CONSTRUYENDO PROGRESO

Representante del Empleador
Oficentro La Virgen #1, Torre 8, Nivel 5
De la Embajada de los EE. UU.
300 m. Sur y 200m. Sureste,
Pavas, San José, Costa Rica.

Constructora MECO, S.A.
50 m. Norte
Hotel San José Palacio,
La Uruca,
San José, Costa Rica.

Atención: Eddy Ramírez O. Representante del Empleador
Fecha: 08 de julio del 2020.
Referencia: DTP-GS-482-2020
Asunto: **CON-CRCP-96800-2016-003 – Resultado ensayo IRI**

Estimado señor:

Luego de la Reunión de Coordinación Técnica realizada en las oficinas de la Supervisión el 19 de mayo del 2020, se entrega la segunda medición de IRI sobre la longitud completa del proyecto, del estacionamiento del 0+000 al 0+0+864 (Eje 1), para este caso se hace un descargo sobre la definición de las zonas consideradas como singularidades, mismas que se localizan entre las estaciones:

Sentido Y Griega – San Pedro

- 0+000 al 0+165 (Carril interno y carril externo)
- 0+565 al 0+765 (Carril interno y carril Externo)

Sentido San Pedro – Y Griega

- 0+000 al 0+165 (Carril interno y carril externo)
- 0+565 al 0+864 (Carril interno y carril externo)

Como conclusión, de esta segunda medición de IRI se confirma el resultado obtenido en la primera medición, ratificando así el cumplimiento de los requerimientos cartelarios del Proyecto.

Singularidades:
El Eje 1 del proyecto corre desde el estacionamiento 0+000 al 0+864. Sobre este eje longitudinal se tenía como requisito contractual el requerimiento de construcción de estructura de pavimento nueva y una zona donde se debía de rehabilitar la carpeta existente (0+000 a 0+150 y 0+620 a 0+0864). Por medio de inspección a la capa de rodamiento y a la ejecución de pruebas de capacidad de soporte de la subrasante existente, se obtienen resultados que cambian el concepto de solo aplicar una rehabilitación en esas secciones del proyecto. La nueva solución de diseño contempla la construcción de una nueva estructura de pavimento, misma que fue aportada por UNOPS al Contratista.

Esta decisión generó un cambio en el proceso constructivo que se ejecutó en la zona del deprimido bajo la estructura del puente de la rotonda, donde se había llevado a cabo la construcción de estructura de pavimento nuevo en forma lineal y continua en ancho completo por cada sentido. En este nuevo escenario, se debía construir la nueva estructura de pavimento en las secciones del 0+000 al 0+150 y del 0+620 al 0+864 sin impedir el flujo de tránsito de la Ruta Nacional N°39 en ambos sentidos. Esta condición de trabajo obliga al Contratista a estar implementando una serie de desvíos en la misma zona donde lleva a cabo sus actividades constructivas, debido a que existían limitaciones de espacio físico que no permitían trabajar en toda la sección de forma lineal. Otra variable que afectó la estrategia constructiva fue la imposibilidad de desviar dicho tránsito a otras rutas alternas, dado que no todas cumplían con los

requerimientos para soportar la carga del flujo de la Ruta Nacional N°39 y principalmente el efecto de los camiones pesados.

En resumen, se describe el procedimiento constructivo utilizado en la ejecución de los nuevos tramos:

- Se procede con el desvío del flujo vehicular a los carriles externos y se procede a trabajar en los carriles internos con la colocación del sistema pluvial y estructura de pavimento.
- Se desvía el flujo vehicular al carril externo y se procede a trabajar en los carriles externos y sus transiciones a las rampas laterales.
- La reubicación continua de la zona de tránsito vehicular y los cambios de carril sucesivos generan la construcción de cuchillas en las zonas de intersección o transición entre el Eje 1 y los Ejes 7 y 8 ubicados en las estaciones del 0+565 al 0+864, y entre el Eje 1 y los Ejes 3 y 4 ubicados en las estaciones 0+000 a 0+165.

Detallando el procedimiento constructivo indicado, se debe mencionar que antes de proceder con el desvío del flujo vehicular en cada sección se colocaban los dispositivos de seguridad, en este caso, las barreras New Jersey cumplían como delimitadores de espacio, sistema de contención y como elementos canalizadores. Posteriormente, se daba inicio con la excavación y sustituciones de materiales requeridas para llegar al nivel de terracería, colocación de capas de préstamo, subbase y colocación de capa de base estabilizada. Una vez finalizadas las actividades antes mencionadas, se iniciaba la colocación de los tramos alcantarillado transversal y estructuras de tragante. Una vez finalizada la actividad de instalación de este drenaje superficial se reincorporaban las capas de la estructura de pavimento que fueron afectadas por esta actividad. Como último paso, se colocaban las capas de carpeta mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros.

Este proceso constructivo se aplicaba nuevamente en el próximo desvío, y así sucesivamente hasta finalizar la intervención en cada sección de los tramos ubicados entre los estacionamientos del 0+000 al 0+165 y del 0+565 al 0+864.

Si es importante destacar que los alineamientos de los desvíos por su dinámica constructiva no fueron coincidentes con el alineamiento geométrico del Eje 1, esto principalmente en las zonas de intersección o transición (Eje 1 con Eje 7 y 8, por otro lado, Eje 1 con Eje 3 y 4). Estas zonas de intersección o transición fueron aquellos puntos donde se presentaba la incorporación del flujo proveniente de los desvíos hacia las rampas laterales al deprimido, llámese Ejes 3, 4, 7 y 8, los cuales permitían dar acceso o salida al tránsito que circulaba por la Ruta Nacional N°39.

La implementación de este procedimiento constructivo no permitió tener un avance lineal y completo (ideal) en toda la sección de vía por sentido de tránsito, generando un proceso muy discontinuo, fraccionado y lento en la ejecución en los tramos intervenidos.

Es evidente que los tramos ubicados entre las estaciones citados al inicio del presente oficio, son los tramos que el Contratista define como singularidades en la medición del IRI debido a su particular proceso constructivo. Por lo anterior, el Contratista definió en su escrito DTP-GS-453-2020, que el tramo ubicado en el deprimido, no presentaba singularidades, siendo que la medición del IRI presentada en el oficio

CONSTRUYENDO PROGRESO

DTP-GS-466-2020, fue aplicado en la sección correcta de la obra y tomó en consideración las zonas de singularidades del proyecto, y el resultado obtenido cumplió con las especificaciones de la obra.

Sin otro particular se despide respetuosamente.

Alejandro Bolaños S.

Representante del Contratista

CC: Constructora Meco, S.A.: Gabriela Solano
Max Sittenfeld
Marco Salamanca

UNOPS Costa Rica: Susana Cárdenas
Abigail Berrios

Fecha: 13 de julio de 2020

Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación Nº. LE-050
Acreditado a partir de: 10.03.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

INFORME DE ENSAYO

INFORMACIÓN AL CLIENTE

Nombre del Cliente: Ing. Marco Salamanca

Dirección del Cliente: Constructora MECO S.A.

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA U OBJETO (S) DE ENSAYO

Descripción del muestreo:
☐ Muestra tomada por el cliente
☐ Muestra tomada por personal de ITP S.A.

Fecha: N.A.

Proyecto: "CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN LA ROTONDA DE GARANTÍAS SOCIALES"

Fecha de recepción de muestra u objeto de ensayo: N.A.

