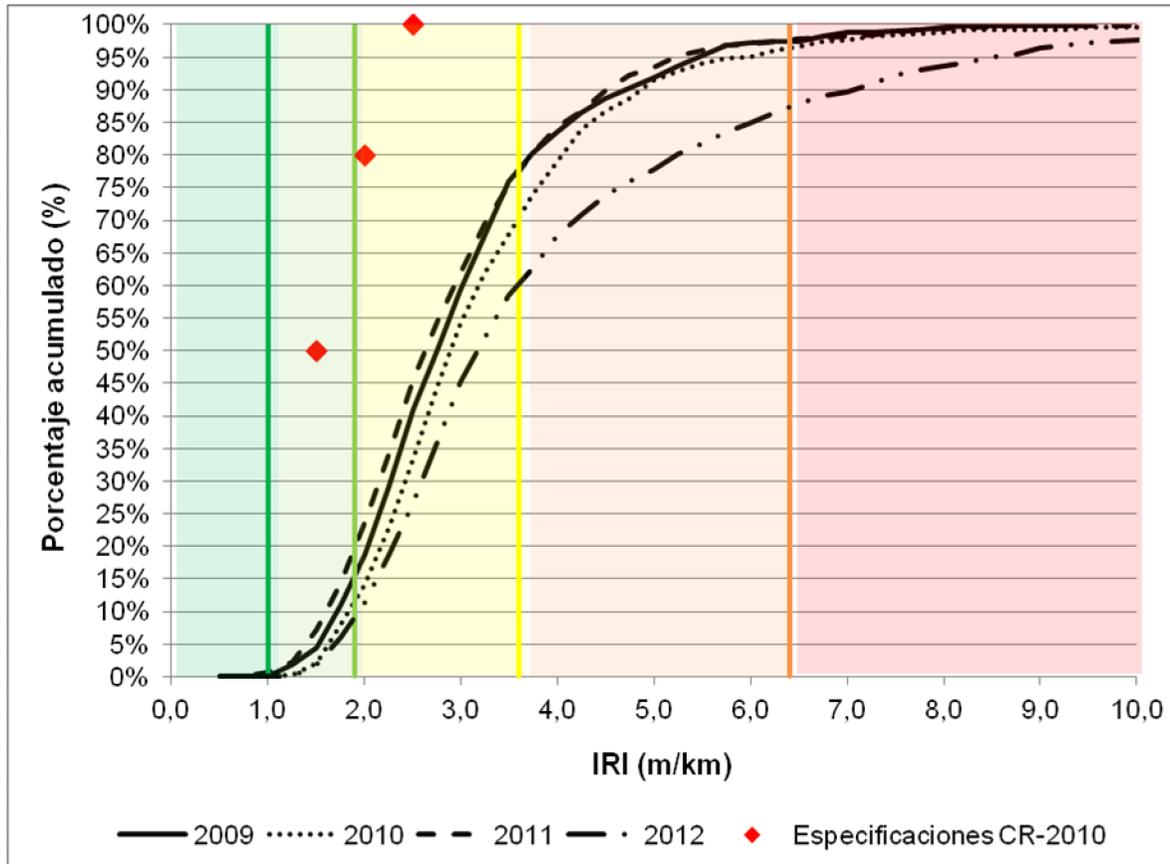
**Fotografía 6 .** Deterioro superficial  
Estacionamiento N9 51.480 W83 54.321.  
Fecha:24/02/2012

- **Proyecto Ruta Nacional No 102, sección Moravia-Coronado**

El mismo análisis se realizó para los diferentes proyectos en estudio. En el caso del proyecto en la Ruta Nacional No 102, sección Moravia-Coronado se graficaron los resultados del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en el periodo de estudio 2009-2012, esto lo podemos observar en el Gráfico 8. Como se puede observar el mayor porcentaje de datos en las diferentes curvas se encuentra en las franjas, definidas por la Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional, en una condición “regular” a “mala” y ninguna de ellas cumple con los parámetros de aceptación definidos en la especificación del CR-2010.

En el Gráfico 8 se muestra que la condición de IRI en el año 2009, por ejemplo para el 50% de los datos es de aproximadamente 2,8 m/km o mayor, valor que debería ser menor a 1,5 m/km de acuerdo con la especificación del CR-2010. Al igual que en el caso anterior, en el 2011 se observa una mejora en los resultados, probablemente producto de alguna intervención realizada al proyecto. Para el año 2010 y 2012 se ve como la curva de datos vuelve a desplazarse hacia la derecha llegando en este año, por ejemplo a que el 50% de los datos de IRI presentan un valor de 3,2 m/km o mayor. Esto podría estar indicando que las intervenciones realizadas no reflejan efectivamente una mejora en el parámetro de regularidad.

Para este proyecto también se solicitó a la Administración mediante el oficio LM-AT-06-2012, información relacionada con las intervenciones realizadas, pero a la fecha de realización de este informe no se recibió respuesta.



**Gráfico 8.** Datos de IRI en el periodo de estudio (2009 al 2012) del proyecto en la Ruta Nacional No 102 sección: Moravia-Coronado.

El equipo auditor realizó una visita al proyecto con el objetivo de realizar un levantamiento de deterioros y evidenciar la condición superficial actual del proyecto. A lo largo del proyecto se pudo observar desprendimiento del agregado, exudación y en puntos específicos se puede observar baches (Ver Fotografía 7 y Fotografía 8).



