



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

28 de octubre del 2020
LM-IC-D-0954-2020

Ing. Carlos Jiménez González
Gerente

Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial

Ing. Francini Chinchilla Torres.

Ingeniera de proyecto Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial

Estimado ingeniero:

De acuerdo con las potestades que le confiere la Ley N° 8114 y su modificación mediante la Ley N° 8603 al LanammeUCR para la fiscalización de proyectos viales, se procedió a elaborar el informe preliminar de auditoría técnica externa **LM-INF-IC-D-0010B-2020** titulado "Desempeño de la estructura de pavimento y seguridad vial del proyecto Construcción de Paso a desnivel en intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39"

Con el presente oficio, se adjunta el informe de manera preliminar, que se hace de su conocimiento para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante la ejecución de la auditoría, y que aporten más elementos al proceso. Dichos aportes serán valorados por el Equipo Auditor con el fin de mejorar el informe para su emisión final. Les solicitamos que el envío de documentación o comentarios se realice en los 15 días hábiles posteriores al recibido de este oficio.

Adicionalmente, como parte del proceso de auditoría técnica, le proponemos una reunión virtual para el próximo **viernes 6 de noviembre a las 9:00am** para la presentación del informe preliminar, el enlace de la reunión se les estará enviando oportunamente. Para confirmar dicha reunión por favor comunicarse al correo auditoriatecnica.lanamme@ucr.ac.cr.

De acuerdo con los procedimientos de auditoría, de no recibir comentarios de su parte se procederá a confeccionar el informe final para remitirlo a las instituciones que especifica la ley.

Sin otro particular, se despide atentamente,

WENDY
SEQUEIRA
ROJAS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
WENDY SEQUEIRA ROJAS
(FIRMA)
Fecha: 2020.10.28
10:19:10 -06'00'

Ing. Wendy Sequeira Rojas, M.Sc.
Coordinadora
Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR

Firmado digitalmente por
ALEJANDRO NAVAS CARRO (FIRMA)
Fecha: 2020.10.28 11:41:01 -06'00'

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



Ing. Mario Rodríguez, Director Ejecutivo de CONAVI
Lic. Reynaldo Vargas Soto, Auditoría Interna, CONAVI
Archivo UAT: SG/WS/MP/FF/FM/MC



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica LanammeUCR

Informe en versión preliminar LM-INF-IC-D-0010-B-2020

Informe de Auditoría Técnica **Desempeño de la estructura de pavimento y seguridad vial del** **proyecto Construcción de Paso a desnivel en intersección** **Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39**

Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000011-0DE00



Preparado por:
Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR

Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el
Capít. 7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto DE-
37016-MOPT

San José, Costa Rica

Octubre, 2020



De acuerdo con las potestades que le confiere la Ley N° 8114 y su modificación mediante la Ley N° 8603 al LanammeUCR para la fiscalización de proyectos viales, se procedió a elaborar el informe LM-INF-IC-D-0010-B-2020 en versión preliminar de auditoría técnica externa titulado: Desempeño de la estructura de pavimento y seguridad vial del proyecto Construcción de Paso a desnivel en intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39.

Este informe que se emite de manera preliminar, se hace de conocimiento de la Administración, para que sea analizado y de requerirse, se proceda a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante la ejecución de la auditoría, y que aporten más elementos al proceso. Dichos aportes serán valorados por el equipo auditor con el fin de mejorar el informe para su emisión final.



1. Informe en versión preliminar LM-INF-IC-D-0010-B-2020		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Desempeño de la estructura de pavimento y seguridad vial del proyecto Construcción de Paso a desnivel en intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39		4. Fecha del Informe Octubre 2020
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen El informe de auditoría técnica desarrolla un análisis de desempeño de la estructura de pavimento basado en ensayos de campo posterior a la ejecución de las obras haciendo énfasis a la capacidad funcional (regularidad superficial), estructural y de fricción superficial del proyecto. Además, se hace una recopilación de los principales hallazgos y observaciones realizados por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del LanammeUCR durante el periodo de la auditoría. Específicamente, en cuanto a la regularidad superficial del proyecto, se observó la aprobación de singularidades posteriormente a la identificación incumplimientos en los requerimientos establecidos en el cartel de licitación en relación con el parámetro de IRI. Se determinaron incumplimiento del valor máximo de media fija de IRI en los cuatro carriles del Eje1 del proyecto, así como la identificación del incumplimiento de dos valores individuales en dos de los cuatros carriles evaluados En relación con la condición de fricción superficial, el diagnóstico realizado evidenció una condición regular en 3 de los 4 carriles del tronco principal y un carril con una condición buena según los criterios informe de evaluación de la red que publica el LanammeUCR bianualmente. Por otra parte, en cuanto a la capacidad estructural del proyecto, se identificaron algunas de las secciones del proyecto con un riesgo potencial bajo de que la estructura de pavimento tenga una capacidad estructural menor a la requerida para satisfacer las cargas de tránsito a las que se va a ver sometida durante toda la vida útil establecida para el proyecto, especialmente en las rampas. En el caso de la estructura de pavimento del tronco principal se determinó una capacidad estructural buena en las capas superiores; sin embargo, algunos indicadores estructurales de las capas inferiores determinaron una condición regular. Finalmente, referente al tema de seguridad vial se mencionan aspectos relacionados con documentación técnica y proceso constructivo de los sistemas de contención vehicular, así como deterioros prematuros de la demarcación horizontal y captaluces.		
10. Palabras clave Auditoría Técnica, Desempeño, Regularidad Superficial, Fricción Superficial, Análisis Estructural, Seguridad Vial.	11. Nivel de seguridad: Confidencial	12. Núm. de páginas 78



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA EN VERSIÓN PRELIMINAR
Desempeño de la estructura de pavimento y seguridad vial del proyecto Construcción de
Paso a desnivel en intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39

Departamento encargado del proyecto:

CONAVI-Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial (POEIV).

Supervisora del proyecto: UNOPS

Laboratorio de verificación de calidad: CACISA.

Empresa contratista (fase construcción): Constructora MECO S.A.

Laboratorio de control de calidad: ITP. Ingeniería Técnica de Proyectos

Monto original del contrato: USD 17,625,113.37

Plazo original de ejecución: 12 meses

Proyecto: Construcción de un paso a desnivel en la Intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39 y 215.

Director General LanammeUCR:

Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:

Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Auditor Técnico Líder.

