

**INFORME
AUDITORÍA TÉCNICA
LM-AT-255-09**

**Evaluación de Regularidad Superficial (IRI)
Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 167
Sección: Librería Universal – M.A.G. (La Salle)**

Licitación Pública No. 016-2006

NOVIEMBRE 2009

ÍNDICE GENERAL

	Página
Ficha técnica	3
1. Introducción	4
2. Antecedentes	6
3. Metodología	7
4. Observaciones	9
4.1 Sobre los resultados del ensayo del índice de regularidad superficial IRI realizado por el LanammeUCR.	9
4.1.1 Resultados de IRI con base de medición de 100 m	10
4.1.2 Resultados de IRI con base de medición de 50 m	11
4.1.3 Resultados de IRI con base de medición de 10 m	12
6. Conclusiones	15
7. Recomendaciones	16
Anexo 1	17

INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 167 Sección: Librería Universal- Ministerio de Agricultura y Ganadería (La Salle) Licitación Pública 016-2006
Departamento encargado del proyecto: Dirección de Obras, CONAVI Monto original del contrato: ¢ 3.553.639.269,90 Plazo original de ejecución: 300 días efectivos Longitud del proyecto: 1,300 Km. (un kilómetro y trescientos metros) Coordinadora de Auditoría Técnica: <ul style="list-style-type: none"> - Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng. Auditores: <ul style="list-style-type: none"> - Ing. Raquel Arriola Guzmán - Ana Hidalgo Arroyo, Asistente de Ingeniería Asesor Legal externo: <ul style="list-style-type: none"> - Lic. Miguel Chacón Alvarado Alcance del informe: <ul style="list-style-type: none"> - Evaluación de Índice de Regularidad Superficial (IRI) en pavimento rígido. Referencias: <ul style="list-style-type: none"> - Fecha de evaluación del IRI: 30 de octubre 2009 (medición a las 6:15 a.m.) - Fecha de entrega informe de laboratorio No I-1035-09: 12 de noviembre 2009 Ubicación de la ruta auditada: 
Figura 1. Proyecto Librería Universal – M.A.G. (La Salle), Ruta Nacional No. 167. (Fuente: Google Earth, 2009)

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR, como parte de sus tareas asignadas por la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria, Ley No.8114 y su reforma, es el de producir informes que permitan al Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Contraloría General de la República, Defensoría de los Habitantes, Ministerio de la Presidencia y Asamblea Legislativa conocer la situación técnica administrativa y financiera de los proyectos viales durante cada una de sus etapas: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. La finalidad de esas auditorías consiste en que de manera oportuna se tomen decisiones correctivas y preventivas, se ejerza una adecuada comprobación, monitoreo y control de los contratos de obra, mediante un análisis comprensivo desde la fase de planificación hasta el finiquito del contrato tanto para éste como para futuros proyectos de construcción de obra.

El objetivo específico de este informe de auditoría es informar a las autoridades de ley, los resultados de la evaluación del Índice de Regularidad Superficial (IRI) realizada por el LanammeUCR en la superficie de ruedo del proyecto de Mejoramiento de la Ruta No. 167, Sección Librería Universal – Ministerios de Agricultura y Ganadería (La Salle).

Para este proyecto en específico, 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 ya 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, es que esta Auditoría Técnica ha realizado la evaluación de este parámetro al proyecto en mención.

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.

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.

En el contexto latinoamericano países como Chile y México, utilizan el valor de IRI como uno de los parámetros de aceptación de proyectos de obra vial. En el contexto centroamericano, El Salvador especifica que el valor de IRI medido en tramos de 100m, no debe sobrepasar los 2,5 m/Km. para pavimentos de concreto hidráulico de vías interurbanas¹.

Como datos generales, el proyecto de la licitación pública No. 016-2006, se ubica en el cantón Central de la provincia de San José, en el distrito de Mata Redonda. Inicia en el costado norte de la Librería Universal, sobre la Ruta Nacional No. 167 y finaliza al costado norte del Ministerio de Agricultura y Ganadería, también sobre la Ruta No. 167. La longitud total del proyecto es de 1,300 kilómetros.

El monto del contrato es de ₡ 3.553.639.269,90 (colones) y el plazo de ejecución inicial es de 300 días efectivos contados a partir de la orden de inicio de la obra.