Lugar de muestreo: Ruta Nacional No. 39 Medición Final

Descripción de la muestra u objeto de ensayo:
- Medición del índice de Regularidad Internacional (IRI)

Ubicación de la realización de los ensayos: Secciones de control 19101 - 19102

Periodo o fecha ejecución de los ensayos: 01 de junio de 2020

RESULTADOS

Los métodos de ensayos utilizados y su respectiva equivalencia nacional e internacional se enlistan en la tabla (1), además los resultados obtenidos para la muestra se encuentran tabulados en la tabla (2) y en los anexos se presentan las pruebas realizadas y su respectivo valor (cuando aplique).

Tabla (1). Método de Ensayo Utilizados:

Instructivo Técnico	Código
Método normalizado para la Medición del perfil longitudinal, reporte del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	ITP-IT-72(*) ASTM E 950

***Ensayos bajo acreditación ECA LE-050, ver alcance en www.eca.or.cr**
****Ensayos no acreditados.**

Cumplimento con los métodos de ensayo	SI ☒	NO ☐
Desvío	**N.A.**	

Tabla (2). Resultado de ensayo:

Anexo No. 01
METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo presentar la metodología y resultados para la medición del índice de rugosidad internacional IRI sobre la capa de rodadura para el proyecto **"CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN LA ROTONDA DE GARANTÍAS SOCIALES".**

El protocolo de medición se establece sobre lo internacionalmente aplicable, para equipos de alto rendimiento, es decir medidores láser debidamente garantizado por el fabricante, como de tipo ASTM clase I.

2. MARCO DE REFERENCIA METODOLÓGICA

La regularidad de la superficie de un camino refleja adecuadamente el grado de comodidad, seguridad y nivel de costos de operación de los vehículos que lo transitan; se han desarrollado una gran variedad de equipos para medir la regularidad superficial de los pavimentos y se ha adoptado mundialmente un índice único el "Índice de Regularidad Internacional" (IRI), el que fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en 1986.

El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie del camino, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico. Está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificada, producto de la simulación del modelo del cuarto de carro (Ver Figura 1), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h. Es calculado a partir de las elevaciones de la superficie medidas mediante levantamiento topográfico o perfilométrico.

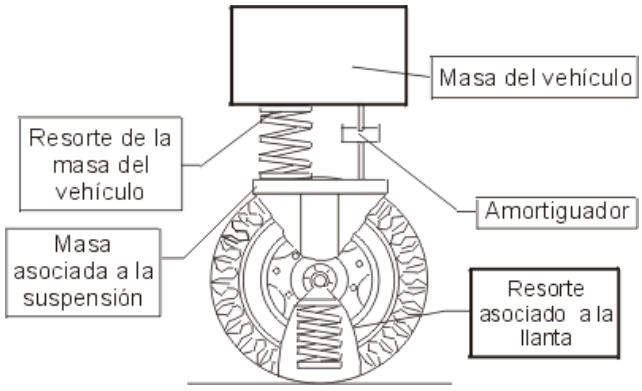


Figura 1. Modelo de cuarto de carro

La principal ventaja del IRI reside en que es un modelo matemático cuyo resultado es independiente de la técnica o equipo con el que se haya obtenido el perfil.

Para el cálculo del IRI es importante considerar la representatividad de las ordenadas que se introducen, la confiabilidad de la técnica o equipo con el que se obtiene el perfil y la frecuencia de la toma de datos.

La precisión de los equipos de medida de la irregularidad superficial es uno de los temas más delicados y complejos de decidir y valorar.

El IRI es la acumulación del movimiento entre la masa amortiguada y la no amortiguada, cuando se simula el paso a 80 km/h del modelo normalizado del cuarto de carro, técnicamente llamado RTRRMS (Response Type Road Roughness Measuring System), por el largo del perfil. El IRI, también llamado por su nombre técnico RARS80, debe cumplir con los siguientes preceptos:

Es calculado a partir del perfil longitudinal del tramo en estudio. La resolución requerida depende del nivel de rugosidad, necesitándose resoluciones más finas para pavimentos más lisos. Una resolución de 0.5 mm en la obtención del perfil es apropiada para todas las condiciones.

Se asume que el perfil tiene una pendiente constante entre puntos contiguos de elevación.

El perfil suavizado es filtrado utilizando la simulación del cuarto de carro, RQCS con sus parámetros específicos, a una velocidad de 80 km/h.

El movimiento de la suspensión simulada es acumulada y dividida por el largo del perfil para así obtener el valor de IRI; es de esta forma que el IRI es expresado generalmente en unidades m/km o mm/m.

3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

El equipo de medición que se propone corresponde a un equipo de alto rendimiento, que debe ser instalado en vehículos apropiadamente preparados para la medición correcta, tal y como se muestra en la fotografía 1.

Fotografía 1: Vehículo para medición

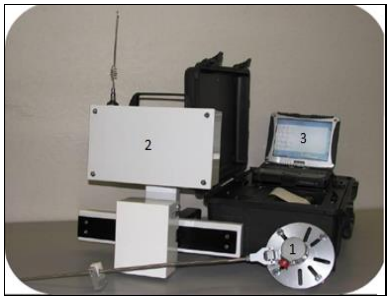
Las características técnicas del equipo de medición propuesto en esta metodología son:

- Sistema de perfil portátil se agrega a vehículos livianos o de alta velocidad.
- Módulo de sensor se ajusta verticalmente/lateralmente para máxima flexibilidad.
- Sistema inercial 100% sin-contacto. Sensores no tocan la superficie.
- Montajes libres de vibración diseñados con ingeniería profesional.
- Computadora Panasonic Toughbook 19 con especificaciones militares y controles de pantalla táctil legibles a la luz del día.
- Sistemas de pista (trazo) sencillo o doble disponibles. (Nota: sencilla tienen habilidad patentada de reportar perfiles de doble rodera.)
- Operación total en cabina. Colecciona/analiza datos sin salir del vehículo.
- Amplio rango de velocidades (~10 kph a 112 kph).
- Múltiples métodos de colección permiten versatilidad y ahorro de costos
- Disparador en dirección contraria de SSI colecciona estaciones exactas sin tener que pre-marcar las secciones. (2) Sensor óptico se disparan por cinta reflectiva (3)
- Botón en pantalla táctil para encender/detener el levantamiento del perfil
- Opcional. Configuración de sensor ´huella ancha´ para reducir el impacto de texturas ásperas, ranuras y ´tinning´ en los valores de los índices de perfil y valores de rugosidad localizada (Sensores de puntos múltiples o sensores Roline disponibles).

- Subsistema GPS (opcional) con visualización en tiempo real de posición GPS, correlación GPS con las estaciones de perfil, e integración de imágenes de Earth.
- Subsistema de inspección con correcciones de alta resolución con opciones de control de máquina y diseño del sitio.
- Software Windows para calibración, colección y análisis de datos se controlan con computadora Toughbook de pantalla táctil.
- Sistema de colección se detiene si la velocidad de vehículo baja a menos de 8kph (<5mph) o cuando se detiene.
- Datos de perfil se pueden exportar a excel para su mejor comprensión y análisis.

En la fotografía 2, se muestra en detalle el equipo de medición, que se encuentra compuesto por:

1. Sensor de medición para distancia y velocidad
2. Medidor láser
3. Computadora de recolección de datos



Fotografía 2: Componentes del equipo

En la figura 2, se puede observar la pantalla de respuesta del equipo, que el operador puede monitorear durante el proceso de medición.

