

**INFORME  
AUDITORÍA TÉCNICA**

**Evaluación de Regularidad Superficial (IRI)  
Proyecto: Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 613  
Sección: Sabalito-Las Mellizas**

**Licitación Pública No. 2008LN-000001-DI**

**DICIEMBRE 2010**

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
Ficha técnica	3
<b>1. Introducción</b>	4
<b>2. Descripción del proyecto</b>	5
<b>3. Antecedentes</b>	7
<b>4. Metodología</b>	7
<b>5. Hallazgos y Observaciones de la Auditoría Técnica</b>	10
<b>6. Observaciones</b>	10
<b>6.1</b> Sobre los resultados del ensayo del índice de regularidad superficial IRI, de los valores individuales, realizado por el LanammeUCR.	10
<b>6.1.1</b> Resultados de IRI con base de medición de 200 m	12
<b>6.1.2</b> Resultados de IRI con base de medición de 100 m	15
<b>6.1.3</b> Resultados de IRI con base de medición de 50 m	18
<b>6.1.4</b> Resultados de IRI con base de medición de 10 m	20
<b>6.2</b> Comparación de los resultados obtenidos con las especificaciones del CR-2010	23
<b>6.2.1</b> Sentido Sabalito-Las Mellizas	24
<b>6.2.2</b> Sentido Las Mellizas-Sabalito	26
<b>7. Conclusiones</b>	30
<b>8. Recomendaciones</b>	31
Anexo 1	33

**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA**  
**Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 613 Sección: Sabalito-Las Mellizas**  
**Licitación Pública No. 2008 LN-00001-DI.**

**Departamento encargado del proyecto:** Dirección de Obras, CONAVI

**Monto original del contrato:**  $\phi$ 6.521.011.452,00

**Plazo original de ejecución:** 320 días efectivos

**Longitud del proyecto:** 22,810 Km. (kilómetros)

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

- Ing. Luís Guillermo Loría Salazar, MSc

**Coordinadora de Auditoría Técnica:**

- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc Eng.

**Audidores:**

- Ing. Ana Hidalgo Arroyo
- Ing. Raquel Arriola Guzmán

**Asesor Legal externo:**

- Lic. Miguel Chacón Alvarado

**Alcance del informe:**

- Evaluación de Índice de Regularidad Superficial (IRI) en un pavimento flexible

**Referencias:**

- Fecha de evaluación del IRI: 08 de septiembre del 2010
- Fecha de entrega informe de laboratorio No I-0132-10: 28 de septiembre 2010

**Ubicación de la ruta auditada:**



**Figura 1.** Proyecto Sabalito-Las Mellizas. Ruta Nacional No. 613.

## 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 técnica es comunicar 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. 613, Sección Sabalito-Las Mellizas.

Para este proyecto no se establece especificación de IRI en el cartel de licitación. Sin embargo, debido a la importancia del IRI en el desempeño futuro del pavimento y a 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 un parámetro de aceptación y una forma de asegurar la calidad del proyecto. Además, es una herramienta importante que permite, mediante el empleo de modelos de predicción, determinar el momento oportuno para aplicar un mantenimiento efectivo a una vía. Este parámetro representa la magnitud y la frecuencia<sup>1</sup> 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.

---

<sup>1</sup> **Fuente:** LanammeUCR. Informe UI-03-08. Procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. 2008.

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 100 m, no debe sobrepasar los 2,0 m/km. para pavimentos de asfalto de vías interurbanas<sup>2</sup>.

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 mezcla asfáltica en caliente se especifica 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 a 2,5m/km. y ninguno de los valores individuales supera 3,0m/km.”*<sup>3</sup>.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto fue adjudicado a la Constructora Hernán Solís S.R.L el 10 de diciembre 2008, (Orden de Servicio No 1) y de acuerdo con el cartel de licitación y considerando los cambios realizados en la estructura del pavimento mediante la Orden de Modificación N° 1, los trabajos a realizar consistieron en:

---

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. Costa Rica, 2010.

- Conformar y compactar al 95% (noventa y cinco por ciento) del Proctor modificado.
- 20 cm. de préstamo seleccionado (CBR  $\geq$  10%)
- 30 cm. de subbase granular (CBR  $\geq$  30%).
- 20 cm. de base estabilizada BE-25
- 5 cm. de carpeta asfáltica con estabilidad Marshall  $\geq$  1100 Kg.
- Realizar la demarcación vial horizontal con pintura y captaluces en toda la longitud del proyecto y la colocación de las señales verticales que se indican en los planos constructivos o en su efecto la unidad supervisora del proyecto.

Los planos constructivos de la carretera y su diseño fueron elaborados por el Gabinete de Estudios Técnicos Ingeniería S.A. (GETINSA), empresa contratada por el CONAVI mediante Licitación por Registro N° 033-2001.

El monto original del contrato era de  $\phi$ 5.955.941.747,00 (colones), más la ampliación tramitada mediante la Orden de Modificación N° 1 de  $\phi$ 565.069.758,00 para un total  $\phi$ 6.521.011.452,00 y el plazo de ejecución original era de 320 días naturales contados a partir de la orden de inicio de la obra, dada el día 10 de diciembre del año 2008.

La longitud total del proyecto es de 22,81 kilómetros aproximadamente y se ubica en la provincia 6: Puntarenas, cantón 608: Coto Brus, distrito 608 02: Sabalito. Se inicia en el poblado de Sabalito y finaliza en la población de Las Mellizas, como se puede observar en la siguiente figura.



Figura No 2. Proyecto Sabalito-Las Mellizas. Ruta Nacional No. 613.

### **3. ANTECEDENTES**

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

En términos generales, los resultados del Índice de Regularidad Internacional en estos informes realizados por la Unidad de Auditoría, muestran valores mayores a los establecidos ordinariamente 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 considere 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.

También se puede citar como antecedente importante a este informe de auditoría, el informe LM-AT-049-10 desarrollado en el proyecto Sabalito-Las Mellizas.

En el informe LM-AT-049-10 y en relación con el parámetro de IRI, particularmente se identificó que se presentaron Irregularidades en la conformación de la superficie de la base estabilizada durante el proceso constructivo, evidenciado por un estudio realizado por la inspección contratada por el CONAVI (FONVAR), de ahí que resulte relevante la realización de la medición del IRI en el proyecto Sabalito-Las Mellizas.

### **4. 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 este informe se presenta un resumen de algunas referencias de especificaciones de IRI utilizadas a nivel internacional (Tabla No.1), las cuales se presentan como una referencia para la Administración, de forma que puedan ser utilizadas como base para contrastar los valores obtenidos para el proyecto objeto de esta auditoría.

**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 $\leq 2.0$ m/km Promedio Individual $\leq 2.8$ m/km		Promedio de 5 tramos consecutivos $\leq 3.0$ m/km Promedio Individual $\leq 4.0$ m/km														
	<b>Recepción de Obra Nueva</b>																	
	No se indica el intervalo de medición	IRI $\leq 1.5$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 1.9$ m/km, en el 85% de los datos IRI $\leq 2.3$ m/km, en el 99% de los datos	IRI $\leq 2.0$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 2.5$ m/km, en el 85% de los datos IRI $\leq 2.8$ m/km, en el 99% de los datos	IRI $\leq 2.4$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 2.9$ m/km, en el 85% de los datos IRI $\leq 3.4$ 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 $\leq 2.0$ m/km Promedio Individual $\leq 3.0$ m/km		----														
Ministerio de Fomento de España	IRI obtenido en tramos con un intervalo de medición de 100 m	IRI $\leq 1.5$ m/km, en el 50% de los tramos del proyecto IRI $\leq 2.0$ m/km, en el 80% de los tramos del proyecto IRI $\leq 2.5$ 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>&lt; 1.1</td> <td>Pav. Nuevo</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.17</td> <td>1 Año</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.29</td> <td>2 Años</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.33</td> <td>3 Años</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1.37</td> <td>4 Años</td> </tr> <tr> <td>&lt; 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 $\leq 1.4$ m/km IRI $\leq 2.4$ m/km		----														
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	<b>Camino Rurales</b>																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI $\leq 3.0$ m/km	----	----														
	<b>Vías Interurbana</b>																	
	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI $\leq 2.0$ m/km	IRI $\leq 2.5$ m/km	----														
Quebec, Canadá	IRI obtenido en tramos de 100 m	IRI $\leq 1.2$ m/km, en el 70% de los datos IRI $\leq 1.4$ m/km, en el 100% de los datos	----	----														
Eslovenia	<b>Carreteras de alto tránsito</b>																	
	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	----	----														
	<b>Carreteras de bajo tránsito</b>																	
	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	----	----														
Portugal	No se indica el intervalo de medición	IRI $\leq 1.5$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 2.5$ m/km, en el 80% de los datos IRI $\leq 3.0$ m/km, en el 90% de los datos	IRI $\leq 2.0$ m/km, en el 50% de los datos IRI $\leq 2.5$ m/km, en el 75% de los datos IRI $\leq 3.0$ m/km, en el 100% de los datos	----														