Figura 2. Proyecto Librería Universal-La Salle Ruta Nacional No. 167

Fuente: Google Earth, 2009

¹ Ventura Espinal José Antonio, Alvarenga Edwin. "Determinación del Índice de regularidad Superficial (IRI). Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y de Desarrollo Urbano. El Salvador.

De acuerdo con el cartel de licitación, los trabajos consisten en la sustitución de la estructura de concreto existente, estabilización con cemento Portland del material de subbase para obtener una base estabilizada BE-35 de 15 cm. de espesor, sobre la que se debe colocar una losa de concreto hidráulico de 24 cm. de espesor como superficie de ruedo; también se incluye construcción de las obras de drenaje requeridas, la construcción de una isla central, aceras longitudinales de concreto y el cordón y caño, la colocación de señalización vial horizontal y vertical.

2. ANTECEDENTES

Previo a este informe de auditoría en el presente año se trabajó en varios proyectos del CONAVI con la medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI) tanto para pavimentos flexibles como rígidos, entre estos se pueden citar, los informes de auditoría LM-AT-063-09 Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 10, Sección: Cartago – Paraíso y LM-AT 071-09 Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 102, Sección: San Vicente de Moravia – San Isidro de Coronado, ambos en pavimentos asfálticos y entregados el día 29 de mayo del 2009.

Posteriormente se desarrolla los informes LM-AT-156-09 Evaluación Superficial en la Ruta Nacional No. 204 sección: Zapote-San Francisco emitido el 12 de junio del presente año y LM-AT-215-09 Evaluación Superficial y auscultación visual del pavimento en la Ruta Nacional No. 211 sección: San Francisco – La Colina, ambos informes desarrollados en pavimento de concreto.

En términos generales los resultados del Índice de Regularidad Internacional en estos Informes realizados por la Unidad de Auditoría, muestran valores mayores y por lo tanto no cumplen con los valores de las especificaciones internacionales tomadas como referencia.

Se recomendó al CONAVI que para futuros proyectos se considerara 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.

En relación con el tema de Seguridad Vial en noviembre del presente año se elaboró el informe LM-AT-249-09 denominado Control temporal del tránsito en obra en los proyectos: Zapote-San Francisco y Universal-La Salle.

3. METODOLOGÍA

Para el análisis de los resultados de medición del IRI se utilizó como referencia el informe UI-03-08 “Determinación de un procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI” preparado por la Unidad de Investigación del LanammeUCR.

En el informe UI-03-08 se presenta la Tabla No.1 que resume algunas referencias de especificaciones de IRI utilizadas a nivel internacional, las cuales se presentan como una referencia para la Administración y puedan ser utilizadas como base para contrastar los valores obtenidos para el proyecto objeto de esta auditoría.

La referencia a estas especificaciones internacionales de IRI, se realiza en virtud de que para este proyecto en específico, en el cartel de licitación no se establece una especificación de IRI.

Para el presente informe LM-AT-255-09 se realizó la medición del IRI el 30 de octubre a las 6:15 am, para el análisis de resultados se consideraron como singularidades cambios de carril, baja velocidad y tapas de alcantarillas, por lo tanto las mediciones de IRI no se incorporan en el análisis de los datos 50 metros después de la singularidad.

Es importante mencionar que debido a la etapa del proceso de construcción en la que se encontraba la obra cuando se realizó la medición de IRI, solo estaban completos dos carriles (interno y externo) en sentido Universal – La Salle, los otros carriles en el sentido contrario no estaban terminados a la fecha de la visita.

El carril externo en sentido Universal – La Salle, a pesar que ya estaba terminado, no se pudo realizar la medición debido a que había basura, maquinaria y equipo de construcción además de vehículos estacionados. Por lo tanto la medición se realizó en el carril interno en el sentido Este –Oeste, tal como se indica en la Figura 3.