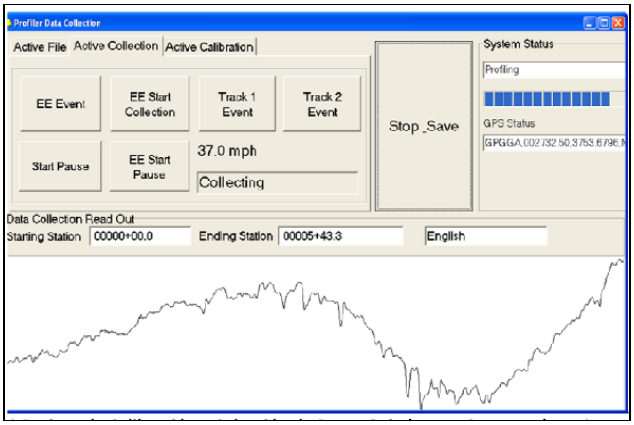


Figura 2. Respuesta de software

El fabricante del equipo certifica además que:

- Los componentes del sistema de medición, son modulares y portátiles. Todos los componentes de campo son rápidamente instalables y reemplazables en caso de ser necesario.

- Hardware es ajustable para el reposicionamiento lateral y vertical.

- La resolución de la medición longitudinal, es de menos de 1 in / 25 mm, cumpliendo con los requerimientos de la norma ASTM E 950.

- El error certificado por el fabricante para mediciones de distancia es de 0.1% o menos.

- Las mediciones verticales de los sensores del láser Selcom, no se ven afectadas por la textura del pavimento, el color, la reflectividad y la luz ambiente.

- La resolución de la medición vertical, es mejor a 0,1 mm (0,005 in).

- La clase de equipo es ASTM Clase I (para resolución longitudinal y vertical), con sistema de medición a todo tipo de velocidad de prueba, y se da garantía de que cumple con las normas DOT, ASTM y AASHTO. En la figura 3, se presentan las especificaciones técnicas del equipo, donde el fabricante declara el cumplimiento con las normas citadas. Como Anexo a este documento, se presenta tanto el Manual del Fabricante como el resumen de especificaciones técnicas del equipo.

SSI SURFACE SYSTEMS & INSTRUMENTS, LLC

VEHICLE PLATFORMS

The CS9400 Simple Profiling System is a portable single track surface profile measurement system that attaches to a standard Class III (2 inch/50 mm) towing receiver. The hardware attaches to a standard truck or passenger vehicle to quickly create a high speed profiling system. A rugged suitcase is supplied to operate the system from the passenger seat or rear cargo area the host vehicle. The operator controls the system from a rugged Toughbook 19 computer. An optional RF radio kit is available for wireless transmission of the surface data. Optional GPS (low resolution or RTK corrected high resolutions) is available on the CS9400 system for mobile surveying and design applications.

HARDWARE FEATURES

- Profiling system components modular and portable. All components field replaceable for quick replacement and minimal downtime. All profiling system mount hardware is professionally engineered.
- Industrial laser sensors, aerospace-grade accelerometers, and SSI proprietary electronics architecture provide highest quality digital surface profile data. Profiling system electronics fabricated in ISO9001 certified facility.
- True Class ASTM Class I profiling system at all collections speeds. Guaranteed compliance with DOT, ASTM and AASHTO standards.
- Optional wide footprint sensor configurations to reduce impact of tinning, grooving and coarse textures on profile index and localized roughness values. (Multiple single point or RoLine sensors available)
- Adjustable hardware for lateral and vertical repositioning of sensor modules. Indexer hardware for in-field static re-calibration of accelerometers (proprietary SSI technology).
- Spatial-based longitudinal sampling, variable sampling interval to less than default 1 inch/25 mm spacing.
- Non-contact optical encoder based distance measurement system with rated error of 0.1% or less.
- Vertical measurements with Selcom laser sensors that are unaffected by pavement texture, color, reflectivity or ambient lighting. Resolution of the vertical measurements: better than 0.1mm (0.005 in).
- "All-in-Cab" data collection, analysis and reporting system. Perform all data collection and analysis operations without leaving the driver's seat!
- Multiple data collection triggers supplied, including proprietary reverse direction trigger for collecting exact profile stations without pre-marking test sections. Electric-eye and manual triggers also supplied.
- Guaranteed compliance with commonly used agency specifications, test methods and certification requirements.
- Optional low resolution GPS for event relocation, navigation or overhead imaging. High resolution GPS available for surveying and machine control applications.
- Optional instrumentation for texture, rutting, and profiling system integration with other measurement systems

Comentario [R3]: ASTM Class I

Comentario [R4]: Longitudinal Sampling Class I

Comentario [R5]: Resolution Vertical measurement Class I

Figura 3. Declaración de clase del fabricante

4. PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO PARA MEDICIÓN

El vehículo en el que se instala el equipo, debe ser preparado para una apropiada medición, esto incluye, que el operador se garantiza que el transporte se encuentre debidamente alineado, tramado y balanceado en sus dos ejes, trasero y delantero.

Se debe de garantizar que la presión de los neumáticos sea la misma en los cuatro neumáticos y su valor debe ser el recomendado por el fabricante de los. Se debe de poner particular atención a la llanta con el sistema de medición de distancia. Se puede usar una presión de llanta menor para disminuir el impacto del sistema de perfil CS9000 sobre la superficie de pavimento.

Adicionalmente, al vehículo se le debe instalar un soporte delantero, construido ad hoc para el equipo de medición, tal y como se observa en la fotografía 1.

Siempre se debe asegurar, antes de iniciar cualquier medición, que el haz de luz del láser, se ubique al centro del eje del vehículo.

5. INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

5.1 Instalación

El equipo de medición láser, se debe instalar sobre el soporte que a su vez, ha sido instalado en el vehículo de transporte.

El equipo debe ajustarse para garantizar que todos sus componentes se encuentran debidamente asegurados.

La apertura del lente del láser, requiere estar a 15 in (38,1 cm) de la superficie, distancia medida de la parte inferior del sensor (localizado a varias pulgadas encima de la cubierta blanca de protección del sistema), para verificar la distancia correcta.
Los ajustes de colocación, deben hacerse siguiendo lo indicado por el manual del fabricante en la sección 2.1.2.

Para la instalación de la interfaz de medición de distancia del sistema de perfil por (1) colocar en el vehículo huésped los extensores de tuercas a la llanta trasera o delantera del lado del chofer, (2) se debe adjuntar el aparato de disco y codificador a los extensores de tuercas, (3) se pasa la barra pegada al interfaz de distancia por el receptor de barra en el guardabarros del vehículo huésped, y se (4) conecta el cable

del interfaz de medición de distancia al conector pareja en la electrónica del sistema de perfil. Al estar apropiadamente instalado, el interfaz de medición de distancia se aparecerá como muestra la fotografía 3.

Fotografía 3: Montaje de medidor de distancia

5.2 Calibración

Antes de la medición, el equipo se calibra por:

- Distancia
- Verificación de altura del láser

Todas las rutinas de calibración son ejecutadas del botón Calibration dentro la pantalla principal de colección de datos de Profiler (la cual aparece al ejecutar Collect Data del menú principal del programa Profiler). (Ver Figura 4).