**Fotografía 7.** Condición superficial del proyecto  
Estacionamiento N9 57.940 W84 02.295  
Fecha:23/02/2012



**Fotografía 8 .** Deterioro superficial, hueco  
Estacionamiento N9 58.170 W84 01.920  
Fecha:24/02/2012

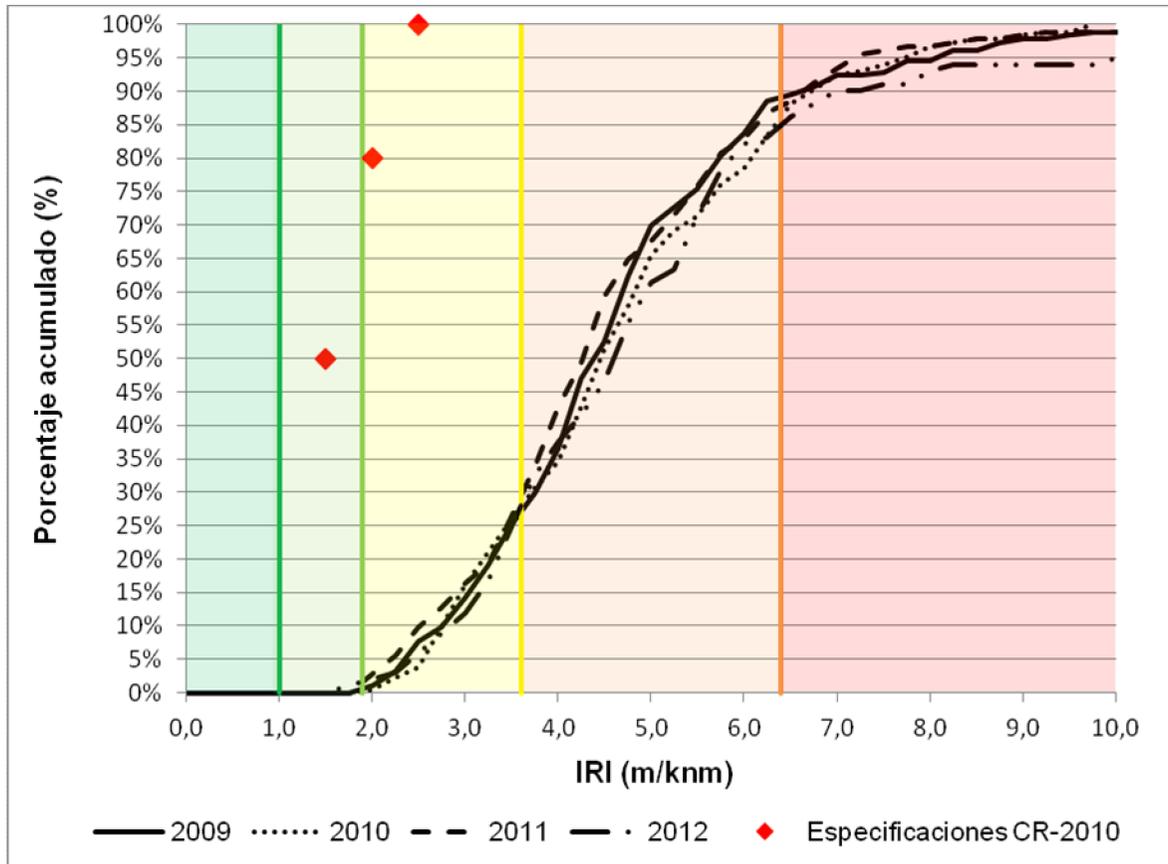
- **Proyecto Ruta Nacional No 204, sección: Zapote-San Francisco**

Para el proyecto sobre la Ruta Nacional No 204, sección: Zapote-San Francisco, los resultados obtenidos del Índice de Regularidad Internacional (IRI) se resumen en el Gráfico 9, donde al igual que en los casos anteriores se comparan con la especificación del CR-2010 y las franjas de clasificación definidas por la Unidad de Gestión de la Red Vial Nacional del LanammeUCR.

En el Gráfico 9 para el proyecto Zapote-San Francisco se observa que las curvas del índice de regularidad son muy similares en el período de estudio (2009 al 2012), esto se debe principalmente al tipo de superficie de ruedo, ya que al ser un proyecto con un pavimento rígido, se espera que el comportamiento del mismo en relación a la regularidad de la superficie se mantenga debido a que la tasa de deterioro es menor en comparación a la de un pavimento flexible (rigidez).

Por otro lado ninguna de las curvas cumple con la especificación establecida en el CR-2010 en ninguno de los años en el cual se realizó el estudio. Por ejemplo en el año 2009 se observa que el 50% de los datos tienen un valor de 4,5 m/km y en el año 2012 de 4,6 m/km cuando la especificación del CR-2010 establece que para este porcentaje de datos debería ser de 1,5 m/km. En el caso de este proyecto el mayor porcentaje de datos de las curvas de

regularidad se ubica, según los datos de Unidad de Gestión de la Red Vial Nacional del LanammeUCR, en una condición “mala” o muy mala”.



**Gráfico 9.** Datos de IRI en el periodo de estudio (2009 al 2012) del proyecto en la Ruta Nacional No 204 sección: Zapote- San Francisco.

En la visita al proyecto realizada el 10 de febrero del 2012, se evidenció la reciente reparación de deterioros, principalmente en las juntas de las losas de concreto y algunas de las grietas tanto longitudinales como transversales. Es de conocimiento de esta auditoría técnica que para el mes de febrero del 2012 este proyecto aun no tenía el finiquito y que en este mismo mes se estaban realizando reparaciones en las losas de concreto, tal y como se observa en las siguientes fotografías. (Ver Fotografía 9 y Fotografía 10)



**Fotografía 9.** Reparaciones en las juntas de las losas.  
Estacionamiento N9 54.785 W84 03.405  
Fecha:10/02/2012



**Fotografía 10.** Reparaciones en las juntas de las losas.  
Estacionamiento N9 54.713 W84 03.432A1  
Fecha:10/02/2012

También se pudo evidenciar durante esta visita al proyecto el deterioro en el sello de las juntas y huecos, defectos que van en detrimento de la calidad del proyecto y que afectan la regularidad de la superficie de ruedo y el desempeño del pavimento.