Figura 3. Croquis ubicación del carril interno

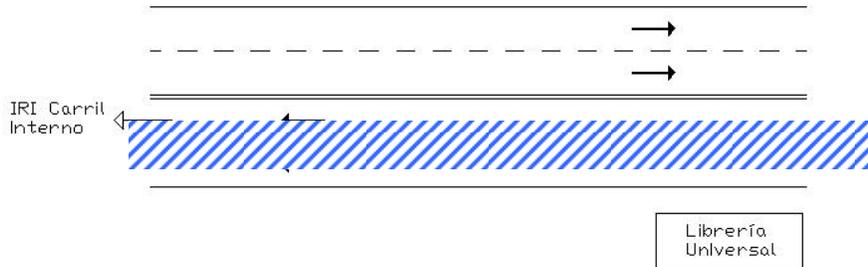


Tabla No.1 Especificaciones Internacionales de IRI

Lugar	Procedimiento general	Requerimientos de IRI según tipo de pavimento o superficie																
		Asfalto	Hidráulico	Tratamiento superficial														
Ministerio de Obras Públicas de Chile	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos con un intervalo de medición de 200 m	Promedio de 5 tramos consecutivos ≤ 2.0 m/km Promedio Individual ≤ 2.8 m/km		Promedio de 5 tramos consecutivos ≤ 3.0 m/km Promedio Individual ≤ 4.0 m/km														
	Recepción de Obra Nueva																	
	No se indica el intervalo de medición	IRI ≤ 1.5 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 1.9 m/km, en el 85% de los datos IRI ≤ 2.3 m/km, en el 99% de los datos	IRI ≤ 2.0 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.5 m/km, en el 85% de los datos IRI ≤ 2.8 m/km, en el 99% de los datos	IRI ≤ 2.4 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.9 m/km, en el 85% de los datos IRI ≤ 3.4 m/km, en el 99% de los datos														
CR-2002	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos con un intervalo de medición de 200 m	Promedio de 5 tramos consecutivos ≤ 2.0 m/km Promedio Individual ≤ 3.0 m/km		---														
Ministerio de Fomento de España	IRI obtenido en tramos con un intervalo de medición de 100 m	IRI ≤ 1.5 m/km, en el 50% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2.0 m/km, en el 80% de los tramos del proyecto IRI ≤ 2.5 m/km, en el 100% de los tramos del proyecto																
WisDOT, Wisconsin Estados Unidos	IRI obtenido en tramos de 1.609 km (1 milla)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>IRI m/km</th> <th>Tiempo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 1.1</td> <td>Pav. Nuevo</td> </tr> <tr> <td>< 1.17</td> <td>1 Año</td> </tr> <tr> <td>< 1.29</td> <td>2 Años</td> </tr> <tr> <td>< 1.33</td> <td>3 Años</td> </tr> <tr> <td>< 1.37</td> <td>4 Años</td> </tr> <tr> <td>< 1.45</td> <td>5 Años</td> </tr> </tbody> </table>	IRI m/km	Tiempo	< 1.1	Pav. Nuevo	< 1.17	1 Año	< 1.29	2 Años	< 1.33	3 Años	< 1.37	4 Años	< 1.45	5 Años	---	---
IRI m/km	Tiempo																	
< 1.1	Pav. Nuevo																	
< 1.17	1 Año																	
< 1.29	2 Años																	
< 1.33	3 Años																	
< 1.37	4 Años																	
< 1.45	5 Años																	
Suecia	IRI obtenido en tramos de 20 m IRI obtenido en tramos de 200 m		IRI ≤ 1.4 m/km IRI ≤ 2.4 m/km	---														
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	Caminos Rurales																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 3.0 m/km	---	---														
Quebec, Canadá	Vías Interurbana																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI ≤ 2.0 m/km	IRI ≤ 2.5 m/km	---														
Eslovenia	Carreteras de alto tránsito																	
	IRI obtenido en tramos de 20 m IRI obtenido en tramos de 100 m	2.0 \leq IRI \leq 2.6 m/km 1.2 \leq IRI \leq 1.8 m/km	---	---														
Portugal	Carreteras de bajo tránsito																	
	IRI obtenido en tramos de 20 m IRI obtenido en tramos de 100 m	4.0 \leq IRI \leq 4.6 m/km 3.0 \leq IRI \leq 3.8 m/km	---	---														
	No se indica el intervalo de medición	IRI ≤ 1.5 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.5 m/km, en el 80% de los datos IRI ≤ 3.0 m/km, en el 90% de los datos	IRI ≤ 2.0 m/km, en el 50% de los datos IRI ≤ 2.5 m/km, en el 75% de los datos IRI ≤ 3.0 m/km, en el 100% de los datos	---														

Fuente: Informe UI-03-08, LanammeUCR.