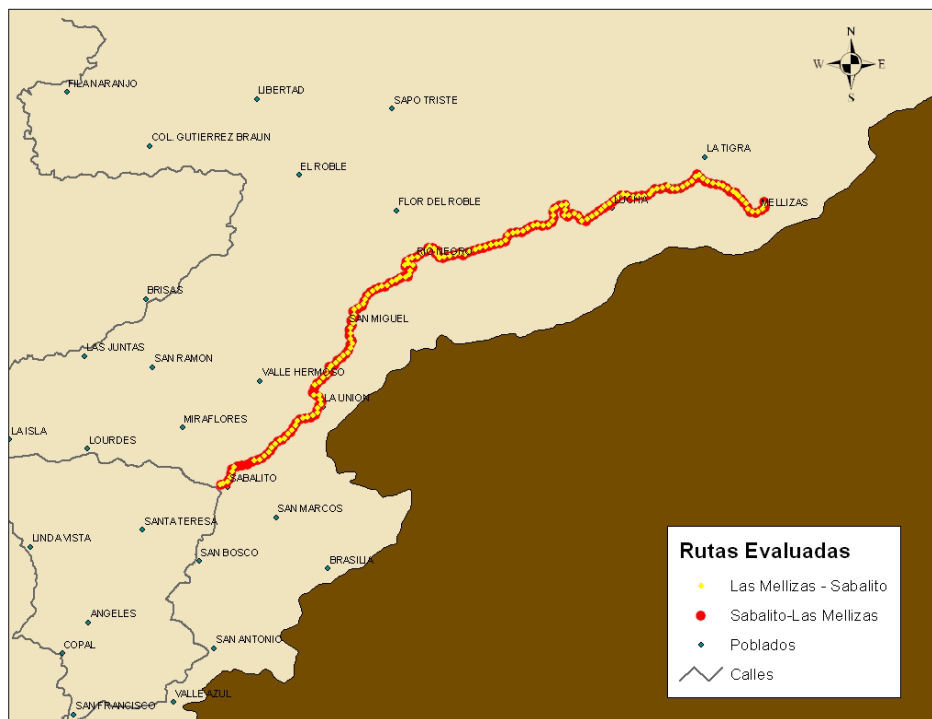
Fuente: Informe UI-03-08, LanammeUCR.



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 análisis de los resultados se consideraron como singularidades cambios de carril, disminución de velocidad y paso de puentes, por lo tanto las mediciones de IRI no se incorporan en el análisis de los datos a partir de la longitud que representa la singularidad más 50 metros después (hacia delante en el sentido de la medición) 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, se midió en los dos sentidos de circulación, pero existían en el proyecto secciones en lastre a la fecha de realización de la medición, sobre la cual no fue posible ejecutar la medición. (Ver Figura No 3)



**Figura 3.** Proyecto Sabalito-Las Mellizas. Medición de IRI

## **5. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA**

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, sustentadas en la observación de los procesos constructivos durante la visita y respaldados en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría, el propio testimonio del auditado, la recolección y análisis de evidencias.

Se entiende como hallazgo de auditoría a un hecho que hace referencia a una normativa o bien, a algún documento contractual; ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

Por otra parte, las observaciones se fundamentan en normativas o especificaciones que no son documentos contractuales, pero que obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería y a la experiencia internacional. Además tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo, ya que corresponden a hechos evidenciados por el equipo auditor.

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.

Este informe no incluye análisis de hallazgos debido a que el IRI no es un parámetro de evaluación de la calidad establecido en el cartel de licitación de este proyecto, sin embargo cabe recalcar que esta auditoría técnica considera importante realizar la evaluación de este parámetro por las ventajas funcionales y el efecto en los costos de operación de los usuarios y de conservación de carreteras que tiene.

## **6. OBSERVACIONES**

### **6.1 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 en el cartel de licitación, 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 No 2.** Bases de medición de IRI utilizadas en el informe LM-AT-159-10

<b>Nivel</b>	<b>Base de medición</b>	<b>Objetivo</b>
Red	Cada 200m.	Aplicación para la verificación de la regularidad superficial a nivel de red (especificación de Chile) <sup>4</sup>
Proyecto	Cada 100m.	Aplicación para la verificación de regularidad superficial general del proyecto (especificación El Salvador, Canadá) <sup>5</sup>
	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

<sup>4</sup> **Fuente:** LanammeUCR. Informe UI-03-08. Procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. 2008.

<sup>5</sup> **Fuente:** Li Ningyuan et al. Quality Assurance Applied in Measuring Pavement Roughness of Ontario Provincial Roads”, Canada.

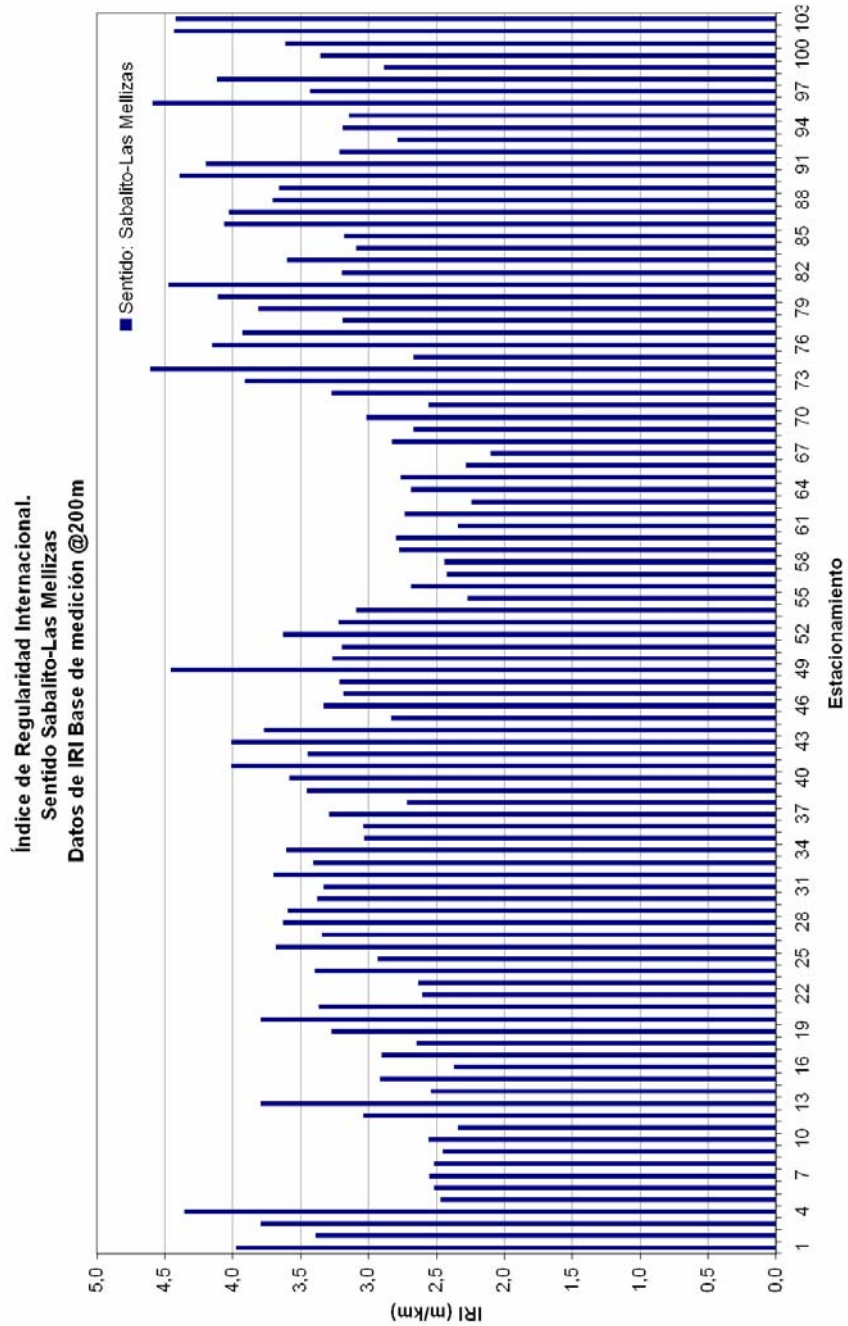
Por tanto, el propósito final de realizar los cálculos de IRI con diferentes bases de medición, es brindar a la Administración, una variedad de escenarios de evaluación de la regularidad superficial para el planteamiento de acciones correctivas y preventivas, según la aplicación que considere oportuna.