**Fotografía 11.** Deterioro, hueco.  
Estacionamiento N9 55.049 W84 03.259  
Fecha:10/02/2012



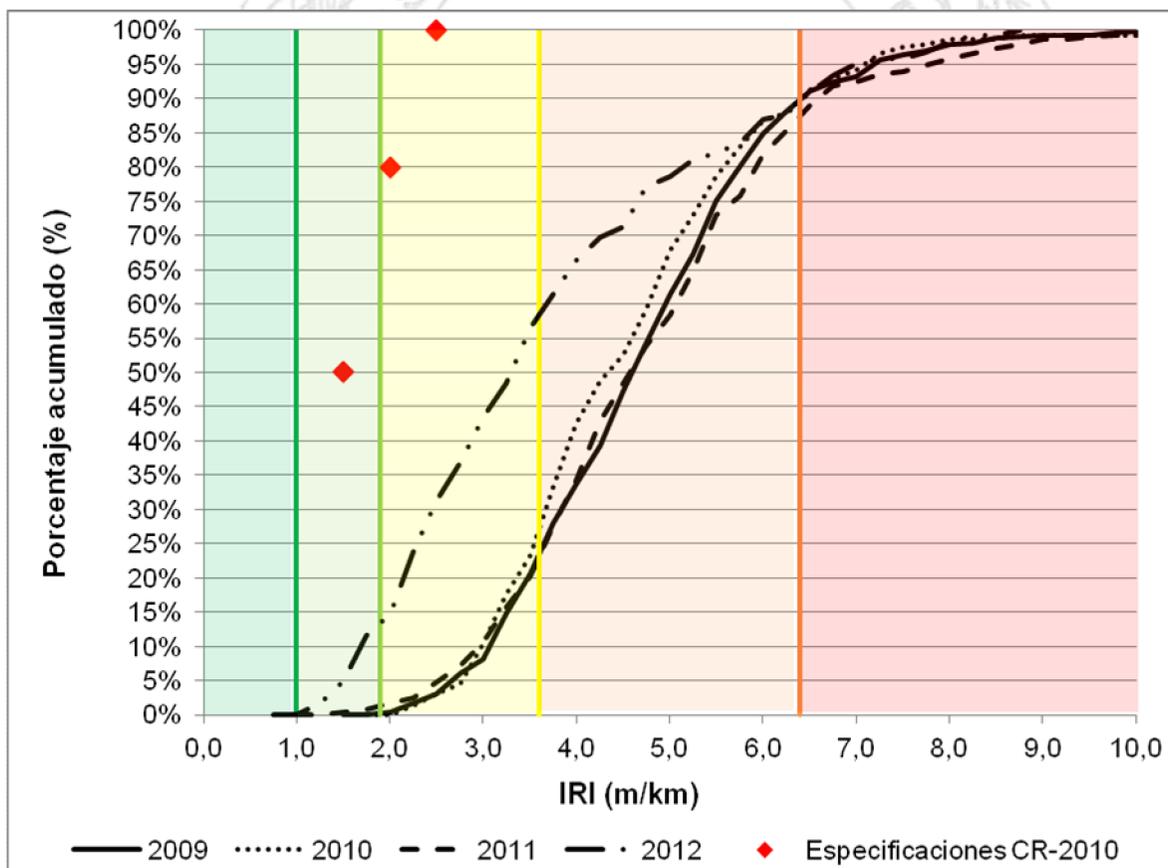
**Fotografía 12.** Deficiencia en el sellado.  
Estacionamiento N9 55.126 W84 03.247  
Fecha:10/02/2012

Cabe recalcar que la medición del IRI en el año 2012 se realizó a finales del mes de marzo, por lo que ya las reparaciones mencionadas estaban realizadas. En el Gráfico 9, se puede observar que la curva del Índice de Regularidad Internacional (IRI) del año 2011 se encuentra por encima de la del 2012, lo que significa que las reparaciones realizadas no mejoran la regularidad del proyecto.

Para este proyecto también se solicitó a la Administración mediante el oficio LM-AT-06-2012, información relacionada con las intervenciones realizadas, pero a la fecha de realización de este informe no se recibió respuesta.

- **Proyecto Ruta Nacional No 211, sección: San Francisco-La Colina**

El caso del proyecto sobre la Ruta Nacional No 211, sección: San Francisco-La Colina es muy similar al mencionado anteriormente (proyecto Ruta Nacional No 204, sección: Zapote-San Francisco), en el siguiente gráfico se pueden observar los resultados obtenidos del Índice de Regularidad Internacional en el periodo 2009-2012.



**Gráfico 10.** Datos de IRI en el periodo de estudio (2009 al 2012) del proyecto en la Ruta Nacional No 211 sección: San Francisco-La Colina.

En el Gráfico 10 se puede observar como las curvas de datos de Índice de Regularidad Internacional (IRI) en los tres primeros años (2009, 2010 y 2011) se encuentran muy cercanas una de la otra y poseen valores similares de IRI, las tres curvas clasifican el pavimento en una condición de “regular” a “mala” según los datos de la Unidad de Gestión de la Red Vial Nacional y ninguna de ella, ni en el año de puesta en servicio (2009) se acerca a los valores establecidos en el especificación del CR-2010, por ejemplo para el caso del 50% de los datos acumulados del Índice de Regularidad Internacional, la especificación señala un valor de 1,5 m/km, en el caso del proyecto San Francisco-La Colina, para el año 2009, se tiene un valor de 4,6m/km, en el 2010 el valor es de 4,5 y en el año 2011 de 4,6 m/km.

Al igual que en los casos anteriores se realizó una visita al proyecto el día 09 de febrero del 2012, durante esta visita se evidenció la reciente reparación de deterioros, principalmente en las juntas de las losas de concreto y algunas de las grietas tanto longitudinales como transversales.



**Fotografía 13.** Reparación de losas.  
Estacionamiento N9 54.551 W84 03.228  
Fecha:09/02/2012



**Fotografía 14.** Reparación de losas.  
Estacionamiento N9 54.239 W84 02.760  
Fecha:09/02/2012

Es de conocimiento de esta auditoría técnica que este proyecto, a febrero del 2012 aun no contaba con el finiquito y que a finales del año 2011 (octubre a noviembre) se estaban realizando reparaciones en el mismo, tal y como se observa en las anteriores fotografías. (Ver Fotografía 13 y Fotografía 14). Para este proyecto también se solicitó a la Administración mediante el oficio LM-AT-06-2012, información relacionada con las



intervenciones realizadas, se recibió el oficio GCTI-12-0096 del 02 de febrero del 2012, donde el Ing. Carlos Hernández adjunta un informe (Informe No1, Proyecto: Mejoramiento de Ruta Nacional No 211, Sección intersección con la Ruta Nacional 204, intersección Ruta Nacional 210 (San Francisco-La Colina), oficio DVCR-12-0009) relacionado con las reparaciones realizadas a este proyecto, elaborado por la Unidad de Calidad del CONAVI a cargo del Ing. Benjamín Sandino.

En dicho informe se detalla el tipo de trabajo de reparación que se realizó en el proyecto, los materiales y procedimientos necesarios utilizados para realizarlas y los responsables de las mismas, así como la ubicación y volumen de material utilizado en las reparaciones, por lo que menciona que se reparó una superficie total de 78,3643 m<sup>2</sup> para un volumen total de 1,98558 m<sup>3</sup> de mortero.

Se puede observar en el Gráfico 10, que las intervenciones realizadas a finales del año 2011 si repercuten en la calidad de la regularidad de la superficie de ruedo, ya que la curva de datos de regularidad se desplaza hacia la izquierda del Gráfico 10 en el año 2012, lo que significa que a mayor porcentaje de datos, se obtienen menores valores del parámetro de regularidad. Por ejemplo, en el 2012 se obtiene que para el 50% de los datos el valor de IRI es de 3,5 m/km, valor inferior al obtenido en el 2009 (4,6 m/km).

Cabe destacar tal y como se mencionó anteriormente, que estos valores altos de IRI iniciales, implican un mayor costo de mantenimiento, una vida útil de servicio inadecuada y rehabilitaciones o reconstrucciones a temprana edad del pavimento, tal y como las que se realizaron en este proyecto, esto tiene como consecuencia un aumento en las inversiones necesarias para mantener el nivel de servicio de la vía.

Aún solucionándose los deterioros iniciales, el pavimento siempre presentará fallas funcionales en el tiempo más graves que aquel pavimento que inició su vida útil con un valor de IRI menor.