4. OBSERVACIONES

4.1 Sobre los resultados del ensayo del índice de regularidad superficial IRI realizado por el LanammeUCR.

Con el fin de realizar una evaluación de la obra utilizando una normativa de referencia, la Auditoría Técnica del LanammeUCR se basará en referencias de especificaciones internacionales de IRI, tal como se indica en la Tabla No.1 anterior.

Debido a la inexistencia de una especificación, es que la Unidad de Auditoría Técnica analiza el Índice de Regularidad Superficial con diferentes bases de medición, ya que 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.

A continuación en la Tabla No.2 se muestra las bases de medición utilizadas por el equipo auditor para el análisis del IRI.

Tabla No2. Bases de medición de IRI utilizadas en el informe LM-AT-255-09

Base de medición	Objetivo
Cada 200m.	Aplicación para la verificación de la regularidad superficial a nivel de red (especificación de Chile) ²
Cada 100m.	Aplicación para la verificación de regularidad superficial general del proyecto (especificación El Salvador, Canadá) ³
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

² Fuente: LanammeUCR. Informe UI-03-08. Procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. 2008.

³ 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 como cliente, 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 Superficial en intervalos de 100m, 50m y 10m. Los resultados obtenidos se pueden observar en las secciones siguientes, en los gráficos del No 1 al No 3.

4.1.1. Resultados de IRI con base de medición de 100 m:

Como se menciona en la Tabla No. 2, la medición cada 200 m tiene como aplicación la verificación de la regularidad superficial a nivel de red. Debido a que se está analizando la calidad del proyecto Universal – La Salle, entonces se procede a realizar análisis de proyecto, utilizando las bases de medición cada 100m, 50m y 10m.

Los resultados de IRI como aplicación para la verificación de regularidad superficial general del proyecto, con base de medición de 100 m, se presentan a continuación:

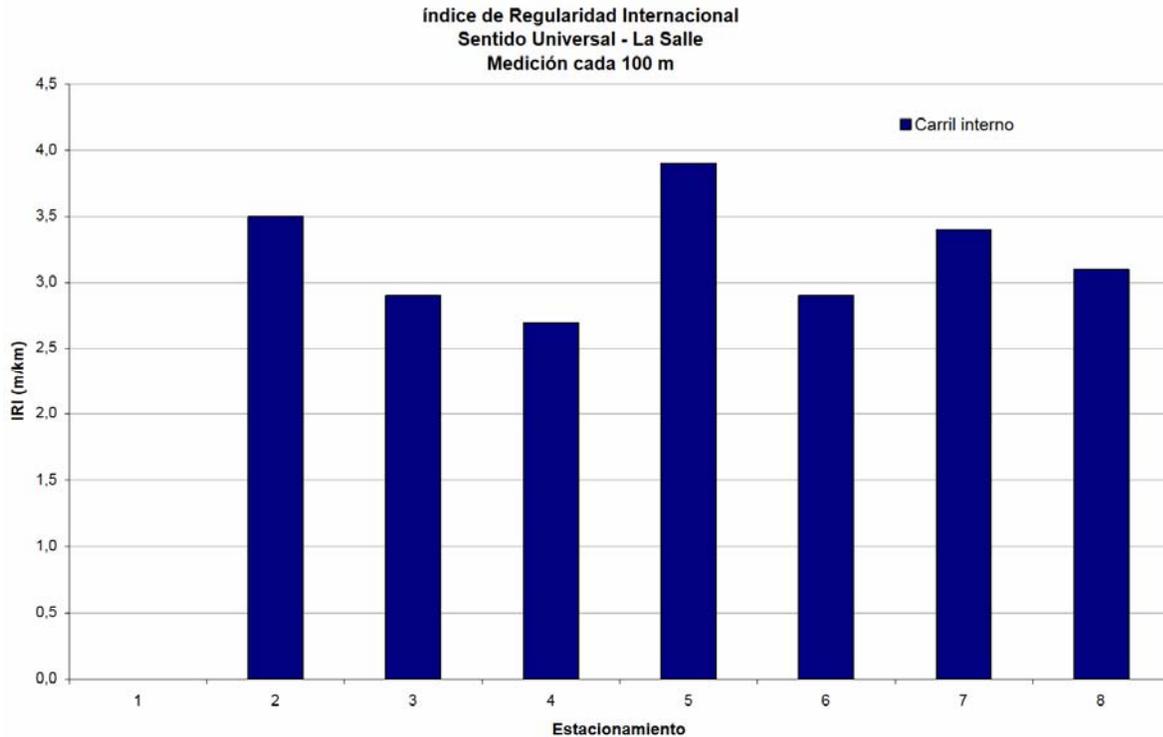


Gráfico No 1. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Universal – La Salle, para el carril interno. Base de medición cada 100m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarillas, cambios de carril y baja velocidad.

En el Gráfico No. 1 en el sentido Universal – La Salle, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril interno: 2,7 a 3,9 m/Km.

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 rígido debe ser ≤ 2.5 m/km.

4.1.2 Resultados de IRI con base de medición de 50 m:

A continuación se presentan los valores del parámetro de regularidad IRI, con una base de medición de 50 m como aplicación para la verificación de regularidad superficial localizada del proyecto, esto con el fin de mostrar un mayor detalle de los datos.

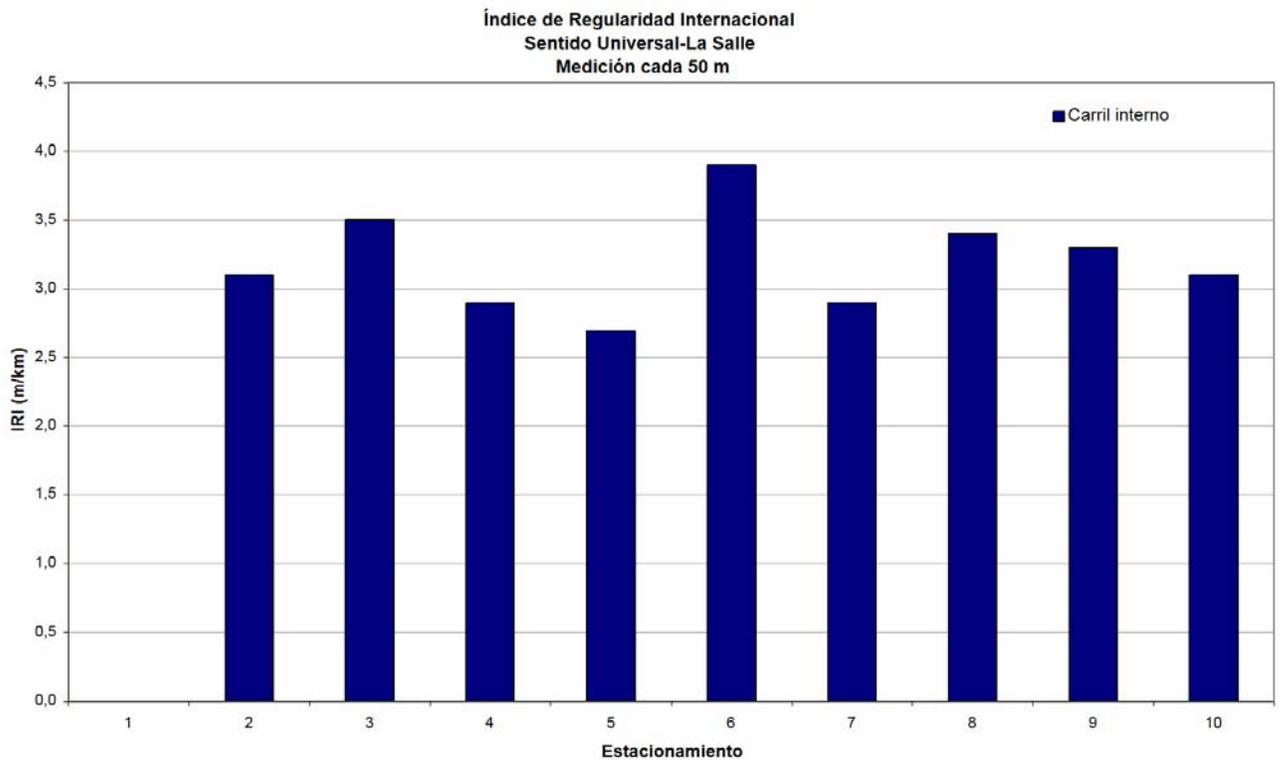


Gráfico No 2. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Universal – La Salle, para el carril interno. Base de medición cada 50m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarillas, cambios de carril y baja velocidad.