Ing. Mauricio Picado Muñoz, Auditor Técnico Adjunto.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	10
ALCANCE DEL INFORME	11
ANTECEDENTES	11
METODOLOGÍA.....	12
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	13
Marco teórico.....	14
Índice de Regularidad Internacional.....	14
Fricción.....	16
Deflectometría.....	17
RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	20
Sobre los parámetros de desempeño de la estructura de pavimentos	20
Hallazgo 1. Se evidenció la aprobación de singularidades posteriormente a la identificación incumplimientos en los requerimientos establecidos en el cartel de licitación en relación con el parámetro de IRI.	20
Hallazgo 2. Se evidenció incumplimiento del valor máximo de media fija de IRI en los cuatro carriles del Eje1 del proyecto, así como la identificación del incumplimiento de dos valores individuales en dos de los cuatro carriles evaluados.	25
Evaluación IRI carriles en el sentido Paso Ancho-San Pedro	29
Evaluación IRI carriles en el sentido San Pedro-Paso Ancho	33
Observación 1. Se evidenció una condición regular del parámetro de fricción superficial en 3 de los 4 carriles del tronco principal del proyecto Construcción de Paso a desnivel en intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39.	37
Evaluación GRIP carriles en el sentido Parque de la Paz-San Pedro	38
Evaluación GRIP carriles en el sentido San Pedro-Paso Ancho	41
Observación 2. Se identificaron algunas de las secciones del proyecto con un riesgo potencial de que la estructura de pavimento tenga una capacidad estructural menor a la requerida para satisfacer las cargas de tránsito a las que se va a ver sometida durante toda la vida útil establecida para el proyecto.....	43
Carriles del tronco principal.....	43
Carriles rampa San Pedro – Rotonda.....	50
Carriles ramal Rotonda – Paso Ancho.....	53
Carriles rampa Paso Ancho – Rotonda.....	55
Carriles rampa Rotonda – San Pedro	56



Sobre la seguridad vial del proyecto	60
Hallazgo 3. Se evidenció que la documentación técnica presentada por la ADMINISTRACIÓN, así como el proceso constructivo de los sistemas de contención vehicular no garantiza un adecuado desempeño de los mismos durante su operación	60
Hallazgo 4. Se evidenció la aparición de deterioros prematuros en la señalización horizontal del proyecto.	66
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. FUENTE: LANAMMEUCR	14
FIGURA 2. PERFIL LONGITUDINAL DE UNA CARRETERA. FUENTE: ADAPTADO DE SAYERS Y KARAMIHAS, 1998	15
FIGURA 3. PERFILES LONGITUDINALES CONSIDERADOS PARA EL CÁLCULO DEL MRI	15
FIGURA 4. VALORES MÍNIMOS DE FRICCIÓN DEL ENSAYO GRIP TESTER. FUENTE: LANAMMEUCR ,2020... ..	17
FIGURA 5. RANGOS DE GRIP NUMBER, UTILIZADOS PARA CLASIFICAR CONDICIÓN DE FRICCIÓN DE LAS RUTAS. FUENTE: LANAMMEUCR ,2020.	17
FIGURA 6. EVALUACIÓN IRI Y SINGULARIDADES PROPUESTAS POR EL CONTRATISTA INFORME No. ITP-PM-35720 EN CARRIL EXTERNO SENTIDO Y GRIEGA-SAN PEDRO. FUENTE: ITP ,2020.....	23
FIGURA 7. EVALUACIÓN IRI Y SINGULARIDADES PROPUESTAS POR EL CONTRATISTA INFORME No. ITP-PM-35720 EN CARRIL EXTERNO SENTIDO SAN PEDRO-Y GRIEGA. FUENTE: ITP ,2020.....	24
FIGURA 8. EVALUACIÓN VALORES INDIVIDUALES IRI CARRIL INTERNO, SENTIDO PASO ANCHO–SAN PEDRO, PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No, 39. FUENTE: LANAMMEUCR, 2020.....	29
FIGURA 9. EVALUACIÓN VALORES INDIVIDUALES IRI CARRIL EXTERNO, SENTIDO PASO ANCHO–SAN PEDRO, PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No, 39, FUENTE: LANAMMEUCR, 2020.....	31
FIGURA 10. ANÁLISIS ESPACIAL VALORES INDIVIDUALES DE IRI EN EL SENTIDO PASO ANCHO–SAN PEDRO, TRONCO INFERIOR DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No, 39. FUENTE LANAMMEUCR 2020.....	32
FIGURA 11. EVALUACIÓN VALORES INDIVIDUALES IRI CARRIL INTERNO, SENTIDO SAN PEDRO- PASO ANCHO, PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No, 39. FUENTE: LANAMMEUCR, 2020.....	33
FIGURA 12. EVALUACIÓN VALORES INDIVIDUALES IRI CARRIL EXTERNO, SENTIDO SAN PEDRO- PASO ANCHO, PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No, 39, FUENTE: LANAMMEUCR, 2020.....	35
FIGURA 13. ANÁLISIS ESPACIAL VALORES INDIVIDUALES DE IRI EN EL SENTIDO SAN PEDRO-PASO ANCHO, CARRIL EXTERNO E INTERNO DEL TRONCO INFERIOR DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No 39. FUENTE LANAMMEUCR 2020.	36
FIGURA 15. ANÁLISIS ESPACIAL VALORES INDIVIDUALES GRIP EN EL SENTIDO SAN PEDRO-PASO ANCHO, CARRIL EXTERNO DEL TRONCO INFERIOR DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN	



LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No 39. FUENTE LANAMMEUCR 2020.	39
FIGURA 15. ANÁLISIS ESPACIAL VALORES INDIVIDUALES GRIP EN EL SENTIDO SAN PEDRO-PASO ANCHO, CARRIL INTERNO DEL TRONCO INFERIOR DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No 39. FUENTE LANAMMEUCR 2020...	40
FIGURA 16. ANÁLISIS ESPACIAL VALORES INDIVIDUALES GRIP EN EL SENTIDO SAN PEDRO-PASO ANCHO, CARRIL INTERNO DEL TRONCO INFERIOR DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No 39. FUENTE LANAMMEUCR 2020. ..	41
FIGURA 17. ANÁLISIS ESPACIAL VALORES INDIVIDUALES GRIP EN EL SENTIDO SAN PEDRO-PASO ANCHO, CARRIL EXTERNO DEL TRONCO INFERIOR DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE UN PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No 39. FUENTE LANAMMEUCR 2020.	42
FIGURA 18. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL EXTERNO SENTIDO SAN PEDRO - PASO ANCHO. FUENTE: LANAMMEUCR,2020	44
FIGURA 19. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL INTERNO SENTIDO SAN PEDRO – PASO ANCHO. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.....	45
FIGURA 20. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL EXTERNO SENTIDO PASO ANCHO - SAN PEDRO. FUENTE: LANAMMEUCR,2020	46
FIGURA 21. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL INTERNO SENTIDO PASO ANCHO - SAN PEDRO. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.....	47
FIGURA 22. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR RoC EN LOS CARRILES DEL TRONCO PRINCIPAL. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	48
FIGURA 23. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR BLI EN LOS CARRILES DEL TRONCO PRINCIPAL. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	48
FIGURA 24. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR MLI EN LOS CARRILES DEL TRONCO PRINCIPAL. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	49
FIGURA 25. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR LLI EN LOS CARRILES DEL TRONCO PRINCIPAL. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	49
FIGURA 26. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR D ₀ EN LOS CARRILES DEL TRONCO PRINCIPAL. FUENTE: LANAMMEUCR,2020	50
FIGURA 27. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL INTERNO RAMPA SAN PEDRO – ROTONDA. FUENTE: LANAMMEUCR,2020	51
FIGURA 28. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL EXTERNO RAMPA SAN PEDRO – ROTONDA. FUENTE: LANAMMEUCR,2020	52
FIGURA 29. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL INTERNO RAMAL ROTONDA – PASO ANCHO. FUENTE: LANAMMEUCR,2020	53
FIGURA 30. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL EXTERNO RAMAL ROTONDA – PASO ANCHO. FUENTE: LANAMMEUCR,2020	54
FIGURA 31. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL INTERNO RAMPA PASO ANCHO – ROTONDA. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	55
FIGURA 32. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL EXTERNO RAMPA PASO ANCHO – ROTONDA. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	55
FIGURA 33. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL INTERNO RAMPA ROTONDA - SAN PEDRO FUENTE: LANAMMEUCR,2020.....	56
FIGURA 34. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL EXTERNO RAMPA ROTONDA - SAN PEDRO. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.....	57