Para ilustrar esta diferencia de valores de IRI se presentan diversas gráficas con el propósito de mostrar las comparaciones calculadas a diferentes distancias. El LanammeUCR realizó el cálculo de mediciones de Índice de Regularidad Superficial en intervalos de 200m, 100m, 50m y 10m. Los resultados obtenidos se pueden observar en los gráficos de las siguientes secciones:

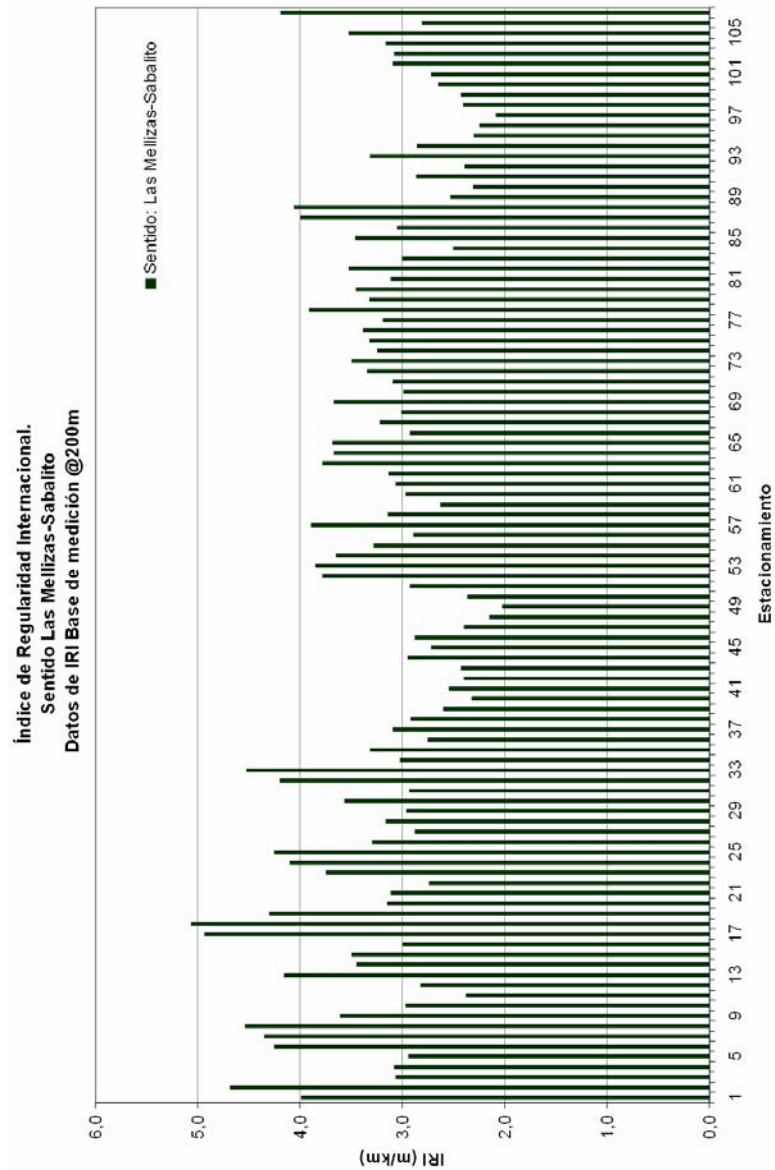
#### **6.1.1. Resultados de IRI con base de medición de 200 m:**

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, tal y como se menciona en la Tabla No. 2.

A continuación se presentan los gráficos del No 1 y No 2 donde se muestra la variación del IRI a lo largo del proyecto utilizando una base de medición cada 200m.



**Gráfico No 1.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Sabalito-Las Mellizas. Base de medición cada 200m.



**Gráfico No 2.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Las Mellizas-Sabalito. Base de medición cada 200m.

En los gráficos No 1 y No 2, se observa un rango de IRI de:

- Para el sentido Sabalito-Las Mellizas: 2,1 a 4,6 m/km.
- Para el sentido Las Mellizas-Sabalito: 2,0 a 5,1 m/km.

### **6.1.2. Resultados de IRI con base de medición de 100 m:**

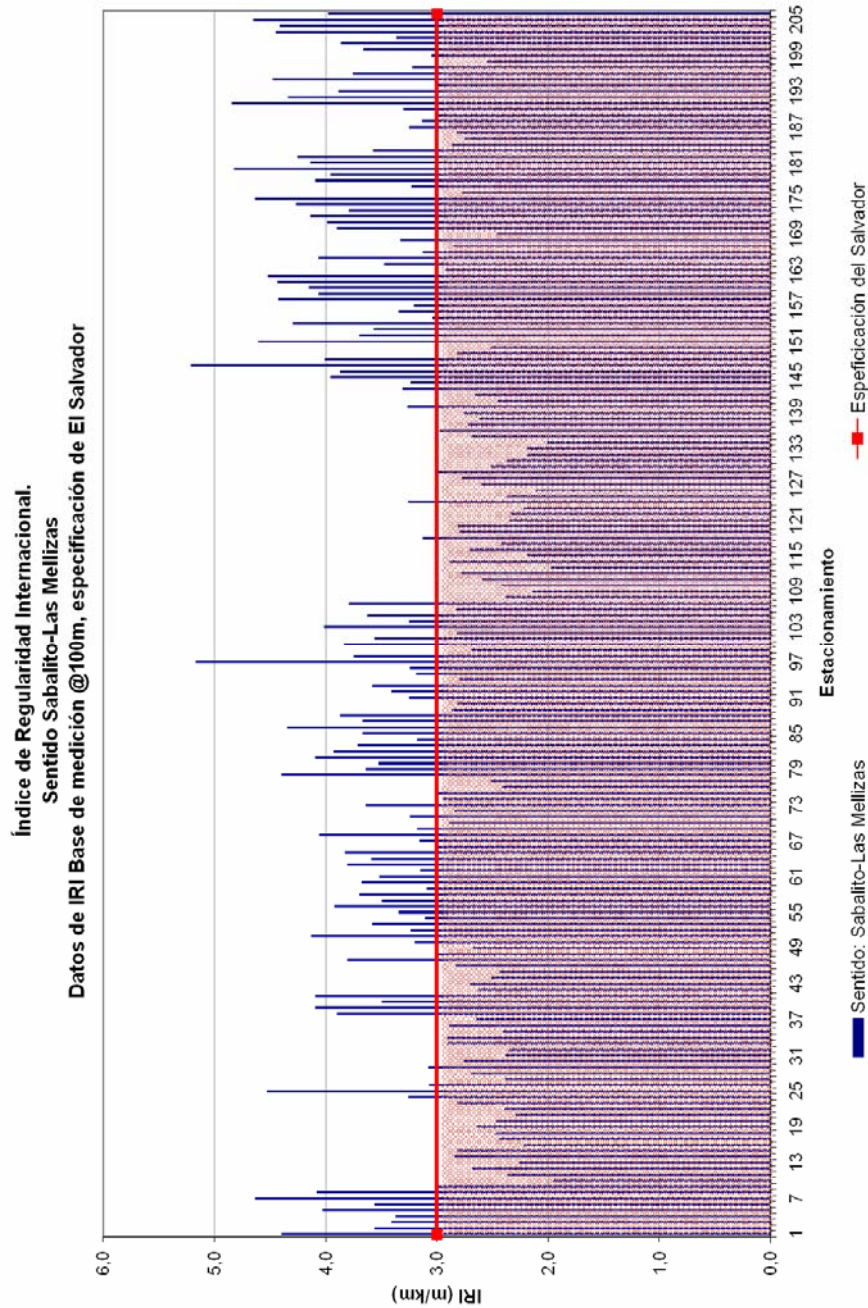
La medición del parámetro IRI en intervalos cada 100 m se utiliza, al igual que el caso anterior, para realizar una evaluación a nivel de red vial, en la que no se requiere de mediciones detalladas, pero siendo esta menor muestra más detalle de la regularidad del proyecto.