Es importante señalar que durante la visita realizada al proyecto también se observaron deterioros en la superficie de ruedo que afectan la calidad del proyecto y el desempeño del

mismo, desprendimiento del sello en las juntas, grietas entre otros, tal y como se ejemplifica en las Fotografías 19 y 20.



**Fotografía 15.** Reparación de losas.  
Estacionamiento N9 54.273 W84 02.918  
Fecha:09/02/2012



**Fotografía 16.** Reparación de losas.  
Estacionamiento N9 54.559 W84 03.239  
Fecha:09/02/2012



### 13. CONCLUSIONES

**11.1** En ninguno de los carteles de licitación de los proyectos de mejoramiento analizados se establece como requisito la medición del IRI, sin embargo, en contraste con la especificación 401.16 para pavimentos flexibles y 501.14 en el caso de pavimentos rígidos (concreto hidráulico) del CR-2010 ninguno de los proyectos cumple los requisitos establecidos. A saber:

- a. Ninguno de los proyectos cumple con el valor de IRI promedio establecido de 1,85 m/km, en el año de puesta en servicio, tal y como se observa a continuación:

Proyecto	MRI promedio @100m
Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 10, Sección: Cartago-Paraíso	4,0
Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 102, Sección: Moravia-Coronado	3,2
Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 204, Sección: Zapote-San Francisco	4,7
Mejoramiento de la Ruta Nacional N° 211, Sección: San Francisco-La Colina	4,4

- b. Ninguno de los proyectos analizados en este informe, en el año de puesta en operación (2008-2009), cumple con el enunciado de la especificación del CR-2010, donde señala como límite superior para los datos individuales de IRI un valor de 3,0m/km, ya que se obtuvo los siguientes resultados:
- Para el proyecto Cartago-Paraíso un 96,4% de los valores de IRI no cumple con el valor de límite superior establecido.
  - En el caso del proyecto Moravia-Coronado el 40% de los valores incumple con dicha especificación.
  - En el proyecto Zapote-San Francisco ningún valor cumple con la especificación, esto representa un 100% de los valores de IRI.

- iv. En el caso del proyecto San Francisco-La Colina el 95,5% de los valores incumple con dicha especificación.
- c. En ninguno de los proyectos objeto de este estudio, para el año de puesta en servicio se cumple con la sección de la especificación del CR-2010 que menciona que: "...Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si todos los promedios consecutivos de diez valores de IRI tienen un valor igual o inferior al indicado en la siguiente tabla...<sup>9</sup>. Se indican los siguientes valores que en el caso de los proyectos analizados clasifican como "Resto de vías"

Porcentaje de m/km	Rodadura e Intermedia	Cartago-Paraiso	Moravia-Coronado	San Francisco-La Colina	Zapote-San Francisco
<b>Año final de construcción</b>		<b>2008</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2009</b>
<b>50</b>	<1.5	3,9	2,8	4,4	4,5
<b>80</b>	<2.0	4,2	3,2	4,6	4,6
<b>100</b>	<2.5	4,3	3,4	4,65	4,7

En todos los proyectos analizados se supera el valor de IRI especificado.

**11.2** Los resultados obtenidos de IRI para los diferentes proyectos analizados clasifican los proyectos según su condición superficial en "regular" y "mala" en el caso de los pavimentos flexibles (proyecto Moravia- Coronado y Cartago-Paraiso) o "mala" en los proyectos analizados con pavimento rígido; esto según los parámetros de clasificación de los informes de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional. LanammeUCR.

**11.3** Todos los proyectos presentaron deterioros prematuros en la superficie de ruedo que coinciden con la descripción realizada por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del LanammeUCR, y que fueron evidenciados en los informes de Auditoría Técnica del año 2009 y 2010.

<sup>9</sup> Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. Costa Rica, 2010.



**11.4** Considerando los resultados de los diferentes informes de Auditoría Técnica en los que se ha medido el IRI en proyectos nuevos (proyectos objeto de este estudio) y debido a que se han obtenido valores superiores a lo que establecen las especificaciones internacionales y nacionales (CR-2010), se concluye que para los proyectos analizados, no hubo exigencias de estándares de calidad de recepción de obras nuevas, que permitan asegurar el desempeño futuro de los pavimentos, Adicionalmente, se evidencia que existieron debilidades en los procesos constructivos aplicados a estos proyectos, ya que no se logró obtener valores de IRI iniciales bajos, como los recomendados en la especificación del CR-2010 y que es similar a la utilizada en otros países.

**11.5** De acuerdo con las investigaciones citadas en este informe, niveles de IRI iniciales más bajos se traducen en una mayor vida útil, costos anuales de mantenimiento y costos de operación de los vehículos más bajos, confort y seguridad, lo cual redundaría en un beneficio para los usuarios de las vías de este país.

**11.6** Valores iniciales elevados de IRI ocasionan mayores deterioros en el tiempo, mayor costo de mantenimiento, una vida útil de servicio inadecuada y reparaciones a temprana edad del pavimento, que se evidencia en las reparaciones realizadas en los proyectos Zapote-San Francisco y San Francisco-La Colina que aún solucionándose los deterioros iniciales, el pavimento siempre presentará fallas funcionales en el tiempo más graves que aquel pavimento que inició su vida útil con un valor de IRI menor.



## 12. RECOMENDACIONES

Le corresponde a la Administración definir e implementar las medidas correctivas y preventivas que procedan con el fin de subsanar los hallazgos y observaciones planteados en el presente informe. A continuación se indican algunas recomendaciones:

### • A la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes:

- 12.1** Esta Auditoría Técnica, reitera la recomendación de que para futuros proyectos de construcción de obra vial, incluir dentro de las especificaciones de los carteles de licitación requerimientos de regularidad superficial (IRI) como uno de los indicadores de calidad para aceptación de los proyectos.
- 12.2** Establecer un registro de calificación de empresas constructoras con la retroalimentación de las otras Gerencias del CONAVI, de acuerdo con la experiencia en construcción, actualización en técnicas constructivas y principalmente, de acuerdo con el nivel de desempeño o éxito de los proyectos que han construido, de manera que exista un curriculum actualizado y soporte documental para la Administración, en caso de que deba emitir criterio a la hora de evaluar ofertas que presentan los contratistas para un proyecto.
- 12.3** La Administración debe elaborar un procedimiento oficial que le permita evaluar un proyecto de acuerdo con parámetros de aceptación definidos antes de la recepción definitiva, de manera que se proteja la inversión pública y no se reciban proyectos con estándares que no son consistentes con los que debería tener una carretera nueva, una reconstrucción o mejoramiento de rutas, como el caso de los proyectos analizados en este informe.