FIGURA 35. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR RoC EN LOS CARRILES DE LAS RAMPAS EVALUADAS FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	58
FIGURA 36. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR BLI EN LOS CARRILES DE LAS RAMPAS EVALUADAS FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	58
FIGURA 37. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR MLI EN LOS CARRILES DE LAS RAMPAS EVALUADAS. FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	59
FIGURA 38. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR LLI EN LOS CARRILES DE LAS RAMPAS EVALUADAS FUENTE: LANAMMEUCR,2020.	59
FIGURA 39. MAPA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN EL INDICADOR D ₀ EN LOS CARRILES DE LAS RAMPAS EVALUADAS. FUENTE: LANAMMEUCR,2020	60
FIGURA 40. ANCHO DE TRABAJO SISTEMA DE CONTENCIÓN BARRERA RÍGIDAS. FUENTE: VALVERDE, 2011.	64
FIGURA 41. PLANO CONSTRUCTIVO BARRERA TIPO F. FUENTE: FHWA, 2011	65
FIGURA 42. BARRERA DE CONCRETO EN MEDIANA, PASO INFERIOR DEL PROYECTO INTERCAMBIO GARANTÍAS SOCIALES. FUENTE: LANAMMEUCR, 2020.....	66
FIGURA 43. CONDICIÓN DE DETERIORO, DESPRENDIMIENTO DE DEMARCACIÓN HORIZONTAL EN CRUCES PEATONALES EVIDENCIADO DURANTE LOS MESES DE JULIO Y AGOSTO 2020. FUENTE LANAMMEUCR,2020.	67
FIGURA 44. DETERIOROS EN LA DEMARCACIÓN HORIZONTAL DEL PROYECTO. FUENTE LANAMMEUCR,2020.	67
FIGURA 46. DEMARCACIÓN NUEVA SOBRE DEMARCACIÓN ANTIGUA, JUNIO 2020. FUENTE LANAMMEUCR,2020.	67
FIGURA 46. BORRADO DEFICIENTE DE LA DEMARCACIÓN AGOSTO 2020. FUENTE LANAMMEUCR,2020. ..	68
FIGURA 47. CONDICIÓN DE DETERIORO DE CAPTALUCES Y EPÓXICO EVIDENCIADO EN LAS VISITAS REALIZADAS DURANTE LOS MESES DE JUNIO Y AGOSTO 2020. FUENTE LANAMMEUCR,2020.....	68
FIGURA 48. DEMARCACIÓN NUEVA SOBRE DEMARCACIÓN ANTERIOR. FUENTE LANAMMEUCR,2020.	69
FIGURA 49. REPARACIÓN PINTURA PASO PEATONAL. FUENTE LANAMMEUCR,2020.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA ..	12
TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN LOS INDICADORES DE CONDICIÓN ESTRUCTURAL.	19
TABLA 3. ESPECIFICACIÓN IRI CUMPLIMIENTO DE PROMEDIO DE DIEZ VALORES DE IRI	25
TABLA 4. RESULTADOS IRI MEDIA FIJA POR PARTE DEL AUTOCONTROL CARRILES PASO ANCHO-SAN PEDRO	26
TABLA 5. RESULTADOS IRI MEDIA FIJA POR PARTE DEL AUTOCONTROL CARRILES SAN PEDRO- PASO ANCHO	27
TABLA 6. RESULTADOS IRI MEDIA FIJA POR PARTE DE LA SUPERVISIÓN CARRILES PASO ANCHO-SAN PEDRO	27
TABLA 7. RESULTADOS IRI MEDIA FIJA POR PARTE DE LA SUPERVISIÓN CARRILES SAN PEDRO- PASO ANCHO	28
TABLA 8. EVALUACIÓN IRI, CARRIL INTERNO, SENTIDO: PASO ANCHO- SAN PEDRO, TRONCO INFERIOR PROYECTO PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No.	39
	29



TABLA 9. EVALUACIÓN IRI, CARRIL EXTERNO, SENTIDO: PASO ANCHO– SAN PEDRO, TRONCO INFERIOR PROYECTO PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No 39	30
TABLA 10. EVALUACIÓN IRI, CARRIL INTERNO, SENTIDO: SAN PEDRO-PASO ANCHO, TRONCO INFERIOR PROYECTO PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No 39.	33
TABLA 11. EVALUACIÓN IRI, CARRIL EXTERNO, SENTIDO: SAN PEDRO-PASO ANCHO, TRONCO INFERIOR PROYECTO PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39.	34
TABLA 12. EVALUACIÓN GRIP, CARRIL EXTERNO, SENTIDO: PARQUE DE LA PAZ – SAN PEDRO, TRONCO INFERIOR PROYECTO PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39	38
TABLA 13. EVALUACIÓN GRIP, CARRIL INTERNO, SENTIDO: PARQUE DE LA PAZ – SAN PEDRO, TRONCO INFERIOR PROYECTO PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39	40
TABLA 14. EVALUACIÓN GRIP, CARRIL INTERNO, SENTIDO: SAN PEDRO- PARQUE DE LA PAZ, TRONCO INFERIOR PROYECTO PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39	41
TABLA 15. EVALUACIÓN GRIP, CARRIL EXTERNO, SENTIDO: SAN PEDRO- PARQUE DE LA PAZ, TRONCO INFERIOR PROYECTO PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39	42
TABLA 16. CONFIGURACIÓN DE GEÓFONOS PARA LA MEDICIÓN DEL CUENCO DE DEFLEXIONES	43
TABLA 17. RECOPIACIÓN DE OBSERVACIONES SOBRE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR DEL LANAMMEUCR Y LA UNIDAD EJECUTORA DEL PROYECTO	61



**INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA EN VERSIÓN PRELIMINAR.
DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y SEGURIDAD VIAL DEL PROYECTO
CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN INTERSECCIÓN GARANTÍAS SOCIALES, RUTA
NACIONAL NO. 39.**

INTRODUCCIÓN

La Auditoría Técnica externa a proyectos en ejecución para el sector vial, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, en cumplimiento del Plan Anual de Auditorías de la Unidad de Auditoría Técnica del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR).