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 en los gráfico No 3 y No 4:

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  $\leq 3,0$  m/Km. en el caso de un pavimento en caminos rurales, utilizando una base de medición de 100m. Los resultados obtenidos en comparación con esta especificación se puede observar en los siguientes gráficos.

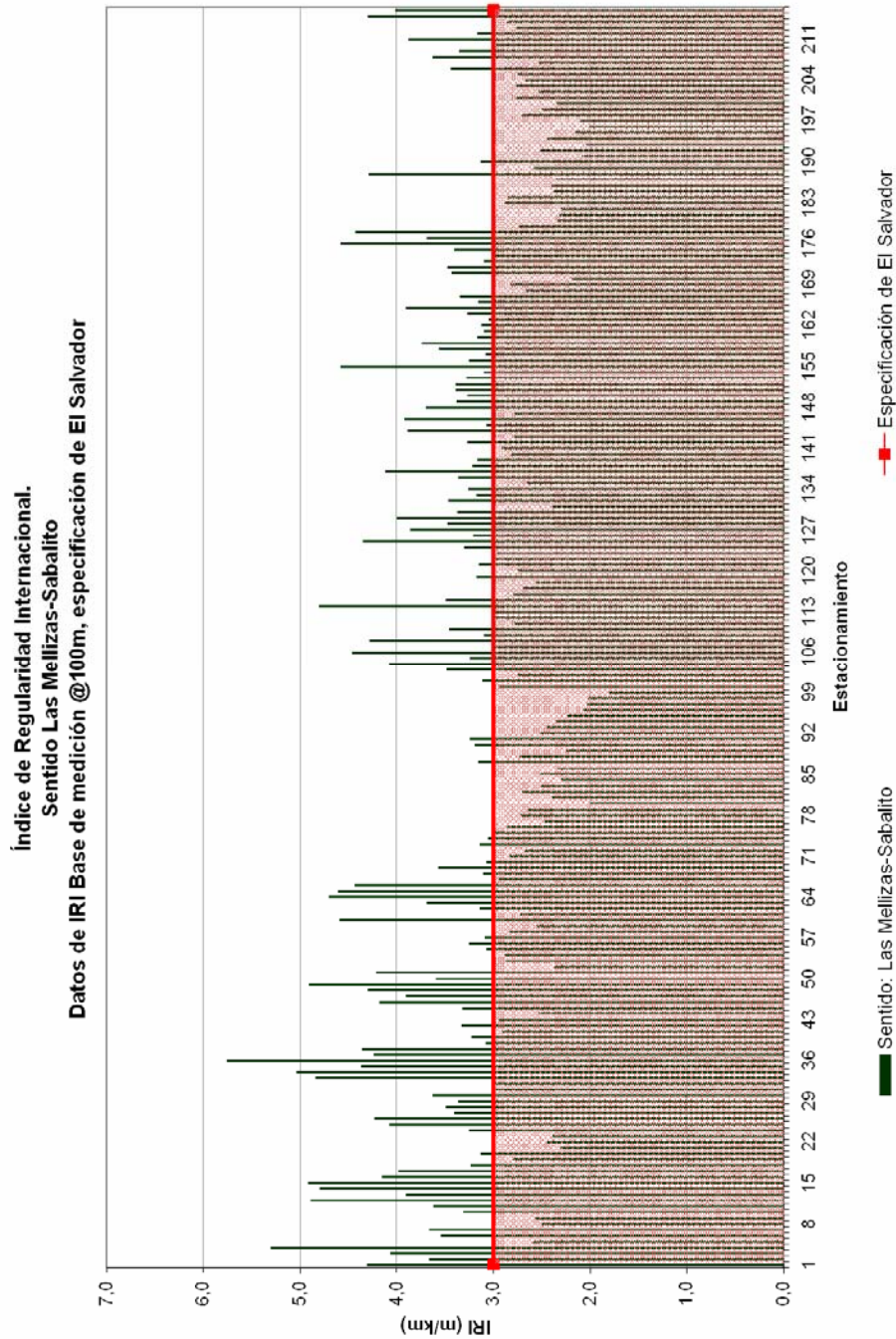
En los gráficos en el proyecto Sabalito-Las Mellizas, se observa un rango de IRI de:

- Para el gráfico No 3: 1,9 a 5,2 m/km.
- Para el gráfico No 4: 1,8 a 5,8 m/km.



**Gráfico No 3.** Valores individuales de IRI, en el sentido de Sabalito-Las Mellizas, comparación con la especificación de El Salvador. Base de medición cada 100m.