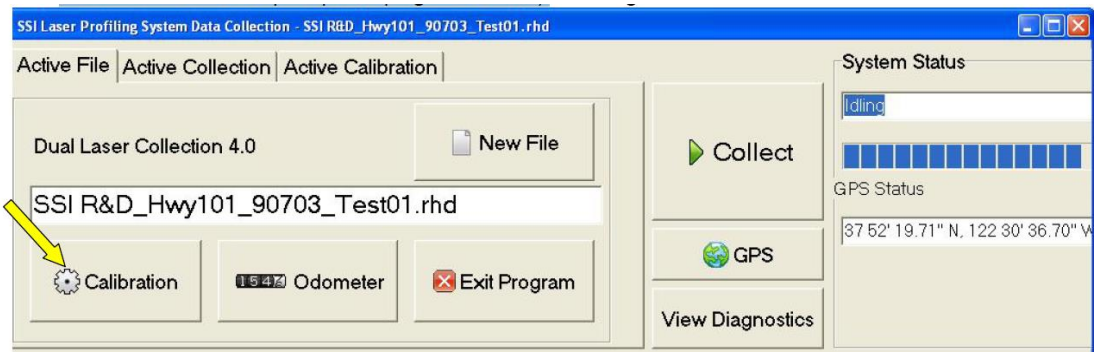


Figura 4. Menú principal de colección de datos del sistema de perfil

Para desplegar una lista de las rutinas de calibración, después de presionar el botón Calibration, la ventana mostrada abajo aparecerá:

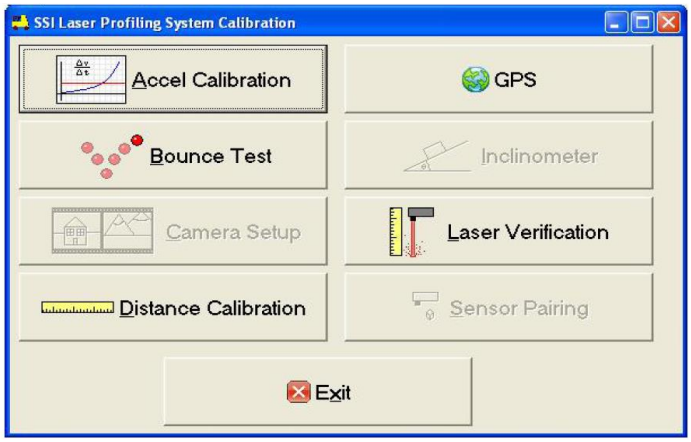


Figura 5. Opciones de rutina de calibración

5.2.1 Calibración por distancia

a. Proceso de calibración:

- Se debe elegir una superficie que permita un desplazamiento recto y consistente del vehículo huésped del sistema de perfil a través de la sección de calibración.
- Crear un segmento de longitud conocida, se sugiere con un mínimo de 100m.

Marcación del tramo de calibración

- Prepare el Sistema de Perfil para Calibración. Se debe alinear en la dirección de recorrido hacia el punto final, una posición fija del vehículo de perfil (el sensor láser o en interfaz de medición de distancia) con el punto exacto de comienzo de la sección de calibración. Después de iniciar el sistema de colección de datos

al escoger el comando Collect Data del menú principal del sistema de perfil, se debe permitir que el sistema proceda por su procedimiento de iniciación y alcance el estatus de Idling (listo).

- Se deberá mover el vehículo al punto de inicio del tramo de calibración. Este tramo se encontrará debidamente marcado.
- Una vez llegado al punto de inicio, se da inicio al software de calibración y se avanza hasta el punto final del tramo (debidamente marcado).
- El fabricante señala en el manual del equipo, que no es relevante la velocidad, a la cual se desplaza el vehículo huésped del sistema, así como tampoco, se vuelve crítico si el vehículo se mueve más allá del punto fin del segmento, pues el sistema puede simplemente retroceder a la estación exacta de fin, mientras el software de calibración automáticamente borra los datos de sobra.
- El valor ingresado debe ser la distancia medida para el sitio de calibración (al menos que el intento de calibración sea cancelado presionando el botón .Cancel.). Después elija .Replace. para sobre-escribir a los ajustes de la calibración previa.

5.2.2 Verificación de altura del láser

a. El sistema de medición de altura del SSI CS9000 viene calibrado de fábrica; de manera que una medición vertical de los sensores láser pueden ser verificados en el campo, pero esos valores no son ajustables.
b. Para ejecutar el procedimiento de verificación de altura, SSI recomienda usar una placa base plana y un bloque con por lo menos dos incrementos precisos de altura. El CS9000 es suministrado con una placa base y un bloque con dos incrementos de una pulgada cada uno.
c. Para medir y grabar las lecturas verticales detectadas por el sistema de medición de altura elija Láser Verification del sub-menú de calibración (como se muestra en la Figura 6), el sistema pedirá al operador ingresar las unidades (inglés o métrico) para ejecutar el procedimiento de calibración.

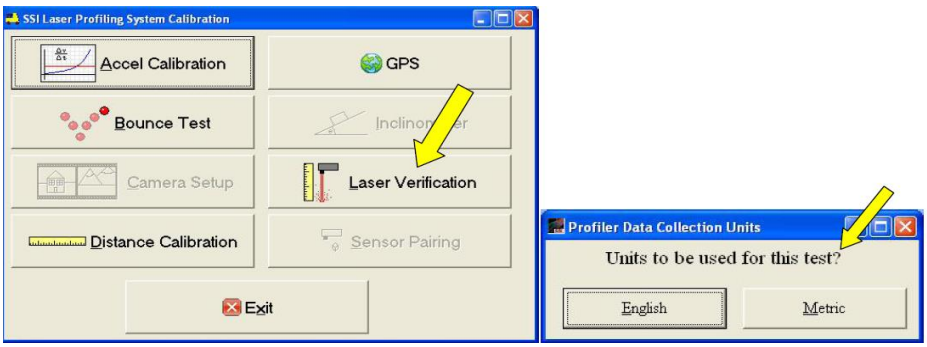


Figura 6. Iniciando la rutina de verificación de altura

d. Coloque la placa base debajo del sensor láser (como se muestra en la fotografía 4) uno a la vez con sistemas de doble láser, para asegurar una superficie uniforme, elija las unidades a inglés o métrico y presione el botón Accept. Esto iniciará mediciones automáticas de la distancia entre la placa base y el lado inferior del láser. La pantalla en la Figura 7 aparecerá durante el procedimiento de verificación de altura.

Fotografía 4: Montaje de placa base

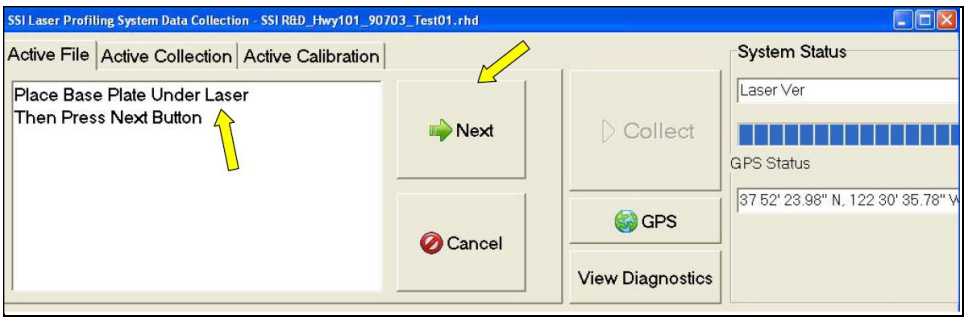


Figura 7. Pantalla durante la verificación de distancia

e. Se debe seguir las indicaciones del manual del equipo, hasta la colecta de datos de calibración. El proceso se repite con los bloques de calibración, que se encuentra medidos a 1 in de elevación por nivel, tal como se muestra en la fotografía 5.