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

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

OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

El propósito de las auditorías técnicas que realiza el LanammeUCR en cumplimiento de las tareas asignadas en la Ley de Simplificación y Eficiencia Tributaria”, Ley N° 8114, es el de emitir informes que permitan a las autoridades del país, indicadas en dicha ley, conocer la situación técnica, administrativa y financiera de los proyectos viales durante todas o cada una de las etapas de ejecución: planificación, diseño y especificaciones; cartel y proceso licitatorio; ejecución y finiquito. Asimismo, la finalidad de estas auditorías consiste en que la Administración, de manera oportuna tome decisiones correctivas y 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.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

- Evaluar la regularidad superficial de la estructura de pavimento de la estructura de pavimento del proyecto de “Construcción de un paso a desnivel en la intersección de las Garantías Sociales sobre la Ruta Nacional No.39” y su cumplimiento respecto a las especificaciones del cartel de licitación.
- Evaluar la condición estructural de la estructura de pavimento del proyecto de “Construcción de un paso a desnivel en la intersección de las Garantías Sociales sobre la Ruta Nacional No.39”.



- Evaluar la fricción superficial de la estructura de pavimento del proyecto de “Construcción de un paso a desnivel en la intersección de las Garantías Sociales sobre la Ruta Nacional No.39”.
- Evaluar los componentes de seguridad del proyecto “Construcción de un paso a desnivel en la intersección de las Garantías Sociales sobre la Ruta Nacional No.39”

ALCANCE DEL INFORME

El alcance del presente informe consiste en la ejecución y análisis de ensayos de campo no destructivos sobre la estructura de pavimentos del tronco principal del proyecto Construcción de un paso a desnivel en la intersección de las Garantías Sociales sobre la Ruta Nacional No.39, para determinar la condición estructural, de regularidad superficial y de fricción superficial final del proyecto una vez construido.

Además, se realizarán ensayos de deflectometría en marginales o rampas del proyecto con el fin de determinar el estado estructural de las mismas

Por último, se realiza recopilación de los principales hallazgos emitidos por los expertos técnicos de seguridad vial sobre el proyecto.

ANTECEDENTES

El proyecto auditado “Construcción de paso a desnivel en la intersección de las rutas nacionales N° 39 (Circunvalación) y N° 215 (Rotonda Zapote)” ,se encuentra a cargo de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). Esta Unidad Ejecutora tiene como objetivo desarrollar varios proyectos dentro del alcance del Contrato de Préstamo No. 2080 suscrito entre el CONAVI y el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).

El proyecto forma parte del alcance del Memorando de acuerdo (MDA) entre el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) y la Oficina de Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS), el cual comprende la construcción y supervisión de tres pasos a desnivel sobre la Ruta Nacional No. 39 (Carretera de Circunvalación) en la Rotonda de las Garantías Sociales, Facultad de derecho UCR, Rotonda de La Bandera e Intersección Guadalupe. todos a cargo de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial.

La gestión de este proyecto fue realizada por Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) como figura encargada del gerenciamiento integral del proyecto de estudios previos, diseño y construcción de los puentes incluyendo la administración, contratación, supervisión y control de calidad de los diseños y la construcción de las obras (puentes) a cambio de un pago de \$3.326.434, según se indica en el oficio DCA-2205 del 22 de agosto de 2014 de refrendo del Memorando de acuerdo.

Como parte de la auditoría técnica que el LanammeUCR realizada se emitió en el mes de julio 2020 el primer informe LM-AT-044-2019 del proyecto. El estudio trata sobre la evaluación de la calidad de los materiales, la observación de las prácticas constructivas y el diseño de pavimentos del proyecto durante el periodo de ejecución de la auditoria entre los meses de marzo 2019 a febrero de 2020, donde se evidencian algunas oportunidades de mejora de la Unidad Ejecutora en cuanto al



cumplimiento de especificaciones y la gestión de los contratos de Supervisión y construcción de la obra. Además, este informe permite identificar y asociar algunas debilidades del proceso constructivo que pudieron afectar los resultados del diagnóstico de desempeño realizado.

Adicionalmente, con los temas de fondo del presente informe se emitieron oficios y notas informes, los cuales se citan en la Tabla 1, en aras de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración. En estos oficios los temas tratados buscaban evidenciar situaciones relevantes identificadas por el Equipo Auditor y expertos técnicos durante la etapa de ejecución de la auditoría con el fin de informarlos oportunamente a la Unidad Ejecutora encargada del proyecto, previo a la emisión de este informe final.

Tabla 1. Resumen de oficios enviados a la Administración durante el proceso de Auditoría

Oficio o nota informe	Elaborado	Asunto	Observaciones
LM-IC-D-0387-2020	Indicar fecha	Evaluación IRI proyecto "Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de las Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39.	Respuestas: POE-09-2020-0344 29 de abril de 2020, POE-09-2020-0389 de fecha del 14 de mayo de 2020 POE-09-2020-0446 del 01 de junio de 2020
LM-IC-D-0427-19	18 de junio de 2019	Seguimiento en el tema de seguridad vial al "Proyecto de la intersección Garantías Sociales.	Respuesta: POE-09-2019-0519 05 de agosto de 2019
LM-IC-D-0756-19	13 de setiembre de 2019	Seguimiento en el tema de seguridad vial en sistemas de contención vehicular al "Proyecto de la intersección Garantías Sociales	Respuesta: POE-09-2019-0740 14 de octubre de 2019
LM-IC-D-0281-2020	23 de marzo de 2020	Seguimiento en el tema de seguridad vial al proyecto de la intersección Garantías Sociales.	Respuesta: POE-09-2020-0285 06 de abril de 2020
LM-IC-D-0401-2020	19 de mayo de 2020	Seguimiento en el tema de seguridad vial al proyecto de la intersección Garantías Sociales	Respuesta: POE-09-2020-0452 04 de junio de 2020
LM-IC-D-0527- 2020	29 de junio del 2020	Seguimiento en el tema de seguridad vial al proyecto de la intersección Garantías Sociales	Respuesta: POE-09-2020- 053714 de julio de 2020
LM-IC-D-0888-2020	05 de octubre del 2020	Seguimiento en el tema de seguridad vial al proyecto de la intersección Garantías Sociales	-

METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del proyecto. Este informe se efectuó siguiendo los procedimientos de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, mediante la solicitud y revisión de la documentación del



proyecto, visitas a los frentes de trabajo durante el proceso constructivo y la ejecución de ensayos de campo.

El inicio de la ejecución de la auditoría se comunicó a la Unidad Ejecutora por medio del oficio LM-AT-39-19 del 21 de febrero de 2019 (recibido el 22 de febrero), donde se convocó a las partes a una reunión el 04 de marzo de 2019 donde se expuso el alcance, los criterios de evaluación del estudio y se solicitó acceso a la información del proyecto durante la fase constructiva.