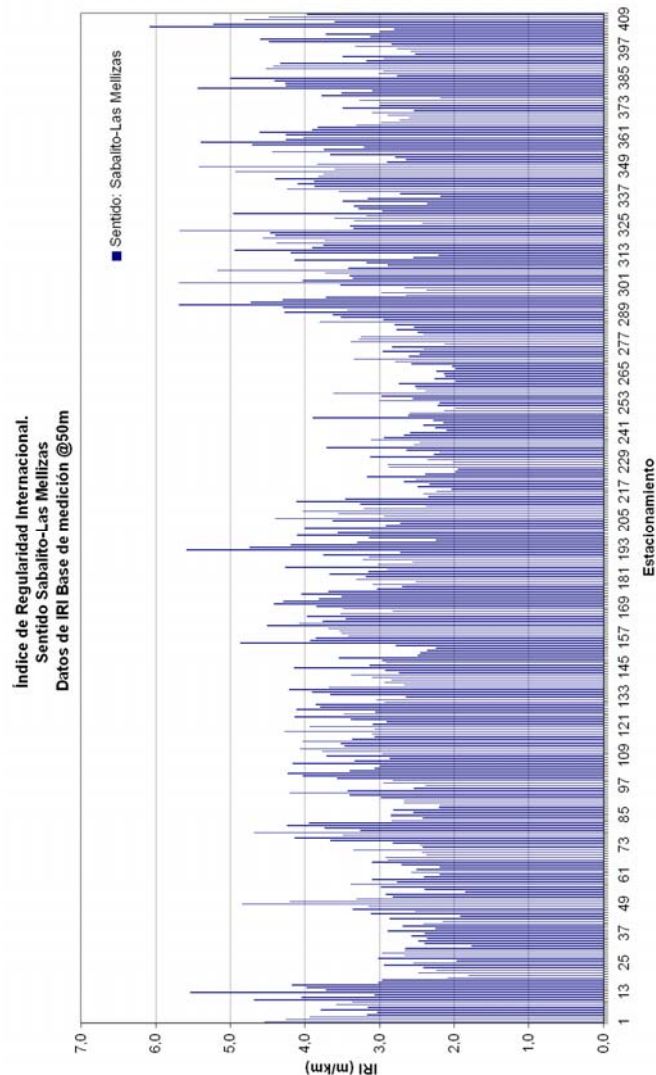




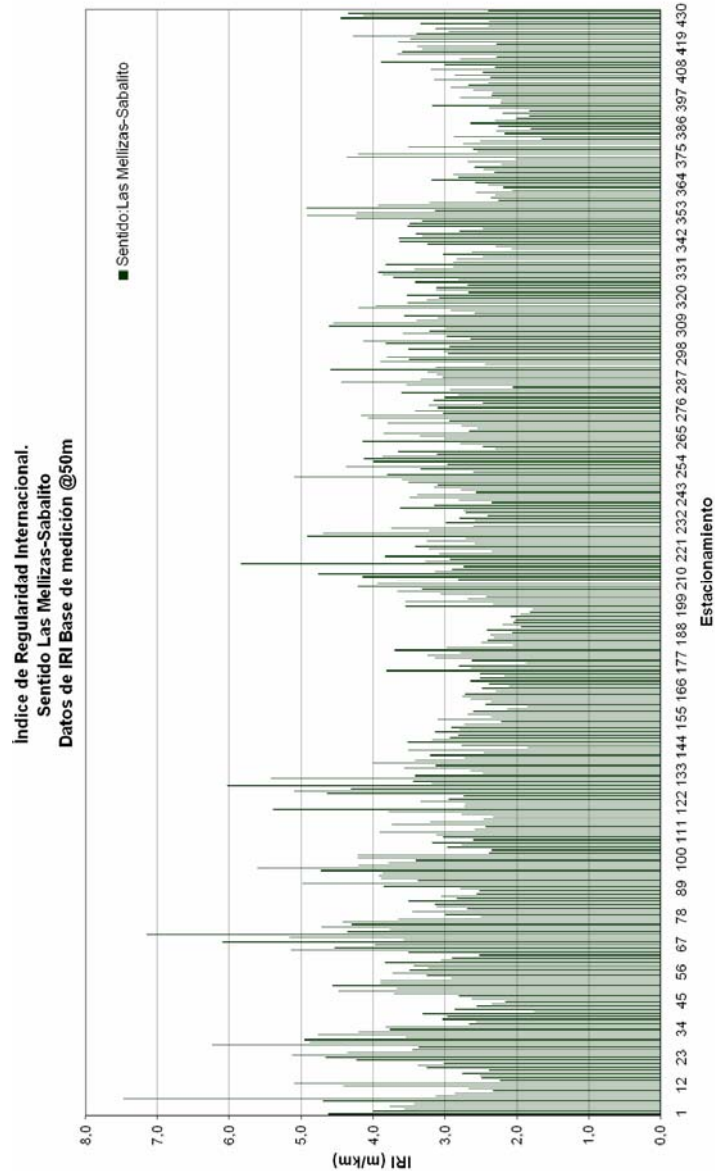
**Gráfico No 4.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Las Mellizas-Sabalito, comparación con la especificación de El Salvador. Base de medición cada 100m.

### 6.1.3 Resultados de IRI con base de medición de 50 m:

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. A continuación se presentan los gráficos del No 5 y No 6 donde se muestra la variación del IRI a lo largo del proyecto utilizando una base de medición cada 50m.



**Gráfico No 5.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Sabalito-Las Mellizas. Base de medición cada 50m.



**Gráfico No 6.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Las Mellizas-Sabalito. Base de medición cada 50m.

En el Gráfico No.5 y No 6 en el proyecto Sabalito-Las Mellizas se observa un rango de IRI de:

- Para el sentido Sabalito-Las Mellizas: 1,8 a 6,1 m/km.
- Para el sentido Las Mellizas-Sabalito: 1,7 a 7,5 m/km.

#### 6.1.4 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:

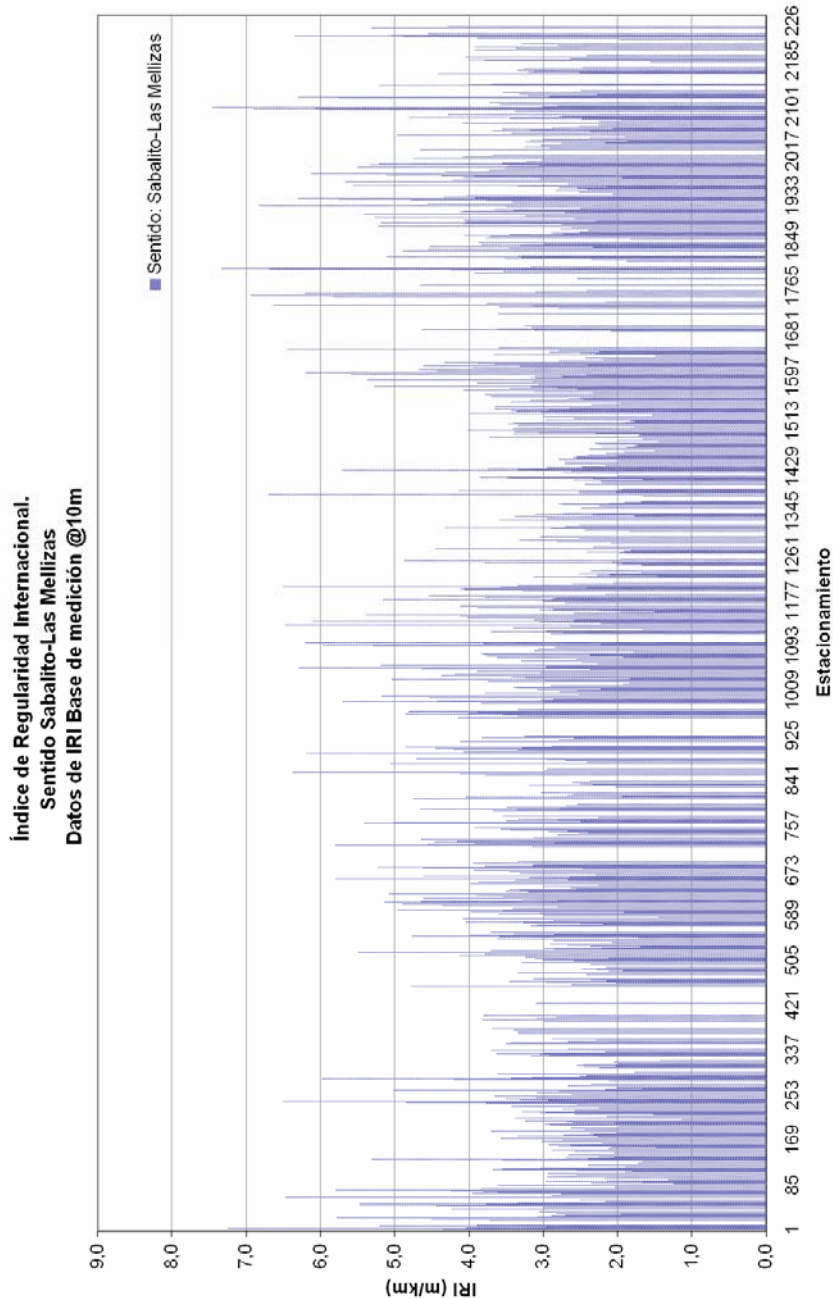
*“Por definición el IRI es un resumen estadístico de los datos agregados de la elevación del perfil. Cuando se usa como especificación de finiquito para pavimentos... recientemente construidos, se utiliza una base de medición relativamente amplia (p ej. 100 metros) permitiría una evaluación global del 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.”<sup>6</sup>*

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.