En el Gráfico No.2 en el sentido Librería Universal – La Salle, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril interno: 2,7 a 3,9 m/Km.

4.1.3 Resultados de IRI con base de medición de 10 m:

Una frecuencia de medición comúnmente utilizada en países como Canadá, para medir el Índice de Regularidad Superficial 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:

“Por definición el IRI es un resumen estadístico de los datos agregados de la elevación del perfil. Cuando se usa como especificación de finiquito para pavimentos... recientemente construidos, se utiliza una base de medición relativamente amplia (p ej. 100 metros) permitiría una evaluación global del pavimento, y una base relativamente más corta (p ej. 10 metros) permitiría identificar secciones mucho más cortas con altos niveles de rugosidad que de otra forma no podrían ser identificadas.”⁴

La medición del 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, y las cuales se utilizan para programar intervenciones de mantenimiento o de reconstrucción y definir prioridades, las mediciones de IRI pueden realizarse en tramos con una base de medición de mayor longitud.

A continuación, se presenta el resultado de IRI utilizando como base de medición 10 metros en los carriles externo e interno, para ambos sentidos de circulación.

⁴ Traducción de Li Ningyuan, Frank Marciello and Tom Kazmierowski. “Quality Assurance Applied in Measuring Pavement Roughness of Ontario Provincial Roads”, Canada.