Los criterios utilizados en la ejecución del estudio corresponden con la normativa técnica especificada en los documentos siguientes:

- Invitación a licitar para la Construcción de la Obra “Intersección Garantías Sociales y Colector hacia el Río María Aguilar, San José (Costa Rica)” – IAL Número: ITB-CRPC-96800-2016-003 de fecha 12-09-2016.
- El contrato y la oferta y sus respectivos documentos.
- Los planos constructivos y otros documentos del proyecto
- Memorando de acuerdo (MDA) entre el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) y la Oficina de Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) y sus adendas.
- Refrendo DCA-0717 del 15 de marzo de 2016 al Memorando de Acuerdo (MDA), y sus respectivas adendas.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010) y su actualización.
- Informes de Auditoría Técnica, Investigación y otras comunicaciones y documentos generados al sector por parte del LanammeUCR en cumplimiento de la Ley No. 8114 y sus reformas.
- Buenas prácticas de la ingeniería de carreteras.

Los elementos o aspectos relevantes evidenciados durante la ejecución del estudio y considerados por la auditoría como de comunicación inmediata para atención pronta dado su impacto en la calidad del proyecto, fueron comunicados a la Administración por escrito de forma oportuna previamente a la emisión de este informe.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “Construcción de paso a desnivel en la intersección de las rutas nacionales N° 39 (Circunvalación) y N° 215 (Rotonda Zapote)” se encuentra señalado como una de las metas del Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, apartado 5.12 Transporte e Infraestructura y fue declarado de interés público por medio del Decreto No. 40954-MINAE-MOPT publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 62 del 10 de abril de 2018.

El objetivo primordial del proyecto es mejorar las condiciones viales, de seguridad y comodidad de los usuarios de la Ruta de Circunvalación (Ruta No. 39) mediante la construcción de un paso deprimido en la Rotonda de las Garantías Sociales en Zapote.

El proyecto se localiza en la provincia de San José, distrito Zapote en la intersección de las Rutas Nacionales No. 39 y 215. El río María Aguilar curza bajo la Ruta Nacional No. 39 a aproximadamente 1 km al suroeste.



Según los documentos de proyecto, los objetivos específicos del proyecto son:

- Construir un paso deprimido en la intersección tipo rotonda de Garantías Sociales.
- Eliminar los tiempos de espera en los accesos San Pedro – I Griega y viceversa.
- Mejorar la demarcación horizontal y vertical en la Rotonda de las Garantías Sociales.
- Demarcar tanto horizontal como vertical el paso deprimido sobre la rotonda de la Garantías Sociales.
- Mejorar el componente paisajístico en la Rotonda de las Garantías Sociales.
- Disminuir la producción del CO₂ mediante el desvío del tránsito con mejores velocidades en el paso deprimido.
- Entre otros elementos del proyecto destaca la construcción del colector hacia el Río María Aguilar.

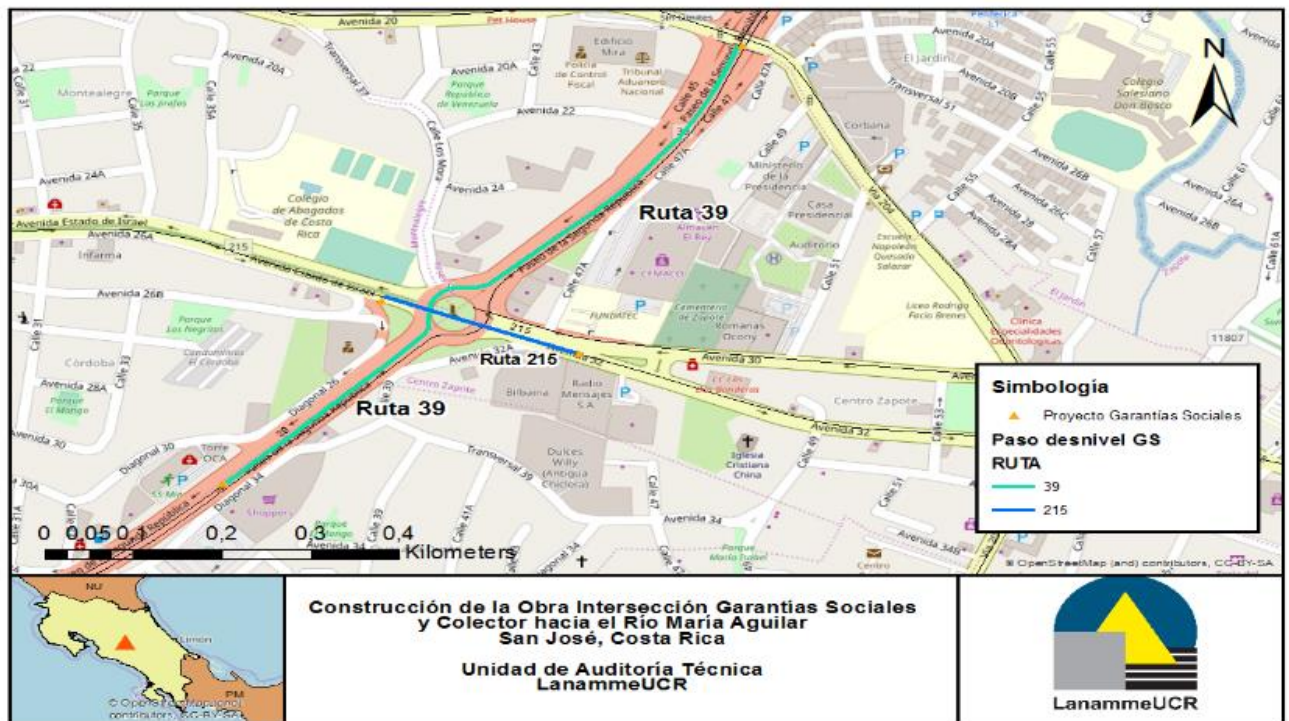


Figura 1. Localización del proyecto. Fuente: LanammeUCR

MARCO TEÓRICO

ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL

La regularidad superficial, de acuerdo con la norma ASTM 867-06 “*Standard Terminology Relating to Vehicle – Pavement Systems*”, corresponde a la desviación de una determinada superficie (carretera) respecto a una superficie plana teórica. Dichas desviaciones afectan tres aspectos principales: el confort de usuario, la seguridad vial y los costos de mantenimiento, tanto de los usuarios hacia sus vehículos, como de la Administración hacia las carreteras.

Este parámetro, por su importancia, ha tratado de ser cuantificado a lo largo del desarrollo de la ingeniería de pavimentos mediante diversos índices que en sus inicios consistieron en medidas subjetivas que relacionaban el confort del usuario al transitar por una carretera con la regularidad superficial de la misma.

El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros estándar, producto de la simulación del modelo de cuarto de coche para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h (Sayers, Gillespie y Paterson, 1986). Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 m/km a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20 m/km.

Perfil longitudinal de la superficie de camino: Corte en dos dimensiones de la superficie de la carretera (ver Figura 2). Se pueden tomar muchos perfiles de una carretera a lo largo de diferentes líneas imaginarias. Sin embargo, para el cálculo del IRI interesa el perfil longitudinal ubicado bajo las huellas de las llantas de los vehículos, pues estos perfiles representan las franjas sobre las cuales se da el tránsito vehicular.