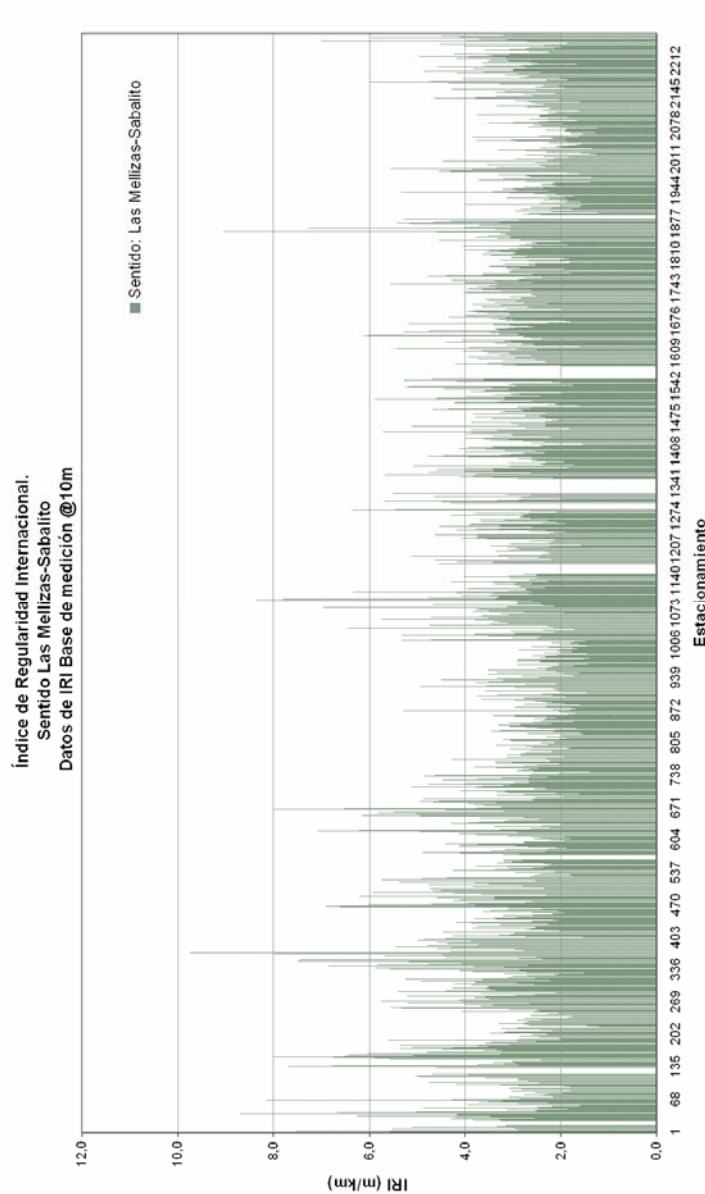
---

<sup>6</sup> Traducción de Li Ningyuan, Frank Marciello and Tom Kazmierowski. “Quality Assurance Applied in Measuring Pavement Roughness of Ontario Provincial Roads”, Canada.



**Gráfico No 7.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Sabalito-Las Mellizas. 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: cambios de carril, disminución de velocidad y puentes.



**Gráfico No 8.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Las Mellizas-Sabalito. 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: cambios de carril, disminución de velocidad y puentes.

En los gráficos anteriores, se observa un rango de IRI de:

- Para el sentido Sabalito –Las Mellizas: 1,1 a 7,9 m/km.
- Para el sentido Las Mellizas- Sabalito: 1,1 a 9,8 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 y 200m. Esta medición más precisa y detallada, podría ayudar a encontrar secciones con problemas específicos y determinar si es necesaria alguna corrección de la superficie, para de esta manera mejorar la regularidad de la superficie de ruedo.

En síntesis, para el proyecto Sabalito-Las Mellizas se tienen los siguientes resultados de IRI para las diferentes bases de medición:

**Tabla No. 3.** Resumen de Resultados de IRI (m/km.) en el Proyecto: Sabalito-Las Mellizas

Proyecto	Base Medición	Sentido	
		Sabalito- Las Mellizas	Las Mellizas- Sabalito
Sabalito- Las Mellizas	@ 200 m	2,1 a 4,6	2,0 a 5,1
	@ 100 m	1,9 a 5,2	1,8 a 5,8
	@ 50 m	1,8 a 6,1	1,7 a 7,5
	@ 10 m	1,1 a 7,9	1,1 a 9,8

## 6.2 Comparación de los resultados obtenidos con la especificación del CR-2010

Con el fin de establecer una normativa de referencia la Auditoría Técnica del LanammeUCR utilizó el criterio de aceptación definido en las “Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica”, CR-2010 (que no es un documento de prevalencia del cartel del proyecto) para evaluar este proyecto.

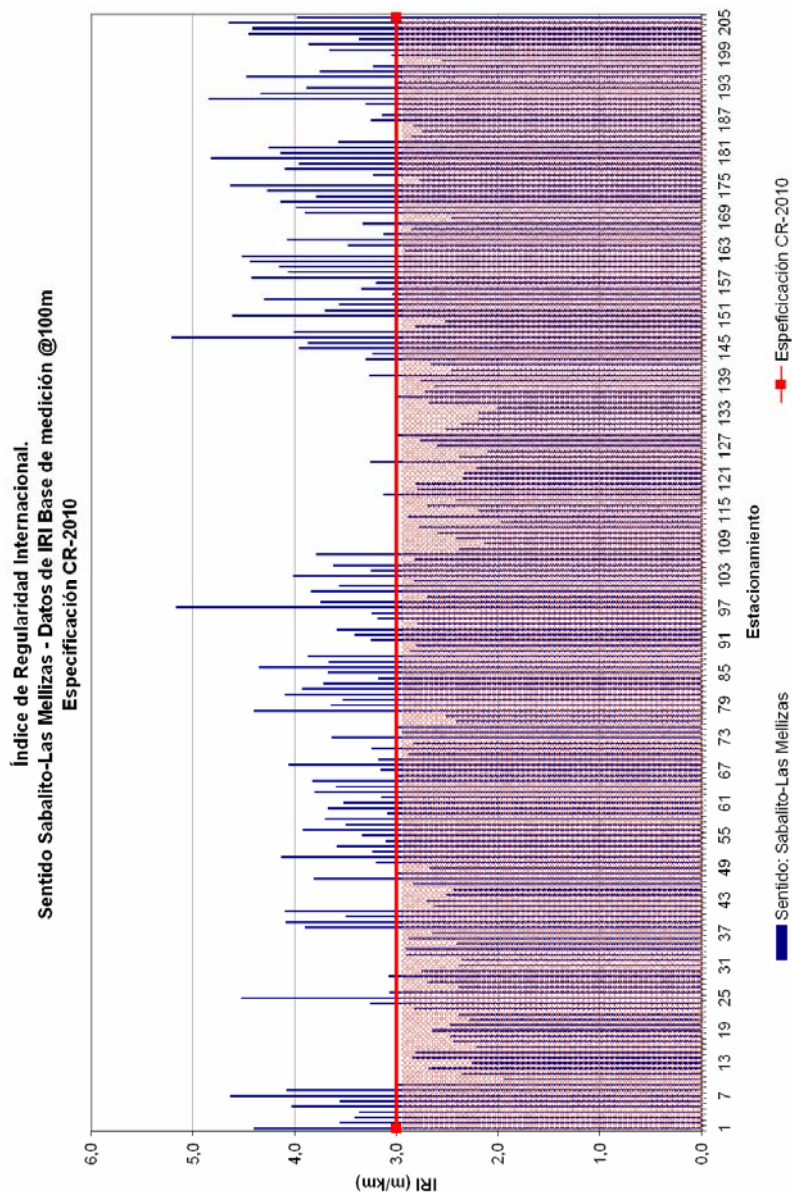
En la sección 401.16 “Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezcla asfáltica en caliente” del CR-2010 se señala lo siguiente... *Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si todos los promedios consecutivos de diez valores de IRI tienen un valor igual o inferior a 2,5m/km. y ninguno de los valores individuales supera 3,0m/km....*

También se menciona que: ... *En caso de incumplimiento de esta condición, se aplicará la Tabla 401-3 de multas. La multa que afecta a una media fija se aplicará al tramo completo que la determina, es decir, el porcentaje de multa será el mismo para los diez o menos tramos involucrados.*