Fotografía 5: Montaje de bloque base

6. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO PARA LA MEDICIÓN

El fabricante asegura que las mediciones verticales de los sensores del láser Selcom, no se ven afectadas por la textura del pavimento, el color, la reflectividad y la luz ambiente, sin embargo, al momento de la medición, es recomendable, que la superficie de rodamiento, se encuentre barrida y libre de materiales, tales como grava o cualquier otro objeto que obstruya el libre tránsito sobre la línea de medición.

6.1 LOCALIZACION DE LAS PRUEBAS

La evaluación con el perfilómetro láser se llevó a cabo sobre la Ruta de Nacional No.39, en las secciones de control # 19101 y # 19012 para el proyecto del paso a desnivel de la Rotonda de las Garantías Sociales, en la provincia de San José, con una longitud aproximada de 0.865km en cada sentido (dos por sentido), para una medición total de 3.46km, iniciando en la estación 0+000 y finalizando en la estación 0+865, del proyecto.

7. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

La medición se llevará a cabo en las dos huellas del carril, (huella externa y huella interna), ya que la normativa internacional AASHTO R43 y ASTM E 950, indican que el cálculo del índice de rugosidad internacional se calcula a partir de las dos huellas del carril.

7.1 Medición en carriles de ancho normal

Basados en la norma AASHTO R43M/R 43-07, se seguirá el siguiente mecanismo de trabajo para la medición del IRI:

a) El índice internacional de rugosidad (IRI) se calcula a partir de un único perfil longitudinal, medido con un generador de perfiles por carretera, tanto en la huella interna como externa del pavimento. El promedio de estas dos estadísticas IRI se reporta, como la rugosidad de la sección del pavimento.

b) Para iniciar la medición se localiza la estación inicial del segmento. Este punto se tomará como el arranque de la generación de datos, tomando como estación inicial el estacionamiento indicado por el ingeniero encargado del proyecto.

c) El vehículo huésped se situará de forma tal que el haz de luz del láser, se ubique sobre la huella externa del carril de medición, ubicada de 90 a 110cm del borde del inicio de la capa de rodadura. Estos valores de distancia son calculados a partir de la distancia medida del inicio de la capa de rodadura a la huella y su valor se toma del esquema de la figura 8.

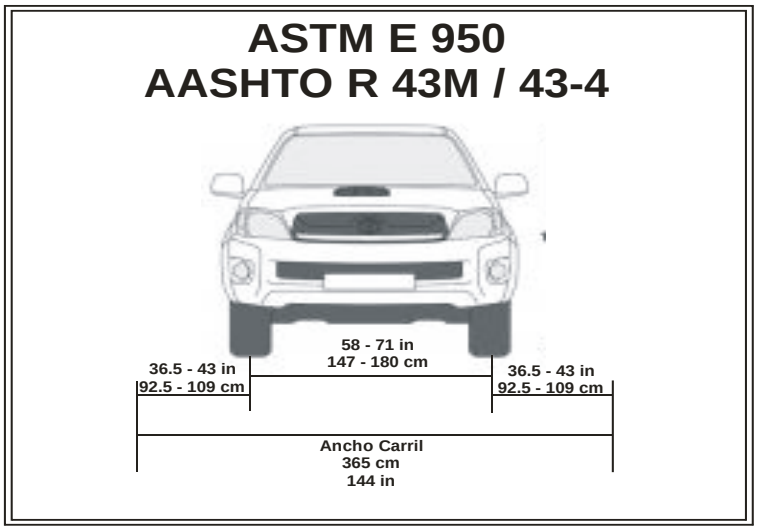


Figura 8: Esquema de distancias de medición de IRI en carril

d) Por lo menos, 20m antes del inicio del tramo de medición, el equipo debe iniciarse y estar preparado para la puesta en marcha de la medición en el punto exacto de arranque. Al llegar al punto de arranque el vehículo huésped, debe de llevar una velocidad arriba de 10 km/h.

e) Durante la medición el vehículo debe mantener una velocidad entre los 10 km/h y los 112 km/h, dado que el software de recolección de datos, toma los valores y los traslada a la referencia de 80 km/h de forma automática.

f) La medición se realiza de forma continua en la distancia del segmento de evaluación, y reportada en intervalos de 100m, según lo indica la normativa internacional.

g) Si los hubiera, durante el proceso de medición se lleva a cabo un inventario de los eventos o singularidades, (puentes, alcantarillas, tramos interrumpidos de carpeta), mediante la marca en el sistema de software/hardware, que la produce el operador del equipo.

h) Al llegar al fin del segmento de evaluación se detiene la recolección de datos.

i) Una vez evaluada la huella externa del segmento en un sentido, se procede a seguir evaluando la huella externa en el carril del otro sentido.

j) Terminada la huella externa de toda la vialidad de estudio, se procede a realizar la medición en la huella interna, de la misma forma como se detalló arriba, con la salvedad de que la huella interna se ubica, aproximadamente, entre los 90 cm y los 110 cm de donde debe ir la línea de centro. Esto garantiza que la medición se ha realizado tomando en consideración las normas internacionales, (Ver AASHTO R 43-07 sección 6.2).

k) Este procedimiento se repite según la cantidad de carriles por sentido del proyecto.

8. REPORTE DE RESULTADOS

El presente informe de resultados contendrá la información que a continuación se detalla:

1. Metodología de ensayo.
2. Valor de IRI de huella interna
3. Valor de IRI de huella externa
4. Valor de IRI promedio por segmento (huella interna y externa)
5. Gráfico de valores promedio.

Se realizará un cálculo del IRI promedio para cada sección o carril en cumplimiento a las disposiciones cartelarias.

9. CONSIDERACIONES FINALES

Se deberán tener las siguientes consideraciones al momento de presentar los resultados:

- Cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incrementa el valor del IRI, tales como puentes, tapas de alcantarillas, cuñas, vados, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino, **se deberán reportar**, mediante una marca que indica la ocurrencia del evento.

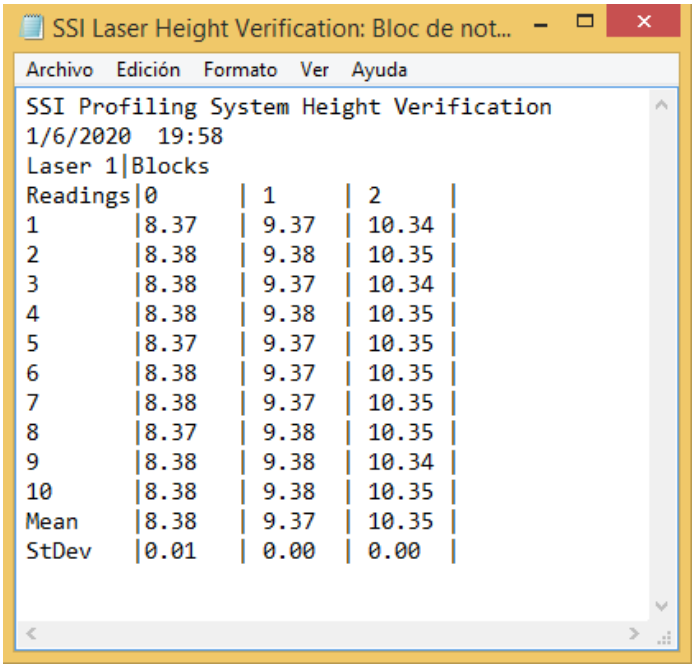
- Se determinarán si hay singularidades y se identificarán. Las singularidades que se pudieran presentar afectarán el tramo completo de 100m en la pista en que se encuentran ubicadas, **el cual no se considerará en las evaluaciones**.