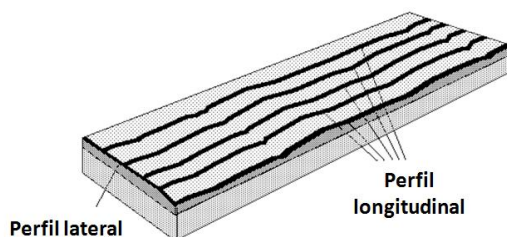


Figura 2. Perfil longitudinal de una carretera. Fuente: Adaptado de Sayers y Karamihas, 1998

Como el IRI se define como una propiedad del perfil longitudinal, si se quisiera establecer un valor de regularidad en el carril de una carretera habría que definir cuántos perfiles tomar en dicho carril. Usualmente, para determinar la regularidad de un carril, se toman los perfiles en ambas huellas de las llantas de un vehículo y se calcula el IRI promedio de las huellas izquierda y derecha de un vehículo (ver Figura 3), este parámetro se conoce como *Mean Roughness Index* (MRI).

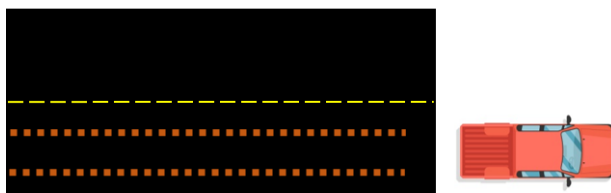


Figura 3. Perfiles longitudinales considerados para el cálculo del MRI

Por otra parte, aunque casi siempre se habla del valor de IRI de una carretera, para ser precisos se debe especificar a cada cuánto se determina dicho valor, ya que intervalos de longitud mayores ocultan niveles altos de regularidad superficial en los pavimentos. De este modo, la base de cálculo del IRI debe ser consistente con el tipo de análisis que se esté realizando, por ejemplo: si se está priorizando rutas para su posterior intervención (análisis a nivel de red) se suele utilizar una base de medición a cada 200 m. Por el contrario, si se desea evaluar un proyecto (control de calidad y



aceptación) conviene utilizar bases de cálculo con intervalos menores –a cada 10 m, 50 m o 100 m– según la importancia del proyecto.

Otro aspecto que debe tomarse en cuenta en el cálculo del IRI de una carretera, especialmente cuando se realizan mediciones de perfil para el control de calidad o aceptación de un proyecto, son las singularidades. Las singularidades son alternaciones al perfil longitudinal del camino que no provienen de fallas constructivas, por ejemplo: puentes, tapas de alcantarillas, cruces ferroviarios entre otros elementos que afectan al cálculo del IRI. Dichas singularidades deben ser identificadas, ya que al no atribuirse a fallas constructivas no se le pueden atribuir al contratista para efectos de control de calidad u aceptación de una obra vial

FRICCIÓN

El elemento de fricción de una carretera se define como el nivel de agarre o rozamiento que experimenta la llanta del vehículo con la carretera, esto quiere decir que, a mayor nivel de rozamiento, mayor es la fuerza que trata de oponerse al deslizamiento del vehículo en la superficie de rodamiento. Lo anterior, constituye a la fricción como un elemento de relevancia en el nivel seguridad vial que ofrecerá una carretera, así, por ejemplo, diversos estudios a nivel internacional relacionan bajos niveles de rozamiento de un tramo con índices elevados de ocurrencia de accidentes.

Desde la perspectiva de la Ingeniería de Seguridad Vial, el nivel de fricción que ofrece la carretera está relacionado con el desempeño del vehículo durante su recorrido por el trazado. Específicamente, el efecto del nivel de fricción se acentúa en las secciones de curva y durante el frenado. Esta situación se hace más crítica bajo condiciones de lluvia o cuando la carretera está húmeda, debido a que el agua en la superficie de la carretera actúa como un lubricante entre la llanta y el pavimento, afectando la estabilidad del vehículo en curvas, aumentando la distancia mínima de frenado y consecuentemente dificulta, para el conductor, el control del vehículo.

Es importante mencionar que la fricción es un parámetro estacional, es decir su condición se ve afectada por las estaciones secas y lluviosas del país; sin embargo, el objetivo de la evaluación es brindar una fotografía de la condición final del proyecto en el momento de la puesta en servicio del mismo, de manera que se tenga una noción de la condición inicial del proyecto para dar monitoreo durante su vida útil.

Existen diversos ensayos para medir el parámetro de fricción, uno de los ensayos usualmente utilizados en Costa Rica para medir la fricción superficial del pavimento es el ensayo del Grip Tester. El ensayo de GRIP Tester con base en la norma de ensayo BS: 7941-2, establece un nivel de fricción mínimo aceptado dependiendo de la geometría y tipo de sección de la ruta. En la Figura 4 correspondiente a la Tabla 1 del informe I-0289-2020 se muestran los niveles de alerta del coeficiente de fricción establecidos para cada sección de la ruta.



Tabla N°1. Descripción de niveles de alerta del coeficiente de fricción*

Nombre	Dirección	Distancia (m)	Nivel	Valor mínimo
Autopista	Permanente	0	A (50)	0.48
Doble calzada	Permanente	0	B (50)	0.48
Calzada única	Permanente	0	C (50)	0.54
Intersección 2 calzada	Hacia atrás	50	D (50)	0.54
Intersección 1 calzada	Hacia atrás	50	E (50)	0.60
Intersecciones principales	Hacia atrás	100	F (50)	0.60
Pendientes 5 a 10 %	Permanente	0	G1 (50)	0.60
Pendientes > 10 %	Permanente	0	G2 (50)	0.66
Curvas < 250 m	Permanente	0	H1 (50)	0.60
Puente	-	-	No aplica	-

* Nota: Niveles definidos según el fabricante.

Figura 4. Valores mínimos de fricción del ensayo Grip Tester. Fuente: LanammeUCR ,2020.

Según la Figura 1, para las condiciones del proyecto del paso a desnivel de Garantías Sociales se establece un valor de Grip Number mínimo de 0,48, al ser una ruta de doble calzada y al ser clasificada como autopista.

La evaluación de los resultados del ensayo de GRIP Tester para el proyecto del paso a desnivel de Garantías Sociales fue categorizado según la clasificación establecida en el informe de evaluación de la red vial nacional que publica el LanammeUCR bianualmente. Se detalla en la Figura 5 las categorías y rangos de fricción contemplados para la evaluación.

GN	Condición	Nivel			Tipo de Pavimento característico
		Deslizamiento	Probabilidad de accidentes	Riesgo medio de accidentabilidad*	
< 0,50	Malo	Muy deslizante	Muy alta probabilidad	mayor a 20	Pavimento flexible compuesto de agregado pulimentable ej.: calizo
0,50 – 0,60	Regular	Deslizante	Alta probabilidad	16 a 20	Pavimento flexible con alto grado de exudación y pérdida de textura
0,60 – 0,78	Bueno	Poco deslizante	Moderada probabilidad	10 a 16	Pavimento rígido y flexible con buena textura
> 0,78	Muy Bueno	No deslizante	Poca probabilidad	menor a 10	Pavimento nuevo o sobrecapas

* Número de accidentes por cada millón de vehículos / kilómetro, en función del coeficiente de fricción, obtenidos en Gran Bretaña, según memorias del 5to Simposio de Características Superficiales de Pavimentos, Toronto, Canadá, 2004. Tabla modificada LanammeUCR 2017.