- **A la Ingeniería de Proyecto y la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del CONAVI:**

**12.4** Identificar oportunidades de mejora para garantizar una supervisión y/o inspección efectiva y permanente de los diferentes elementos que intervienen en el proceso constructivo, control topográfico en la conformación de las diferentes capas del pavimento y nivel final de rasante, calidad de materiales, compactación efectiva de las diferentes capas del pavimento, así como exigir a los contratistas; así como recomendar especificaciones para controlar el Índice de Regularidad Internacional durante el proceso constructivo

- **A la Dirección Ejecutiva y el Consejo Administrativo de CONAVI:**

**12.5** Girar las directrices para la elaboración de una base de datos que permita conocer posterior a la construcción de un proyecto, las intervenciones en términos de tipo de intervención, costos, empresa, fecha en que se realizó la intervención y tal como se realiza en un sistema de Gestión de Pavimentos, las futuras programaciones de mantenimiento propuestas para dichos proyectos. Lo anterior, dado que para este informe una limitación consistió en que no se tuvo respuesta ante este tipo de información solicitada.

**12.6** En complemento al artículo 151 del Reglamento a la ley de Contratación Administrativa y al cartel de licitación, elaborar un procedimiento que indique específicamente los parámetros de aceptación final de una obra, de manera que se definan claramente conceptos como nivel aceptable de finalización y corrección de defectos menores. Esto porque en proyectos en los que se presentan deterioros prematuros durante la fase de construcción, como los observados en los proyectos objeto de este estudio, existe un antecedente de alerta para la Administración, en



función del desempeño que tenga el pavimento, asociado a la responsabilidad por vicios ocultos que mantiene el contratista posterior a la recepción definitiva de la obra.

**12.7** En vista de las observaciones realizadas en relación con las secciones identificadas con deterioros en estos proyectos, mantener la observancia de lo establecido en el Artículo N°151 del Reglamento a la Ley de Contratación Administrativa (RLCA) que establece: "...La Administración solo podrá recibir definitivamente la obra, después de contar con los estudios técnicos que acrediten el cumplimiento de los términos de la contratación, sin perjuicio de las responsabilidades correspondientes a las partes en general y en particular las que se originen en vicios ocultos de la obra. Dicho estudio formará parte del expediente, lo mismo que el acta a que se refiere el presente artículo.... La recepción definitiva de la obra no exime de responsabilidad al contratista por incumplimientos o vicios ocultos de la obra".

**12.8** Una vez recibido el proyecto, velar por la protección de la inversión realizada en estos proyectos, estableciendo las directrices correspondientes para aplicar las medidas correctivas y preventivas que requieren estas rutas, además de las necesidades de mantenimiento vial que requerirá a futuro.



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales



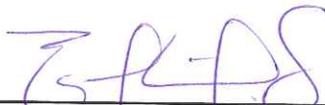
PROGRAMA DE  
INFRAESTRUCTURA DEL  
TRANSPORTE

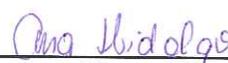
Informe Final  
LM-PI-AT-042-12





**Equipo Auditor**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Raquel Arriola Guzmán.**  
Auditora Técnica, LanammeUCR

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo.**  
Auditora Técnica, LanammeUCR

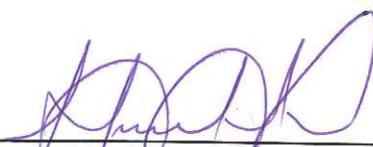
**Aprobado por:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.**  
Coordinadora Auditora Técnica, LanammeUCR

**Aprobado por:**

  
\_\_\_\_\_  
**Ing. Luis Guillermo Loria Salazar, PhD.**  
Coordinador General Programa de Infraestructura de  
Transporte, LanammeUCR

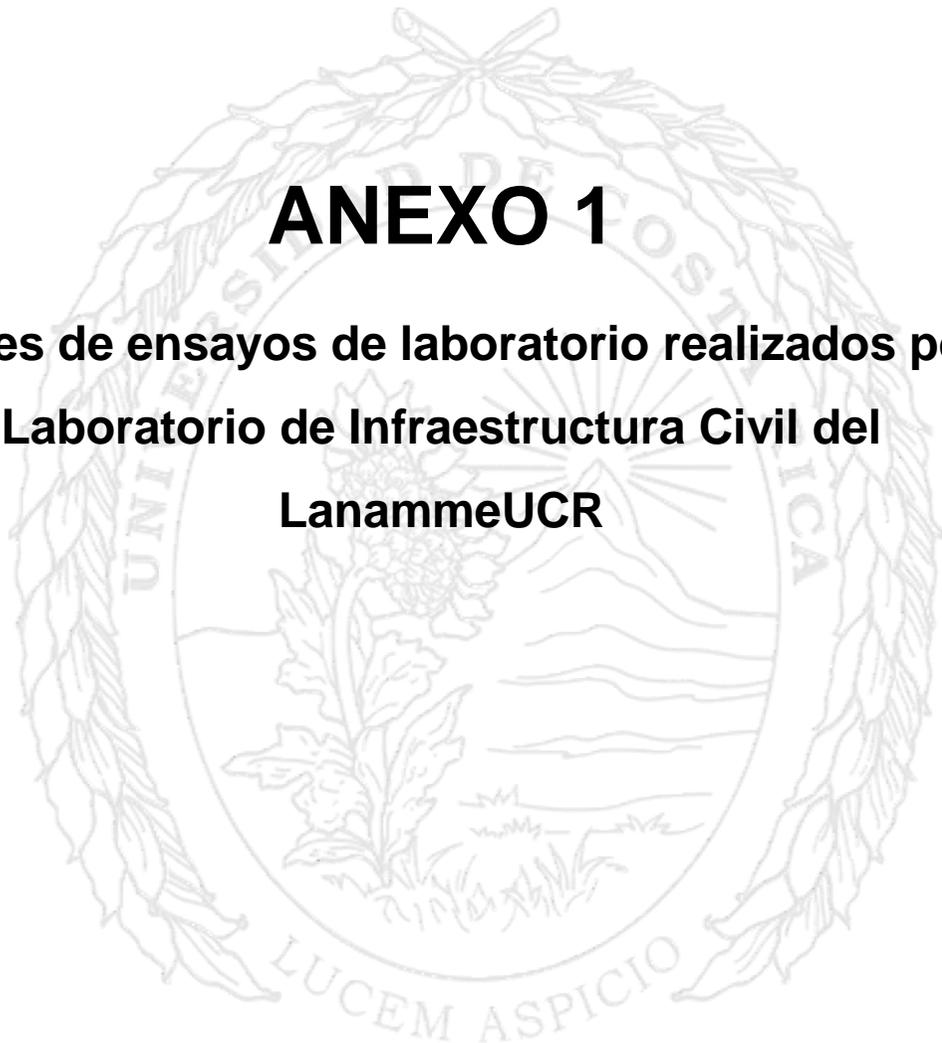
**Visto bueno de legalidad**

  
\_\_\_\_\_  
**Lic. Miguel Chacón Alvarado.**  
Asesor Legal LanammeUCR



# ANEXO 1

## Informes de ensayos de laboratorio realizados por el Laboratorio de Infraestructura Civil del LanammeUCR





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0295-12

## Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST- 0266 -12

### 1. Información del cliente:

**Nombre:** Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA).  
Ing. Roy Barrantes.

**Proyecto:** ERVN 2012, IRI y Roderas.

**Domicilio:** San Pedro de Montes de Oca. 400 m. al norte del Centro Comercial Muñoz & Nanne, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). Universidad de Costa Rica, Finca 2.