- El reporte de resultados incluirá el reporte de las singularidades y cualquier evento sucedido durante el proceso de medición, (si los hubiera).

10. CONCLUSIÓN

En apego a las disposiciones cartelarias, se concluye que el resultado del IRI promedio de cada tramo evaluado **CUMPLE** con lo estipulado, cuyo valor máximo no debe superar 1.85 m/km en promedio.

Anexo No. 02
COMPROBACIÓN DE LA CALIBRACIÓN REALIZADA EN SITIO



Verificación del sistema de alturas (láser)

SSI Profiler V2.6 - Calibration Report
Licensed to VIALAB S.A (Laboratorio Vial S.A), of Desamparados, San Jose, Costa Rica

Data File: C:\Users\User\Dropbox\GIVSA\Respaldo de datos (08 de julio 2019)\Año 2020\ITP\COSTA RICA\ROTONDA GARATÍAS SOCIALES\IRI\01 DE JUNIO 2020\PASO ANCHO - SAN PEDRO LD_CE_HE.rhd

Collection Type: Single Laser Inertial Profiler

Inertial Profiler Calibration Results

Track	Collection Software	Distance Calibration			Accelerometer Calibration	
		Date	Distance (m)	Counts	Date	Accelerometer Constant
1	v4.4	6/01/2020	100.00	209797	4/22/2020	9497.3740234375

Comprobación de la calibración

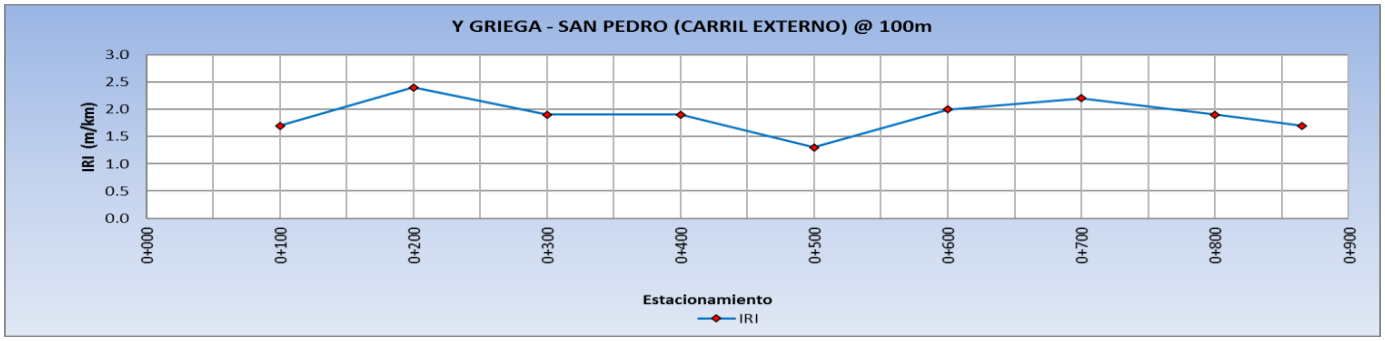
Anexo No. 03
RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE IRI
EST 0+000 – 0+865
SENTIDO Y GRIEGA – SAN PEDRO

International Roughness Index

Información del equipo	Información del proyecto
Equipment Settings	**Proyecto** **"CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN LA ROTONDA DE GARANTÍAS SOCIALES"**
Low Pass: Emulate 9.5in/241mm Reference Device High Pass: 200 ft Defect Height: 40.000 Defect Width: 5.0000	**Punto de inicio**: 0+000 · **Punto Final**: 0+865 · **Long (m)**: 865 · **Condición Climática**: Parcialmente nublado **Operador**: JCC · **Conductor**: JCC · **Vehículo**: CL317018 · **País**: COSTA RICA **Fecha de ensayo**: 2020-06-01 · **Tipo de Pavimento**: Mezcla Asfáltica en Caliente · **Ruta No.**: 39 · **Sección de control**: 19101 - 19102 **Contratista** **CONSTRUCTORA MECO**

Sentido Y GRIEGA - SAN PEDRO (CARRIL EXTERNO)

Estación inicial	Estación final	Longitud del segmento (m)	Localización Georreferencial	Observaciones	IRI Huella Externa (m/km)	IRI Huella Interna (m/km)	IRI Promedio (m/km)
0+000	0+100	100,0	9 55' 7,77" N 84 3' 44,00" W	Singularidad (0+000 - 0+165)	1,7	1,9	1,7
0+100	0+200	100,0	9 55' 10,28" N 84 3' 41,62" W		2,6	2,4	2,4
0+200	0+300	100,0	9 55' 12,42" N 84 3' 39,40" W		1,8	2,0	1,9
0+300	0+400	100,0	9 55' 14,63" N 84 3' 37,00" W		1,8	2,1	1,9
0+400	0+500	100,0	9 55' 16,79" N 84 3' 34,61" W		1,4	1,3	1,3
0+500	0+600	100,0	9 55' 19,07" N 84 3' 32,20" W	Singularidad (0+565 - 0+765)	2,0	2,1	2,0
0+600	0+700	100,0	9 55' 21,59" N 84 3' 29,84" W		2,0	2,5	2,2
0+700	0+800	100,0	9 55' 23,77" N 84 3' 27,43" W		2,1	1,8	1,9
0+800	0+865	65,0	9 55' 26,47" N 84 3' 25,56" W		1,9	1,7	1,7
						IRI Promedio General	**1,89**



International Roughness Index

Información del equipo	Información del proyecto
Equipment Settings Low Pass: Emulate 9.5in/241mm Reference Device High Pass: 200 ft Defect Height: 40.000 Defect Width: 5.0000	**Proyecto** **"CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN LA ROTONDA DE GARANTÍAS SOCIALES"**

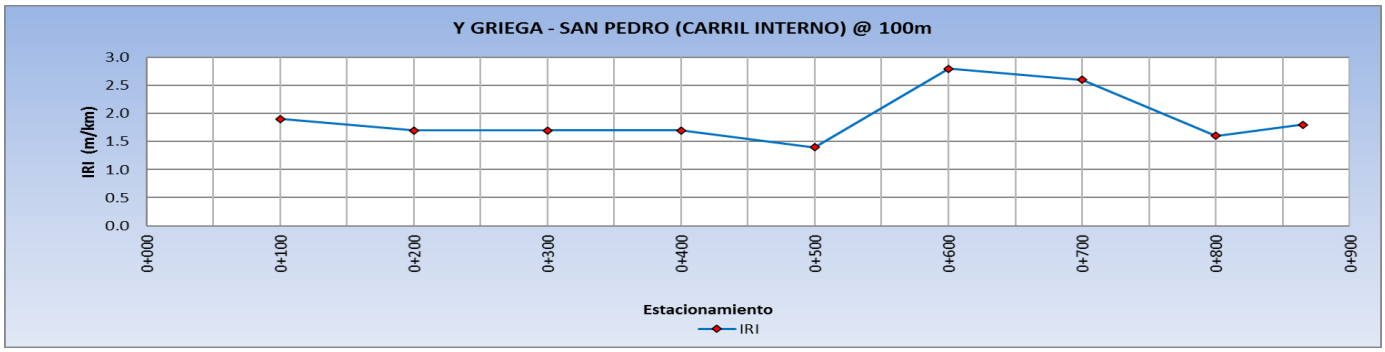
Punto de inicio	Punto Final	Long (m)	Condición Climática
0+000	0+865	865	Parcialmente nublado
Operador	**Conductor**	**Vehículo**	**País**
JCC	JCC	CL317018	COSTA RICA
Fecha de ensayo	**Tipo de Pavimento**	**Ruta No.**	**Sección de control**
2020-06-01	Mezcla Asfáltica en Caliente	39	19101 - 19102