Figura 5. Rangos de GRIP Number, utilizados para clasificar condición de fricción de las rutas. Fuente: LanammeUCR ,2020.

DEFLECTOMETRÍA

Para analizar la capacidad estructural de los pavimentos de los pavimentos construidos se realiza un análisis de las deflexiones a partir de ensayos no destructivo, específicamente mediante una prueba de deflectometría de impacto.

Este ensayo consiste en aplicar un golpe a la superficie del pavimento y medir las deflexiones instantáneas en diferentes puntos. El equipo utilizado en el LanammeUCR, para realizar el ensayo de deflectometría es conocido como FWD por sus siglas en inglés (Falling Weight Deflectometer) o simplemente deflectómetro de impacto



A partir de las deflexiones medidas se pueden establecer indicadores de la condición estructural de cada una de las capas que conforman la estructura de pavimento construida. La evaluación de los indicadores considerada en este informe contempla la metodología clasificación de condición estructural propuesta por Horak en 2008 basada en los indicadores d_0 , RoC, BLI, MLI y LLI.

Se detallan a continuación cada uno de los indicadores anteriormente indicados

➤ Radio de curvatura (RoC)

El radio de curvatura es un indicador que correlaciona la longitud del radio de la superficie deformada producto de la carga de las llantas con el aporte estructural de las capas superiores e intermedias de la estructura de pavimento; generalmente: carpeta asfáltica, base y subbase. La Ecuación 1 presenta la expresión para el cálculo del radio de curvatura:

$$RoC = \frac{(L)^2}{2d_0 \left(1 - \frac{d_L}{d_0}\right)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde,

RoC = radio de curvatura [m]

L = Distancia desde el centro de aplicación de la carga (200 mm para el FWD)

d_0 = Deflexión medida en el centro de aplicación de la carga [mm]

d_L = Deflexión medida a la distancia L desde el centro de aplicación de la carga [mm]

➤ Indicador de capas superiores (BLI)

El indicador BLI caracteriza la capacidad estructural de la parte superior de la estructura de pavimento (Horak, 1987), contenida entre los 0 mm y 300 mm del cuenco de deflexiones, medidos desde el punto de aplicación de la carga. Es un buen indicador de la rigidez de los 300 mm superiores del pavimento, donde generalmente se ubican la carpeta asfáltica y la base (Horak, 2008). La Ecuación 2 describe el cálculo de este parámetro:

$$BLI = d_0 - d_2 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde,

BLI = Indicador de capas superiores [mm]

d_0 = Deflexión medida en el centro de aplicación de la carga [mm]

d_2 = Deflexión medida a 300 mm desde el centro de aplicación de la carga [mm]

➤ Indicador de capas intermedias (MLI)

El indicador MLI caracteriza la rigidez de la parte media o de inflexión de la estructura de pavimento (Horak, 2008), contenida entre los 300 mm y 600 mm del cuenco de deflexiones, medidos desde el punto de aplicación de la carga. Es un buen indicador de la rigidez de las capas comprendidas entre los 30 cm y 60 cm de profundidad de la estructura de pavimento, donde generalmente se ubican las capas de base y subbase (Horak, 2008). En la Ecuación 3, se presenta la expresión para el cálculo de este parámetro:

$$MLI = d_2 - d_4 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde,



MLI = Indicador de capas intermedias [μm]

d_2 = Deflexión medida a 300 mm desde el centro de aplicación de la carga [μm]

d_4 = Deflexión medida a 600 mm desde el centro de aplicación de la carga [μm]

➤ Indicador de capas inferiores (LLI)

El indicador LLI caracteriza la capacidad estructural de la parte inferior de la estructura de pavimento (Horak, 1987), contenida entre los 600 mm y 900 mm del cuenco de deflexiones, medidos desde el punto de aplicación de la carga. Es un buen indicador de la capacidad estructural de las capas ubicadas desde los 60 cm hasta los 2 m de profundidad, donde usualmente se encuentra la subrasante (Horak, 2008). La Ecuación 4 describe el cálculo de este indicador:

$$LLI = d_4 - d_5 \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde,

LLI = Indicador de capas inferiores [μm]

d_4 = Deflexión medida a la distancia 600 mm desde el centro de aplicación de la carga [μm]

d_5 = Deflexión medida a la distancia 900 mm desde el centro de aplicación de la carga [μm]

➤ Máxima deflexión (d_0)

La deflexión máxima corresponde a la deflexión medida debajo del centro de aplicación de la carga. Tradicionalmente, este indicador se ha utilizado para el análisis de la totalidad de la estructura de pavimento, debido a que refleja el aporte estructural de todas las capas de la estructura de pavimento; sin embargo, entre el 60% y el 80% de la deflexión máxima medida es producto de la deflexión de la subrasante (Ullidtz, 1987); por lo tanto, una deflexión máxima alta suele estar asociada con una subrasante débil (Saleh, 2015).

A pesar de que la deflexión máxima representa la rigidez total del pavimento, este indicador se vuelve ineficiente para la evaluación de la condición estructural de las capas intermedias de la estructura de pavimento.

A partir de los indicadores mencionados anteriormente, Horak (2008) propuso una clasificación de la condición estructural para diversos tipos de pavimento. En el **Tabla 2** se muestra la clasificación estructural propuesta por Horak según los indicadores del cuenco de deflexiones.

Tabla 2. Clasificación de la condición estructural según los indicadores de condición estructural.

Tipo de pavimento	Condición estructural	Indicadores de condición estructural				
		d_0 (μm)	RoC (m)	BLI (μm)	MLI (μm)	LLI (μm)
Base granular	Buena	<500	>100	<200	<100	<50
	Regular	500-750	50-100	200-400	100-200	50-100
	Severa	>750	<50	>400	>200	>100
Base estabilizada con cemento	Buena	<200	>150	<100	<50	<40
	Regular	200-400	80-150	100-300	50-100	40-80
	Severa	>400	<80	>300	>100	>80
Base bituminosa	Buena	<400	>250	<200	<100	<50
	Regular	400-600	100-250	200-400	100-150	50-80
	Severa	>600	<100	>400	>150	>80

Fuente: Horak, 2008



RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Los hallazgos y observaciones declarados por el equipo auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las muestras extraídas y la recolección y análisis de evidencias.

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

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

Las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas por parte de la Administración, planteando acciones correctivas y preventivas, que mitiguen el riesgo potencial de incumplimiento en proyectos futuros, como parte de un proceso integral de mejora continua.

SOBRE LOS PARAMETROS DE DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS

HALLAZGO 1. SE EVIDENCIÓ LA APROBACIÓN DE SINGULARIDADES POSTERIORMENTE A LA IDENTIFICACIÓN INCUMPLIMIENTOS EN LOS REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS EN EL CARTEL DE LICITACIÓN EN RELACIÓN CON EL PARÁMETRO DE IRI.