### 2. Método de ensayo:

Determinación del perfil longitudinal. Procedimiento de ensayo según ASTM E 1170 y ASTM E 950. (\*\*)  
Determinación de las Roderas en Pavimentos Procedimiento de ensayo según AASHTO R 48 (\*\*)

(\*) Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

(\*\*) Ensayo no acreditado.

### 3. Información del muestreo o evaluación:

**No. de identificación de la muestra:** No aplica

#### Descripción:

Se anexan los resultados correspondientes a la evaluación de la red vial (IRI y Roderas), según programación corresponden a las siguientes semanas:

Semana 6 (ayb): Zona sur (Dominical, Pérez Zeledón, GAM, Cartago)

Equipos utilizados: DYNATEST 5051 MARK III RSP SYSTEM (PL-001) y  
DYNATEST 5051 MARK IV RSP SYSTEM (PL-002)

Nota: Se adjunta un CD con la información.



No. de informe: I-0295-12

**Realizado por:** Christian Molina, Técnico LanammeUCR  
 Richard Vásquez, Técnico LanammeUCR  
 Marco Vargas, Técnico LanammeUCR  
 José Francisco González, Técnico LanammeUCR

**Fecha de realización del ensayo:** 2012-03-12 al 2012-03-20

**Condiciones Ambientales:** Despejado.

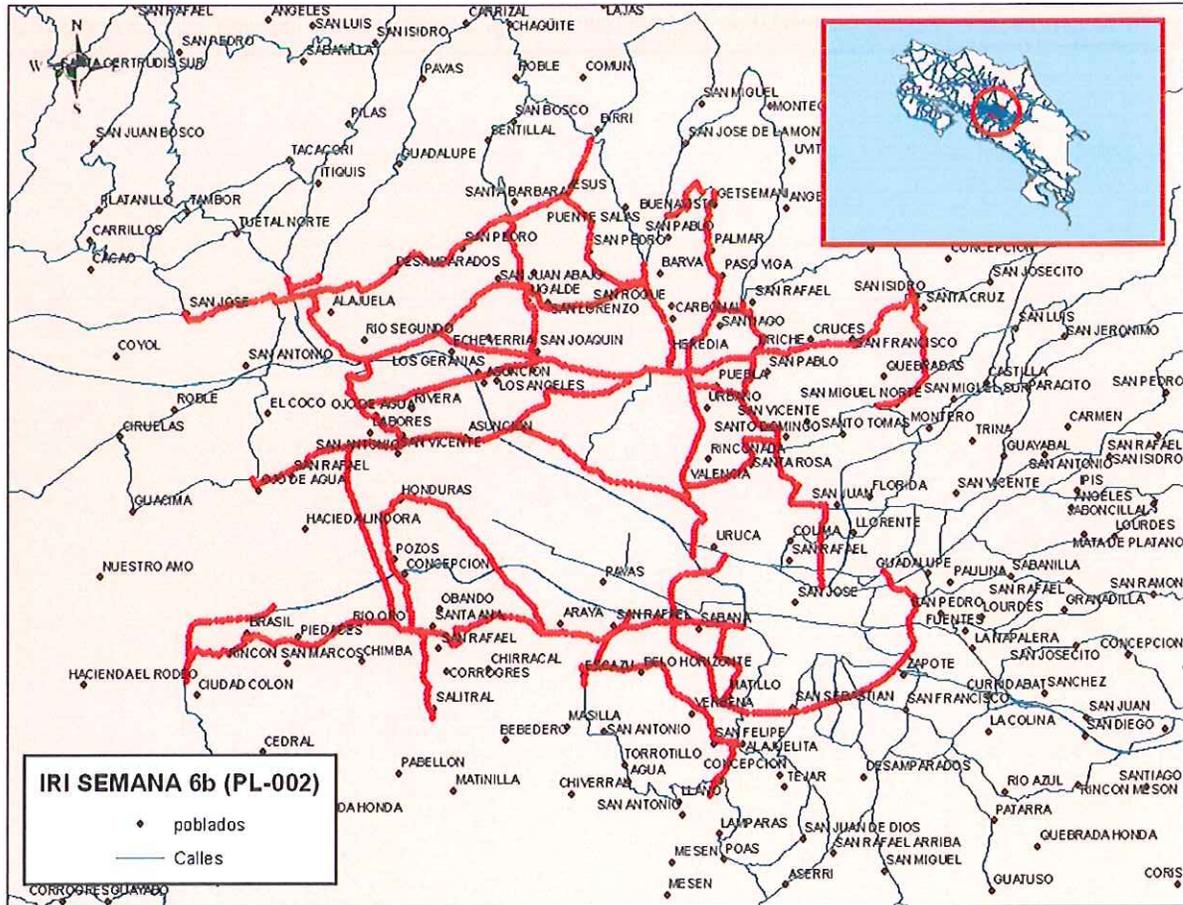
**4. Resultados:**

**Universidad de Costa Rica**  
**Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales**  
**Mapa N°1. Ubicación de las rutas evaluadas en las semana 6 (Cartago y Zona Sur).**



No. de informe: I-0295-12

Universidad de Costa Rica  
 Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
 Mapa N°2. Ubicación de las rutas evaluadas en las semana 6 (GAM)





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica



No. de informe: I-0295-12

**Aclaraciones:**

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Revisó:

Ing. Fabián Elizondo Arrieta, M.B.a  
Coordinador de Laboratorios  
de Infraestructura Vial.

Aprobó:

Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.  
Director LanammeUCR

## Informe de Ensayo

RC-80 v.04 (Sistema de Gestión de Calidad, LanammeUCR. Norma INTE ISO/IEC 17025:2005)

ST- 0317 -12  
ST- 0337 -12

### 1. Información del cliente:

**Nombre:** Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA).  
Ing. Roy Barrantes.

**Proyecto:** ERVN 2012, IRI y Roderas.

**Domicilio:** San Pedro de Montes de Oca. 400 m. al norte del Centro Comercial Muñoz & Nanne, Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME). Universidad de Costa Rica, Finca 2.