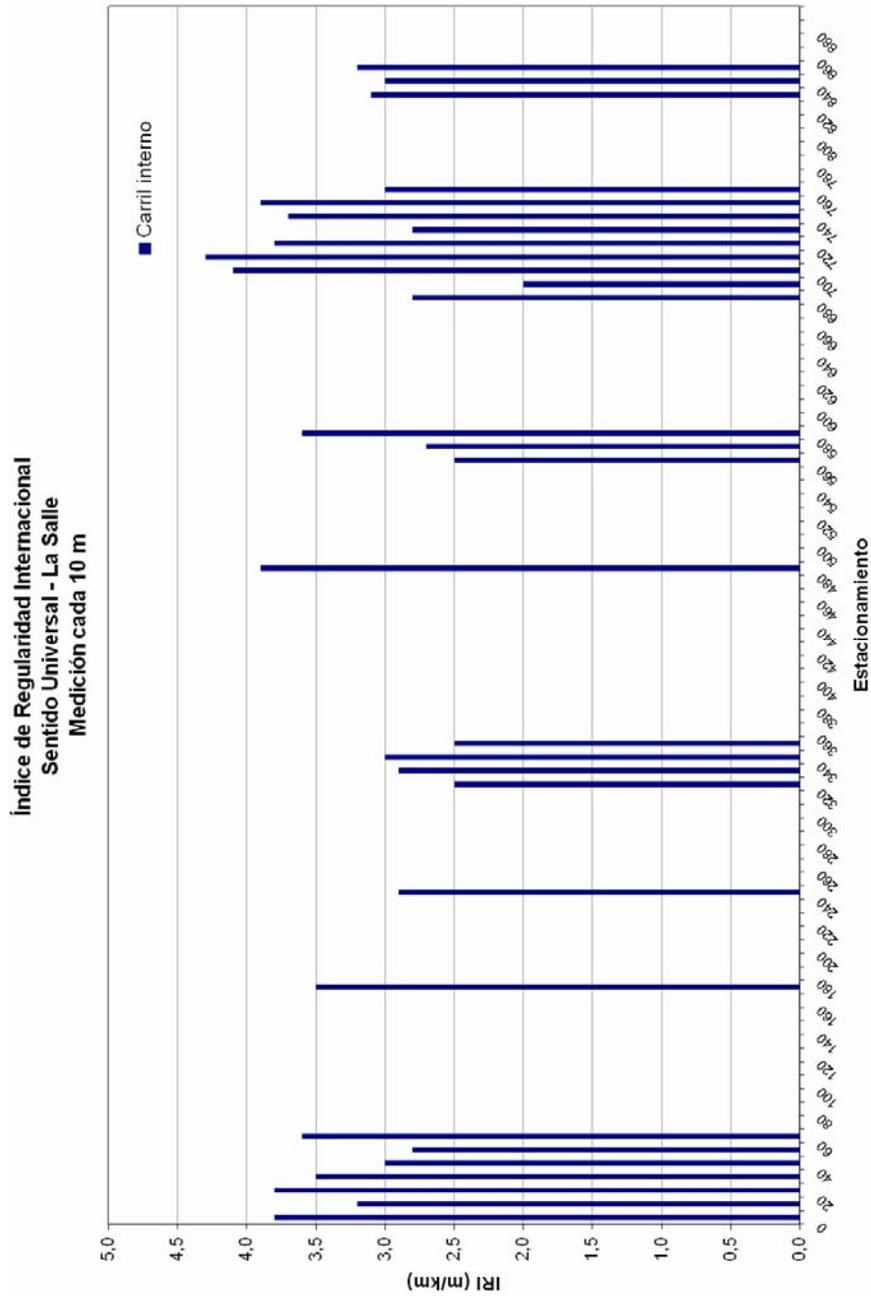


Gráfico No 3. Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Universal – La Salle, para el carril interno. Base de medición cada 10m.

Nota: Los tramos que no presentan datos de IRI en el gráfico, indican presencia de singularidades por lo que no se consideran en los resultados de IRI. Entre las singularidades se consideraron: tapas de alcantarillas, cambios de carril y baja velocidad.

En el Gráfico No.3, se observa un rango de IRI de:

- Para el carril interno: 2,5 a 4,3 m/Km.

Como se puede observar las mediciones realizadas cada 10 metros, reflejan para el valor máximo de IRI, irregularidades mayores que las medidas cada 50m, 100m. Esta medición más precisa y detallada, podría ayudar a encontrar secciones con problemas específicos y determinar si es necesaria alguna corrección de la superficie.

Tabla No. 3. Resumen de Resultados de IRI

Sentido	Base Medición	Carril interno
Librería Universal-La Salle	@ 100 m	2,7 a 3,9
	@ 50 m	2,7 a 3,9
	@ 10 m	2,5 a 4,3

5. CONCLUSIONES

- 5.1** El cartel de licitación del proyecto: Mejoramiento (Ampliación) de la Ruta Nacional No. 167, sección: Universal – La Salle no establece como requisito la medición del IRI, sin embargo, en contraste con las especificaciones internacionales, los valores obtenidos de IRI para las diferentes bases de medición, van en un rango de 2.7 a 3.9 para una base de medición cada 100m y cada 50m y desde 2.5 a 4.3 utilizando una base de medición cada 10 m. Para el caso de los valores de IRI obtenidos con una base de medición de 100 m y en contraste con especificaciones internacionales como las de El Salvador, no cumple con los valores establecidos para las características de un pavimento rígido nuevo.

6. RECOMENDACIONES

A continuación se indican algunas recomendaciones sobre las observaciones realizadas por el equipo auditor para ser consideradas por la Administración (MOPT-CONAVI) como parte de las acciones de mejora a los proyectos de obra vial:

Al Director Ejecutivo, a la Dirección de Ingeniería, a la Dirección de Obras del CONAVI

- 6.1.** Para futuros proyectos de construcción de obra vial, considerar 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.
- 6.1** De igual manera, para futuros proyectos de construcción vial considerar 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.
- 6.2** A nivel de proyecto, considerar los valores de IRI con base de medición de 10 metros para efectos de identificar irregularidades puntuales que requieran reparación.

ANEXO 1

Informe de resultados del IRI

Equipo Auditor

Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc. Eng
Coordinadora Auditoria Técnica
LanammeUCR

Ing. Raquel Arriola Guzmán
Auditora Técnica LanammeUCR

Visto bueno de legalidad

Lic. Miguel Chacón Alvarado
Asesor Legal Externo LanammeUCR