Contratista

CONSTRUCTORA MECO

Sentido Y GRIEGA - SAN PEDRO (CARRIL INTERNO)

Estación inicial	Estación final	Longitud del segmento (m)	Localización Georreferencial	Observaciones	IRI Huella Externa (m/km)	IRI Huella Interna (m/km)	IRI Promedio (m/km)
0+000	0+100	100,0	9 55' 8,14" N 84 3' 43,95" W	Singularidad (0+000 - 0+165)	1,9	1,9	1,9
0+100	0+200	100,0	9 55' 10,42" N 84 3' 41,66" W		1,8	1,7	1,7
0+200	0+300	100,0	9 55' 12,52" N 84 3' 39,47" W		1,8	1,8	1,7
0+300	0+400	100,0	9 55' 14,72" N 84 3' 37,07" W		1,9	1,6	1,7
0+400	0+500	100,0	9 55' 16,93" N 84 3' 34,81" W		1,6	1,4	1,4
0+500	0+600	100,0	9 55' 19,21" N 84 3' 32,40" W	Singularidad (0+565 - 0+765)	2,8	2,9	2,8
0+600	0+700	100,0	9 55' 21,33" N 84 3' 29,87" W		2,9	2,4	2,6
0+700	0+800	100,0	9 55' 23,76" N 84 3' 27,29" W		1,8	1,5	1,6
0+800	0+865	65,0	9 55' 26,17" N 84 3' 25,45" W		1,9	1,8	1,8
					IRI Promedio General		**1,91**



Anexo No. 04
RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE IRI
EST 0+865 – 0+000
SENTIDO SAN PEDRO – Y GRIEGA

International Roughness Index

Información del equipo	Información del proyecto
Equipment Settings Low Pass: Emulate 9.5in/241mm Reference Device High Pass: 200 ft Defect Height: 40.000 Defect Width: 5.0000	**Proyecto** **"CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN LA ROTONDA DE GARANTÍAS SOCIALES"**

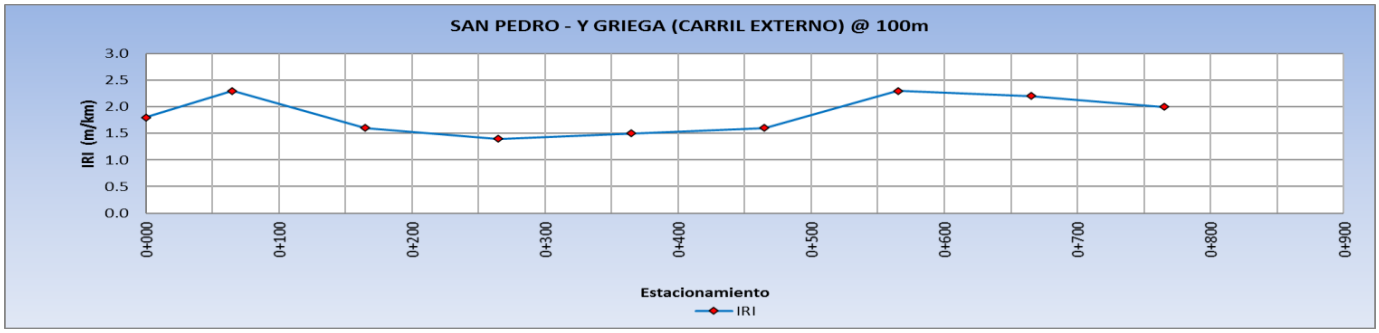
Punto de inicio	Punto Final	Long (m)	Condición Climática
0+865	0+000	865	Parcialmente nublado
Operador	**Conductor**	**Vehículo**	**País**
JCC	JCC	CL317018	COSTA RICA
Fecha de ensayo	**Tipo de Pavimento**	**Ruta No.**	**Sección de control**
2020-06-01	Mezcla Asfáltica en Caliente	39	19101 - 19102

Contratista

CONSTRUCTORA MECO

Sentido SAN PEDRO - Y GRIEGA (CARRIL EXTERNO)

Estación inicial	Estación final	Longitud del segmento (m)	Localización Georreferencial	Observaciones	IRI Huella Externa (m/km)	IRI Huella Interna (m/km)	IRI Promedio (m/km)
0+865	0+765	100,0	9 55' 28,32" N 84 3' 24,48" W	Singularidad (0+864 - 0+565)	2,1	2,0	2,0
0+765	0+665	100,0	9 55' 25,67" N 84 3' 26,05" W		2,1	2,4	2,2
0+665	0+565	100,0	9 55' 23,06" N 84 3' 28,15" W		2,3	2,4	2,3
0+565	0+465	100,0	9 55' 20,77" N 84 3' 30,67" W		1,8	1,5	1,6
0+465	0+365	100,0	9 55' 18,55" N 84 3' 33,11" W		1,6	1,4	1,5
0+365	0+265	100,0	9 55' 16,18" N 84 3' 35,60" W		1,7	1,1	1,4
0+265	0+165	100,0	9 55' 14,33" N 84 3' 37,76" W		1,6	1,6	1,6
0+165	0+065	100,0		Singularidad (0+165 - 0+000)	2,3	2,4	2,3
0+065	0+000	65,0	9 55' 9,68" N 84 3' 42,86" W		2,1	1,6	1,8
						IRI Promedio General	**1,86**



International Roughness Index

Información del equipo	Información del proyecto
Equipment Settings Low Pass: Emulate 9.5in/241mm Reference Device High Pass: 200 ft Defect Height: 40.000 Defect Width: 5.0000	**Proyecto** **"CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN LA ROTONDA DE GARANTÍAS SOCIALES"**

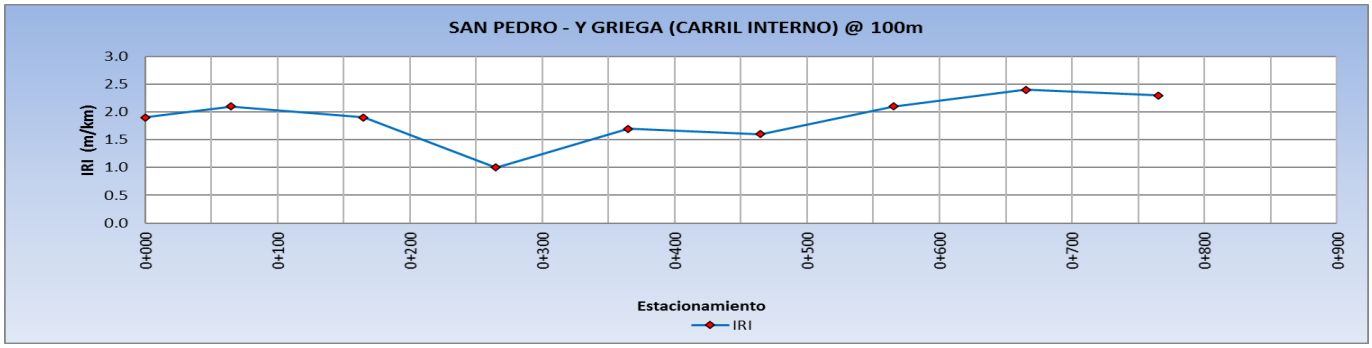
Punto de inicio	Punto Final	Long (m)	Condición Climática
0+865	0+000	865	Parcialmente nublado
Operador	**Conductor**	**Vehículo**	**País**
JCC	JCC	CL317018	COSTA RICA
Fecha de ensayo	**Tipo de Pavimento**	**Ruta No.**	**Sección de control**
2020-06-01	Mezcla Asfáltica en Caliente	39	19101 - 19102