### 2. Método de ensayo:

Determinación del perfil longitudinal. **Procedimiento de ensayo según ASTM E 1170 y ASTM E 950. (\*\*)**

Determinación de las Roderas en Pavimentos **Procedimiento de ensayo según AASHTO R 48 (\*\*)**

(\*) Ensayo acreditado. Ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

(\*\*) Ensayo no acreditado.

### 3. Información del muestreo o evaluación:

**No. de identificación de la muestra:** No aplica

#### **Descripción:**

Se anexan los resultados correspondientes a la evaluación de la red vial (IRI y Roderas), según programación corresponden a las siguientes semanas:

Semana 7y8: GAM y rutas de Travesía

Equipos utilizados: DYNATEST 5051 MARK III RSP SYSTEM (PL-001) y  
DYNATEST 5051 MARK IV RSP SYSTEM (PL-002)

Nota: Se adjunta un CD con la información.

No. de informe: I-0304-12

**Realizado por:**

Christian Molina, Técnico LanammeUCR  
 Richard Vásquez, Técnico LanammeUCR  
 Marco Vargas, Técnico LanammeUCR  
 José Francisco González, Técnico LanammeUCR

**Fecha de realización del ensayo:**

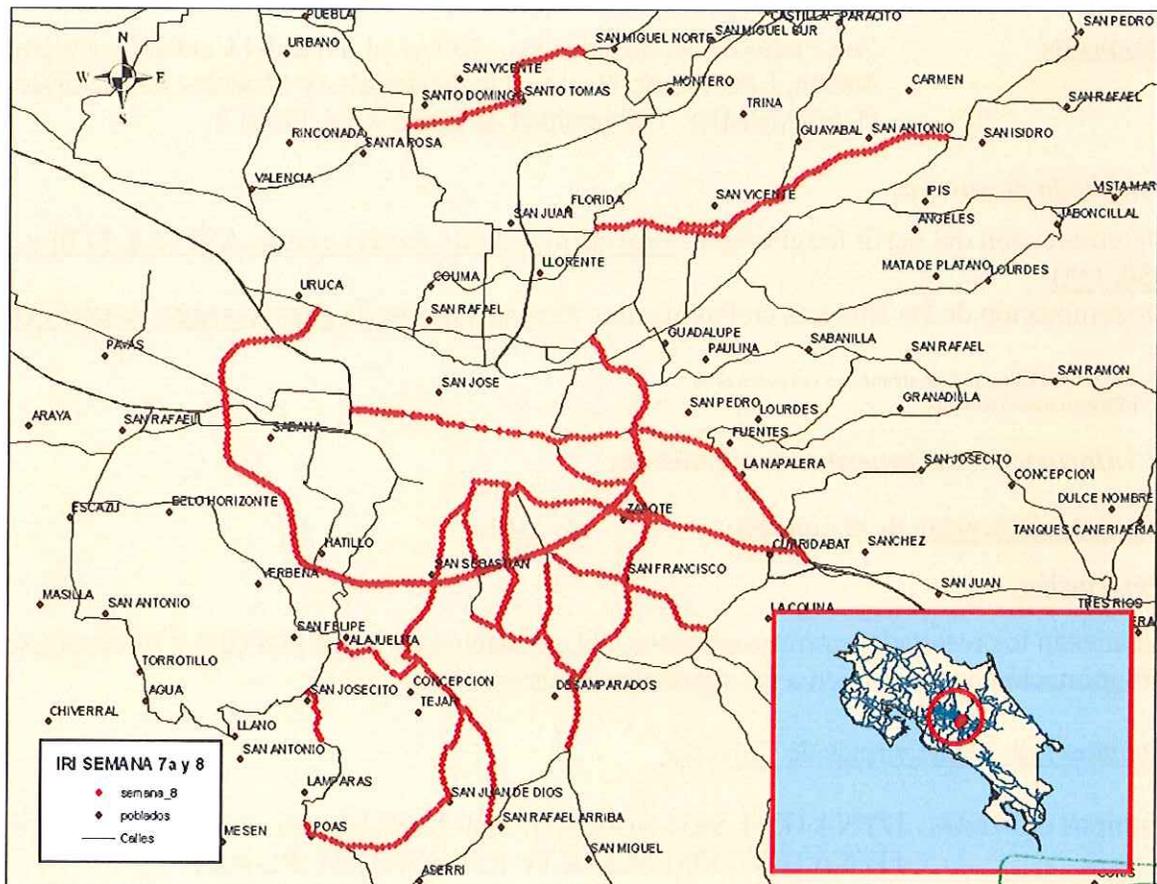
2012-03-19 al 2012-03-30

**Condiciones Ambientales:**

Despejado.