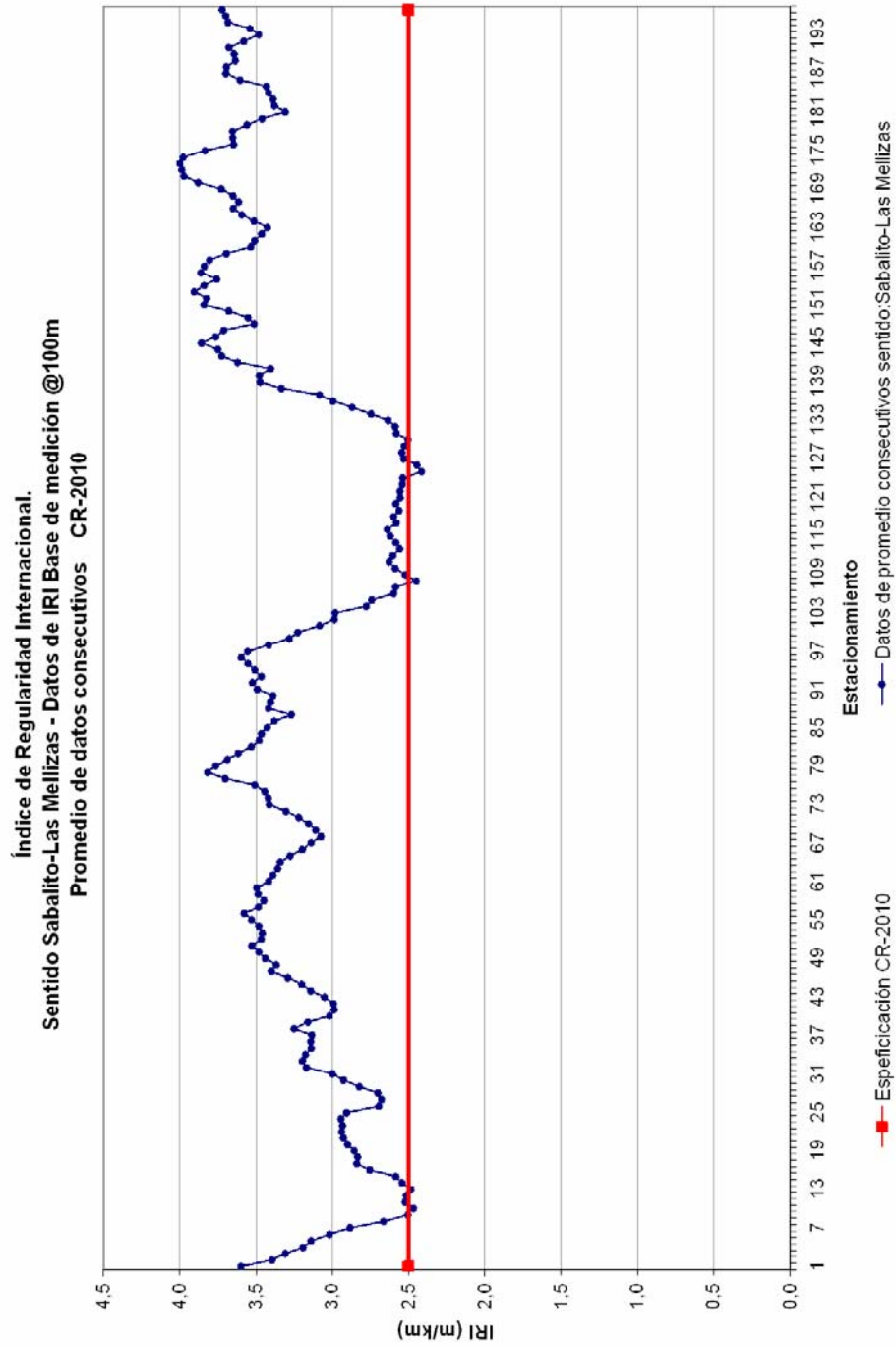
### 6.2.1 Sentido Sabalito-Las Mellizas

A continuación se muestran en los siguientes gráficos, la condición del IRI según el CR-2010, para tramos consecutivos de 100 m. En el Grafico No 9 se puede observar el valor de los datos individuales y la especificación; en el Gráfico No 10 se muestra el promedio de 10 tramos consecutivos de 100m.



**Gráfico No 9.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Sabalito-Las Mellizas. Base de medición cada 100m, en comparación con la especificación de IRI del CR-2010.