Contratista

CONSTRUCTORA MECO

Sentido SAN PEDRO - Y GRIEGA (CARRIL INTERNO)

Estación inicial	Estación final	Longitud del segmento (m)	Localización Georreferencial	Observaciones	IRI Huella Externa (m/km)	IRI Huella Interna (m/km)	IRI Promedio (m/km)
0+865	0+765	100,0	9 55' 28,55" N 84 3' 24,35" W	Singularidad (0+864 - 0+565)	2,3	2,3	2,3
0+765	0+665	100,0	9 55' 25,66" N 84 3' 25,99" W		2,2	2,7	2,4
0+665	0+565	100,0	9 55' 22,97" N 84 3' 28,18" W		2,2	2,1	2,1
0+565	0+465	100,0	9 55' 20,77" N 84 3' 30,58" W		1,9	1,5	1,6
0+465	0+365	100,0	9 55' 18,46" N 84 3' 33,12" W		1,8	1,7	1,7
0+365	0+265	100,0	9 55' 16,61" N 84 3' 35,06" W		1,1	1,0	1,0
0+265	0+165	100,0	9 55' 14,32" N 84 3' 37,72" W		1,9	2,0	1,9
0+165	0+065	100,0	9 55' 12,06" N 84 3' 40,26" W	Singularidad (0+165 - 0+000)	2,4	2,0	2,1
0+065	0+000	65,0	9 55' 9,77" N 84 3' 42,61" W		1,9	2,0	1,9
						IRI Promedio General	**1,89**



RESUMEN DE RESULTADOS EN FUNCIÓN DEL REQUERIMIENTO CARTELARIO

Sentido Y GRIEGA - SAN PEDRO (CARRIL EXTERNO)							
Estación inicial	Estación final	IRI INICIAL	IRI FINAL	CONDICIÓN POR CUMPLIR	CUMPLIMIENTO	PROMEDIO GENERAL	CUMPLIMIENTO PROMEDIO GENERAL
0+000	0+100	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A	1,70	CUMPLE
0+100	0+200	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+200	0+300	N.A	1,9	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+300	0+400	N.A	1,9	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+400	0+500	N.A	1,3	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+500	0+600	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+600	0+700	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+700	0+800	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+800	0+865	N.A	1,7	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
CONDICIÓN POR CUMPLIR DE PROMEDIO GENERAL: Menor o Igual a 1,85m/km							

Sentido Y GRIEGA - SAN PEDRO (CARRIL INTERNO)							
Estación inicial	Estación final	IRI INICIAL	IRI FINAL	CONDICIÓN POR CUMPLIR	CUMPLIMIENTO	PROMEDIO GENERAL	CUMPLIMIENTO PROMEDIO GENERAL
0+000	0+100	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A	1,65	CUMPLE
0+100	0+200	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+200	0+300	N.A	1,7	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+300	0+400	N.A	1,7	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+400	0+500	N.A	1,4	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+500	0+600	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+600	0+700	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+700	0+800	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+800	0+865	N.A	1,8	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
CONDICIÓN POR CUMPLIR DE PROMEDIO GENERAL: Menor o Igual a 1,85m/km							

Sentido SAN PEDRO - Y GRIEGA (CARRIL EXTERNO)

Estación inicial	Estación final	IRI INICIAL	IRI FINAL	CONDICIÓN POR CUMPLIR	CUMPLIMIENTO	PROMEDIO GENERAL	CUMPLIMIENTO PROMEDIO GENERAL
0+865	0+765	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A	1,53	CUMPLE
0+765	0+665	N.A	.	SINGULARIDAD	N.A		
0+665	0+565	N.A	.	SINGULARIDAD	N.A		
0+565	0+465	N.A	1,6	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+465	0+365	N.A	1,5	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+365	0+265	N.A	1,4	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+265	0+165	N.A	1,6	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+165	0+065	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+065	0+000	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		

CONDICIÓN POR CUMPLIR DE PROMEDIO GENERAL: Menor o Igual a 1,85m/km

Sentido SAN PEDRO - Y GRIEGA (CARRIL INTERNO)

Estación inicial	Estación final	IRI INICIAL	IRI FINAL	CONDICIÓN A CUMPLIR	CUMPLIMIENTO	PROMEDIO GENERAL	CUMPLIMIENTO PROMEDIO GENERAL
0+865	0+765	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A	1,55	CUMPLE
0+765	0+665	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+665	0+565	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+565	0+465	N.A	1,6	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+465	0+365	N.A	1,7	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+365	0+265	N.A	1,0	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+265	0+165	N.A	1,9	Menor o igual a IRI 3,0	CUMPLE		
0+165	0+065	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		
0+065	0+000	N.A	-	SINGULARIDAD	N.A		

CONDICIÓN A CUMPLIR DE PROMEDIO GENERAL: Menor o Igual a 1,85m/km

(+) Incertidumbre del valor expresada al 95% de confianza.

- Para la estimación de las incertidumbres se utiliza el instructivo "Estimación de incertidumbre" (ITP-AL-01).

- La adecuación del tamaño de muestra para la realización de los ensayos se lleva a cabo mediante el instructivo "Muestreo de campo" (ITP-IT-19), "Muestreo de mezcla asfáltica" (ITP-IT-14), "Muestreo en campo de agregados" (ITP-IL-35), "Muestreo de mezclas de concreto" (ITP-IL-50), "Muestreo de materiales asfálticos por AASTHO" (ITP-IL-124) o "Práctica estándar para el muestreo de materiales asfálticos" (ITP-IL-122); según corresponda.

Notas:

1. Este informe de ensayo cumple los criterios establecidos por la norma INTE-ISO/IEC 17025, en su versión vigente, para la emisión de resultados de ensayo.
2. No se permite la reproducción parcial o total de este documento sin autorización de Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A.
3. Los datos expresados son únicamente referidos a la muestra o al (a los) objeto (s) de ensayo que se indica (n), salvo que se indique lo contrario.
4. La incertidumbre de los resultados se expresa con un k =2 (95% de confianza).
5. Este informe no es válido sin la firma de aprobación por parte de Ingeniería Técnica de Proyectos ITP, S.A. en las páginas que así lo requieran.
6. Si usted requiere mayor información de la aportada en este informe, sobre ubicación de las pruebas, resultados intermedios, o cualquier información particular, sírvase contactarnos al correo ingenieria@itp.cr
7. **ESTE DOCUMENTO INCLUYE INFORMACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS ACREDITADOS ANTE EL ENTE COSTARRICENSE DE ACREDITACIÓN, LOS CUALES SE RECONOCEN CON EL SÍMBOLO (*). ADICIONALMENTE SE INCLUYEN RESULTADOS DE ENSAYOS NO ACREDITADOS LOS CUALES SE RECONOCEN CON EL SÍMBOLO (**) SI APLICAN, VER ALCANCE Y VIGENCIA DE ACREDITACION EN WWW.ECA.OR.CR, BAJO LA IDENTIFICACIÓN LE-050.**

Elaborado por: **Aprobado por:**

Jose Luis Guzmán
Coordinador de U.E.I.

Ing. Ronald Sánchez
Coordinador de Operaciones

ÚLTIMA LÍNEA