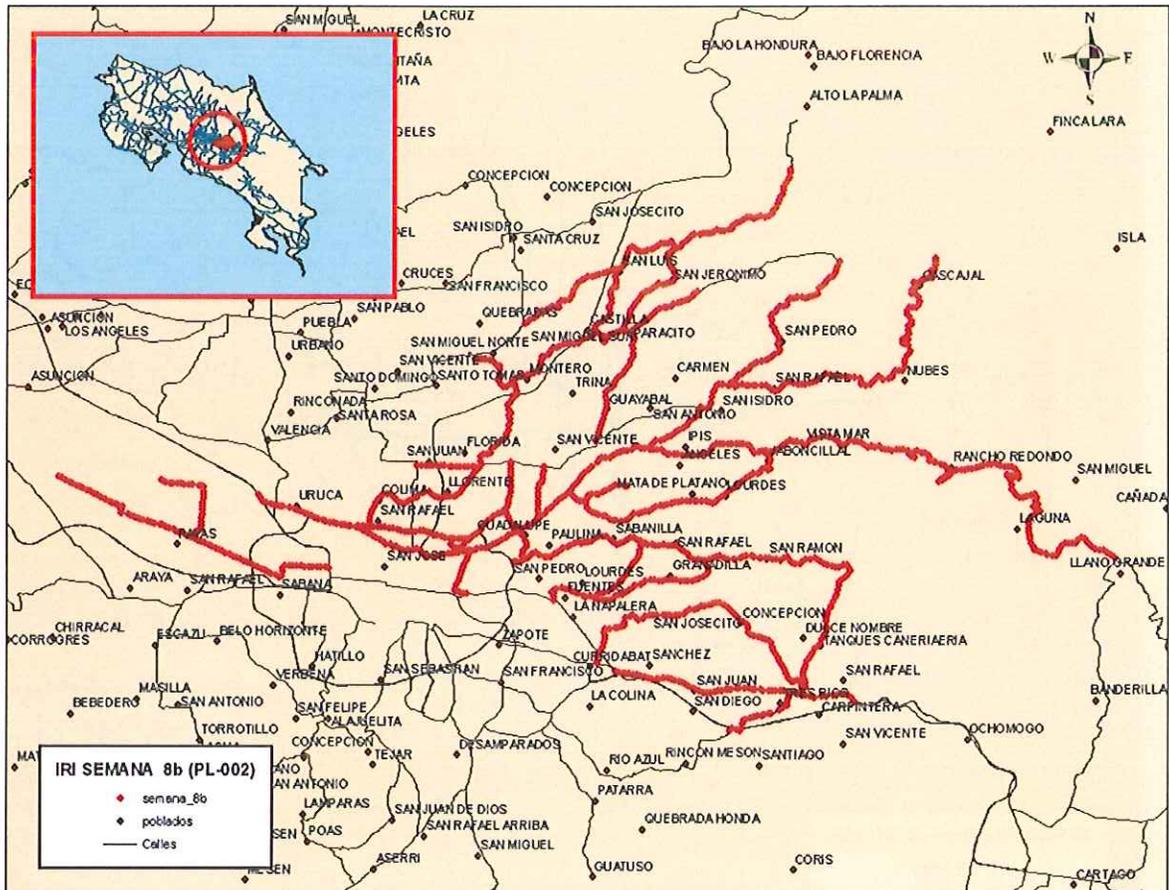
**4. Resultados:**

Universidad de Costa Rica  
 Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
 Mapa N°1. Ubicación de las rutas evaluadas en las semana 7 y 8



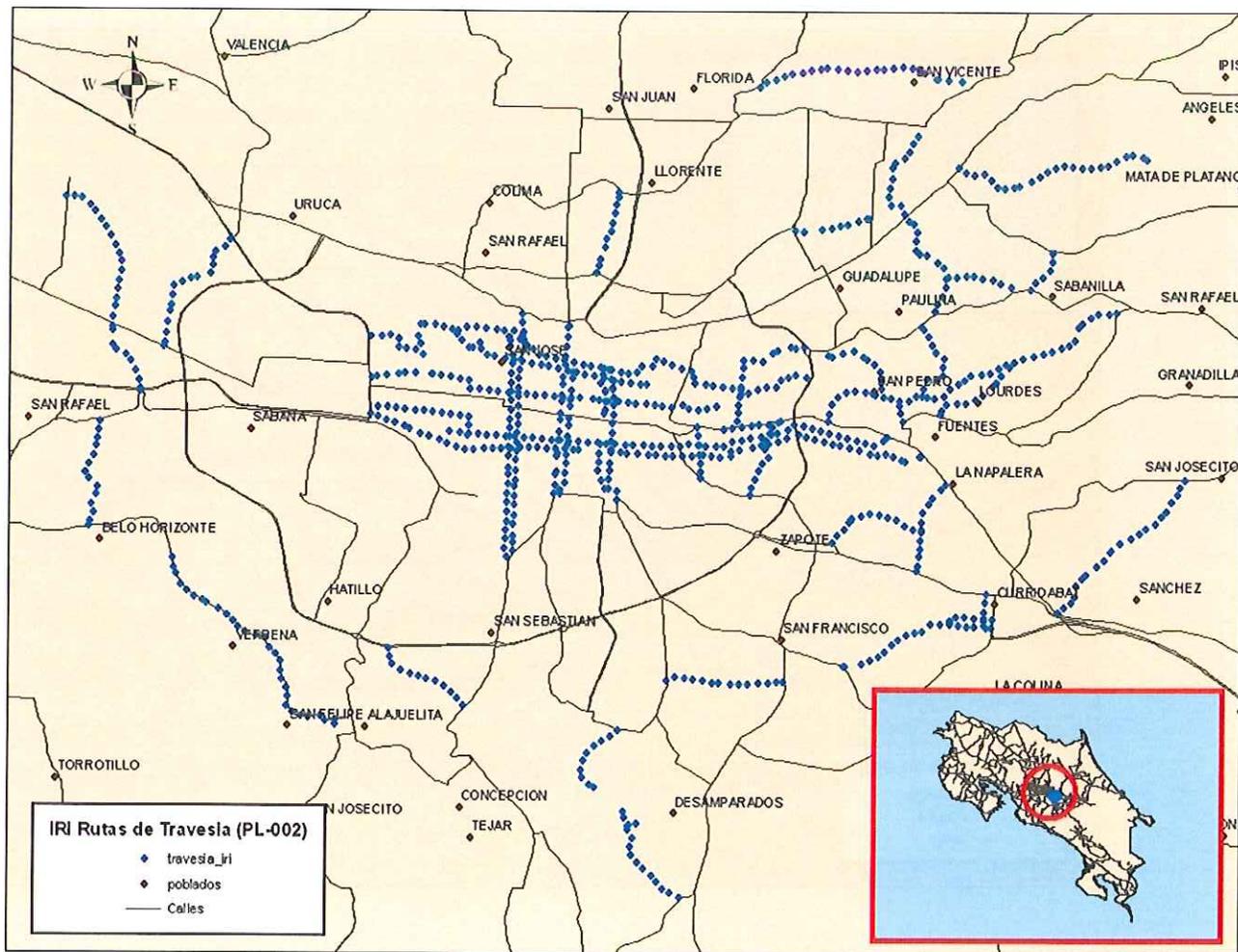
No. de informe: I-0304-12

Universidad de Costa Rica  
 Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
 Mapa N°2. Ubicación de las rutas evaluadas en las semana 8



No. de informe: I-0304-12

Universidad de Costa Rica  
 Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
 Mapa N°3. Ubicación de las rutas evaluadas en las semana 8 (Travesía)





Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
Universidad de Costa Rica

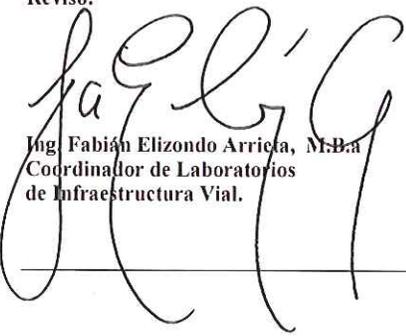


No. de informe: I-0304-12

**Aclaraciones:**

- El presente informe de ensayo sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta prueba, para la(s) muestra(s) indicada(s) en este informe.
- Este informe de resultados tiene validez únicamente en su forma íntegra y original
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin la autorización del Director del LanammeUCR.

Revisó:



Ing. Fabián Elizondo Arrieta, M.B.a  
Coordinador de Laboratorios  
de Infraestructura Vial.

Aprobó:



Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.  
Director LanammeUCR