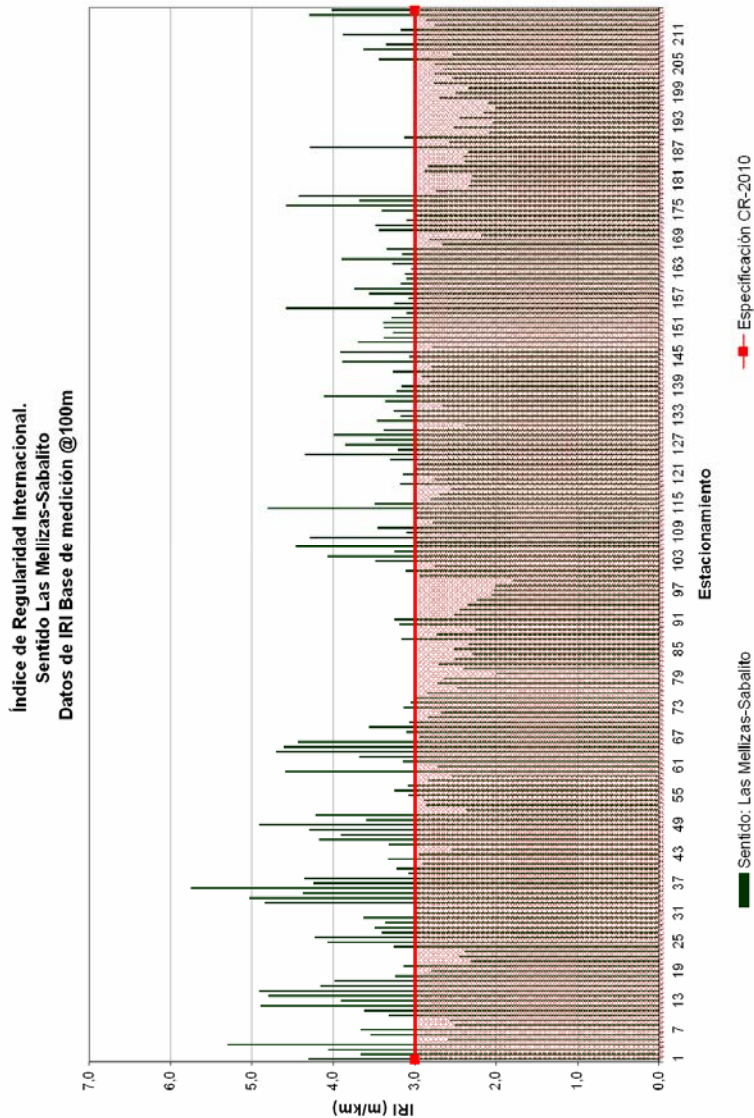




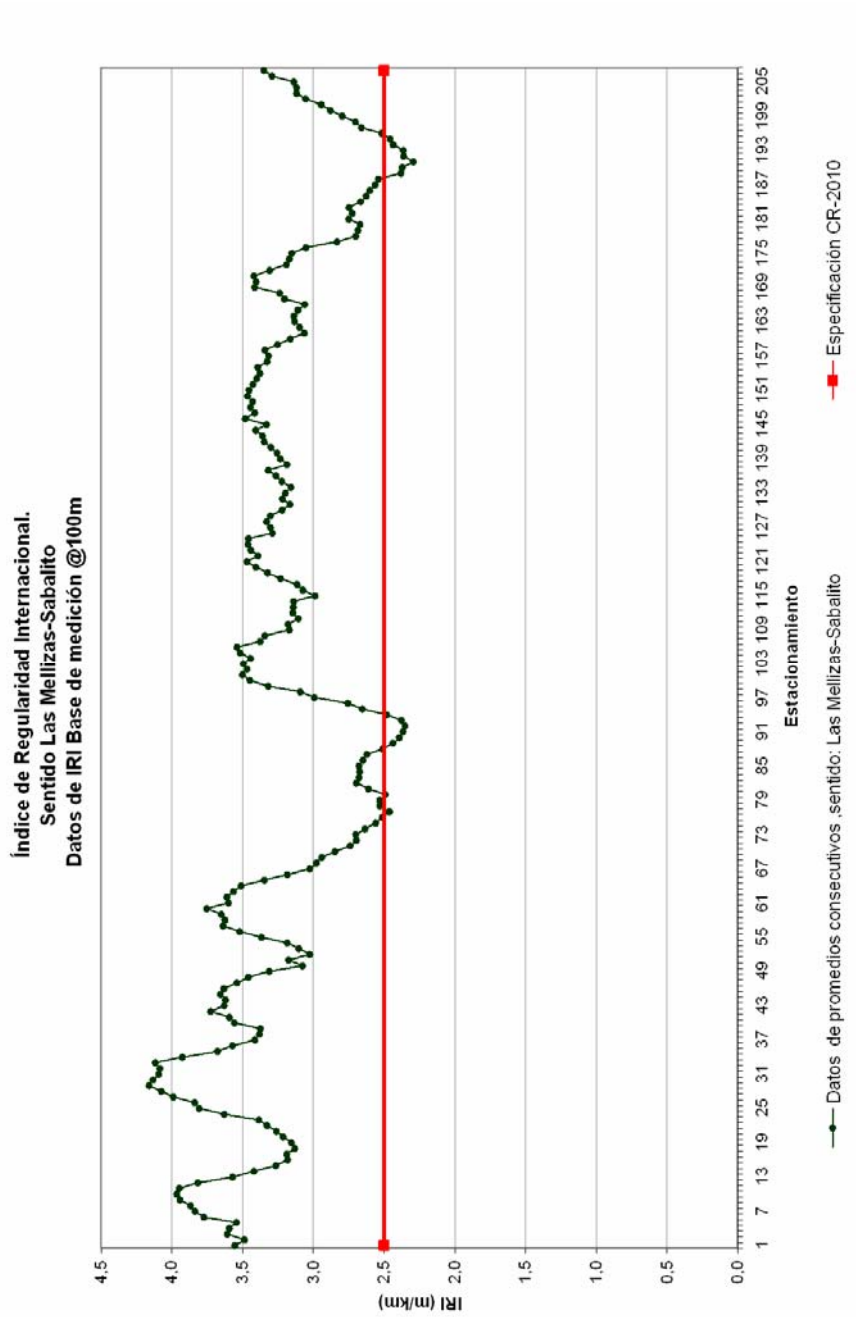
**Gráfico No 10.** Datos de valores consecutivos de IRI, en el sentido de circulación Sabalito-Las Mellizas. Base de medición cada 100m, en comparación con la especificación de IRI del CR-2010.

## 6.2.2 Sentido Las Mellizas-Sabalito

A continuación se muestran en los siguientes gráficos, la condición del IRI según el CR-2010, para tramos consecutivos de 100 m. En el Grafico No 11 se puede observar el valor de los datos individuales y la especificación; en el Gráfico No 12 se muestra el promedio de 10 tramos consecutivos de 100m.



**Gráfico No 11.** Valores individuales de IRI, en el sentido de circulación Las Mellizas-Sabalito. Base de medición cada 100m, en comparación con la especificación de IRI del CR-2010.



**Gráfico No 12.** Datos de valores consecutivos de IRI, en el sentido de circulación Las Mellizas-Sabalito. Base de medición cada 100m, en comparación con la especificación de IRI del CR-2010.

Utilizando como base de medición del IRI cada 100 m, tal como lo requiere la especificación, se realizó un análisis comparativo de los valores obtenidos para cada sentido de circulación en el proyecto y los rangos establecido por el CR-2010.

Para realizar dicha comparación, se utilizó como herramienta la sección 107 *Aceptación del Trabajo* del CR-2010. En la cual a partir de realizar un análisis estadístico utilizando los límites tanto inferior como superior de los requisitos establecidos. De esta forma cuantificar mediante un estimado estadístico ( $P_T$ ) la cantidad (porcentaje) de resultados que se encuentra por fuera de los límites de referencia para la aceptación de una superficie de ruedo.

Para el sentido de circulación Sabalito-Las Mellizas, se obtiene que  $P_T=65,0\%$  (Porcentaje defectuoso) que se refiere al porcentaje total estimado de los datos individuales fuera del rango establecido ( $\geq 3,0$  m/Km.) y que para el rango de promedios consecutivos de diez valores de IRI ( $\geq 2,5$  m/Km.) se obtuvo un  $P_T=96\%$ .

En el caso del sentido Las Mellizas-Sabalito, se obtiene que  $P_T=62,0\%$  (Porcentaje defectuoso) que se refiere al porcentaje total estimado de los datos individuales fuera del rango establecido ( $\geq 3,0$  m/Km.) y que para el rango de promedios consecutivos de diez valores de IRI ( $\geq 2,5$  m/Km.) se obtuvo un  $P_T=95,5\%$ .

Según pruebas de IRI realizadas por el LanammeUCR en septiembre del 2010, medidas cada 100m, indican que el promedio de 10 tramos consecutivos de 100m, no cumplen la especificación de que debe ser menor o igual a 2,5 m/km., ni que los valores individuales deben ser menores a 3 m/km. Esto se evidencia en los gráficos del No.9 al No.10 donde se presentan los resultados obtenidos utilizando el perfilómetro láser, para ambos sentidos del proyecto. En el anexo de este informe se adjuntan los resultados del informe de campo de Laboratorio del LanammeUCR

Es importante mencionar que 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. Situación que podría agravar aún más la condición de deterioro evidenciada en esta carretera y que se comunicó mediante el informe de auditoria técnica LM-AT-049-10.

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.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> **Fuente:** LanammeUCR. Informe UI-03-08. Procedimiento de ensayo para el cálculo del IRI. 2008.

## **7. CONCLUSIONES**

- 7.1** El cartel de licitación del proyecto “Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 613, sección: Sabalito-Las Mellizas” no establece como requisito la medición del IRI, sin embargo, en contraste con las especificaciones internacionales, los valores obtenidos de IRI para la base de medición de 10m, que corresponde a la más detallada, en el sentido Sabalito-Las Mellizas, presenta un rango de 1,1 a 7,9 m/km. y en el sentido Las Mellizas-Sabalito de 1,1 a 9,8 m/km.
- 7.2** 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; el IRI del proyecto Sabalito-Las Mellizas no cumple con los valores establecidos para las características de un pavimento flexible nuevo en caminos rurales. Esto se puede observar en los gráficos del No 3 y No 4.
- 7.3** El promedio de 10 tramos consecutivos de 100m, no cumplen la especificación que debe ser menor o igual a 2,5 m/Km. y que valores individuales deben ser menores a 3,0 m/km. Esto se evidencia en los gráficos del No.9 al No.12 donde se presentan los resultados obtenidos utilizando el perfilómetro láser, para ambos sentidos del proyecto.
- 7.4** Los resultados obtenidos de valores de IRI más altos que los aceptables según especificaciones internacionales, reflejan el efecto adverso de las irregularidades en el proceso constructivo identificadas en la construcción de la base estabilizada, la cual presentó irregularidades en la conformación de la superficie, según el informe LM-AT-49-2010.
- 7.5** Considerando los resultados de los diferentes informes de auditoría técnica en los que se ha medido el IRI en proyectos nuevos (incluyendo el proyecto objeto de este estudio) y debido a que se han obtenido valores superiores a lo que establecen las especificaciones internacionales y nacionales (CR-2002, CR-2010), se concluye que en nuestro país no se exigen estándares de calidad de recepción de obras nuevas, que permitan asegurar el desempeño futuro de los pavimentos de la red vial costarricense.

## **8. 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**

- 8.1** 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.
- 8.2** 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.
- 8.3** 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, principalmente en este proyecto en el que se identificó que hubo irregularidades en la conformación de la superficie de la base estabilizada que se pueden reflejar en la superficie de ruedo.
- 8.4** 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.

---

---

**Ing. Luís Guillermo Loría Salazar. MSc.**

Coordinador PITRA  
LanammeUCR

**Equipo Auditor**

---

**Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc. Eng**

Coordinadora Auditoria Técnica  
LanammeUCR

---

**Ing. Raquel Arriola Guzmán**  
Auditora Técnica LanammeUCR

---

**Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo**  
Auditora Técnica LanammeUCR

**Visto bueno de legalidad**

---

**Lic. Miguel Chacón Alvarado**  
Asesor Legal Externo LanammeUCR

---

---



# **ANEXO 1**

## **Informe de resultados del IRI**