Como parte de la fiscalización técnica profesional que le compete al LanammeUCR, el Equipo Auditor solicitó a la ingeniería de proyecto mediante un correo electrónico el día 23 de marzo de 2020, la información de las evaluaciones del parámetro de IRI realizadas por el Autocontrol y la Supervisión del proyecto, así como las singularidades propuestas por la empresa contratista y la respectiva aprobación por la ingeniería de proyecto y la supervisión, tal como lo indica el cartel de licitación. La información se solicitó con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos cartelarios y comparar estos resultados de la evaluación realizada por el LanammeUCR.

Cabe mencionar que en las visitas realizadas por el Equipo Auditor y coordinadas con la presencia Unidad Ejecutora y la Supervisión, el 19 de febrero del 2020 y 12 de marzo de 2020, el Equipo Auditor transmitió la necesidad de que las singularidades en el tema de IRI fueran definidas de previo y en caso de presentarse algún tipo de evento que afectara el proceso constructivo este fuera debidamente registrado por la Supervisión para validar si éste incidió o no en el tema de la regularidad superficial de la capa asfáltica.

Posteriormente, la ingeniería de proyecto mediante el oficio POE-09-2020-0344 emitido el día 29 de abril de 2020, facilitó la información de la evaluación realizada por el laboratorio de autocontrol del Contratista y a través del oficio POE-09-2020-0389 de fecha del 14 de mayo de 2020, envió la



información de la evaluación del parámetro de regularidad superficial por parte de la supervisión del proyecto, donde se señala que hay un tramo del proyecto en el que el IRI no cumple con las especificaciones cartelarias y que se están analizando las acciones que se tomarán para solventar esta situación.

La revisión del contenido de los informes de las evaluaciones realizadas por el autocontrol y la supervisión del proyecto en los oficios POE-09-2020-0344 y POE-09-2020-0389, permitió identificar que las evaluaciones se limitaron a un tramo parcial comprendido en el Eje 1 entre los estacionamientos 0+150 y 0+600 y no así a la totalidad del proyecto que superaba los 800m de longitud. Esta condición en la que no se realizó la evaluación en la totalidad del proyecto, constituye un incumplimiento cartelario tal como lo indica la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente:

“En el momento en que se dé la finalización oficial de la obra el Ingeniero de Proyecto ordenará la medición final de la regularidad en la totalidad de la obra como procedimiento de aceptación definitiva”.

Además, la falta de evaluación de los tramos identificados no permite asegurar la calidad del trabajo aceptado en los estacionamientos no evaluados.

Ante la situación evidenciada, el Equipo Auditor recomendó a la ingeniería de proyecto completar el análisis realizado mediante el oficio LM-IC-D-0387-2020 del 14 de mayo de 2020, ya que se estaba incurriendo en un incumplimiento cartelario. Además, en el oficio se detalla que se evidenció el incumplimiento de la media fija de los valores individuales de IRI en el acabado de la estructura de pavimento de los cuatro carriles del proyecto y además se identificaron tramos que incumplieron el valor individual de 3,0 m/km.

La ingeniería de proyecto ante los señalamientos del oficio LM-IC-D-0387-2020 atendió la recomendación realizada y solicitó la realización de los ensayos de regularidad superficial a lo largo de toda la extensión del proyecto mediante el oficio POE-09-2020-0446 del 01 de junio de 2020. Se debe señalar que en dicho oficio UNOPS en la nota **96800/200601/ER/129** justificó que el proyecto se encontraba aún sin entrar en la puesta en servicio en el momento de la medición, lo cual dificultaba la medición del margen inicial y final del proyecto. Sin embargo, esta justificación no fue de recibo ya que la disposición del cartel de licitación es clara y el análisis debía ser completado en algún momento.

Sobre el tema de singularidades del proyecto el oficio POE-09-2020-0344 indica que el contratista no considera singularidades en el pavimento del paso deprimido, entre los estacionamientos 0+150 a 0+600, longitud en la cual se realizó la prueba. Nuevamente la observación realizada por la Unidad de Ejecutora no es de recibo, ya que, si se hubiera tenido claro el alcance de las especificaciones del cartel de licitación, se hubiera solicitado desde el inicio las singularidades del proyecto según lo estipulado en el documento cartelario y no solo las del tramo evaluado. Adicionalmente, se debe indicar que, en el oficio del 01 de junio, donde ya se señala que se va realizar una nueva evaluación, tampoco se adjuntaron las singularidades. Como es posible evidenciar a partir de la trazabilidad de los documentos, a la fecha del 01 de junio de 2020 no se había presentado el registro de singularidades del proyecto, habiendo transcurrido más de dos meses y medio desde su solicitud vía correo electrónico y ya con el proyecto en su puesta en servicio.



El 01 de junio de 2020 los laboratorios de Autocontrol y el de la Supervisión, realizan el ensayo del IRI y es hasta el mes de julio que ambos laboratorios entregan a UNOPS la información, el 08 de julio el Autocontrol y el 22 de Julio la Supervisión. A diferencia de los ensayos presentados en la primera evaluación en los cuales la prueba se realizó el 26 de marzo de 2020 y fueron remitidos a UNOPS el 30 de marzo por el Autocontrol y el 04 de abril la Supervisión. Llama la atención del Equipo Auditor el tiempo transcurrido de remisión de ambos informes a UNOPS y por ende a la Unidad Ejecutora.

La Unidad Ejecutora remite resultados de los informes de IRI del Autocontrol y la Supervisión al LanammeUCR mediante el oficio POE-09-2020-0574 del 30 de julio de 2020. En dicho oficio la ingeniería de proyecto señala textualmente que:

*De la información proporcionada según informes indicados anteriormente, **luego de evaluar el proyecto aplicando las singularidades dispuestas por el Contratista (nota DTP-GS-482-2020) y revisadas por UNOPS y por CACISA se concluye que se cumple con lo especificado en el Pliego de Especificaciones Técnicas del proyecto:***

“(...) los cuatro carriles analizados en los ensayos, cumplen la especificación indicada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, de un valor máximo de media fija de 1.85m/km. Así mismo, se puede identificar que los valores individuales de IRI entre cada línea de estacionamiento, no sobrepasan el límite máximo establecido en el Pliego de 3.0 m/km, para la aceptación del tramo.”

Según lo indicado, la Unidad Ejecutora da la aprobación de los resultados de IRI a partir de la nueva evaluación, con la consideración de singularidades aprobadas por la Supervisión y UNOPS; sin embargo, la ingeniería de proyecto no emite criterio respecto a ellas. Tal como lo establece el cartel de licitación, en la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente del pliego de prescripciones técnicas del Tomo 4 del cartel de licitación

No habrá exigencia de cumplir con el Control de Regularidad IRI en las bermas ni en otras singularidades, entendiéndose como tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal del camino que no provengan de fallas constructivas y que incrementen el valor del IRI en el tramo en que se encuentren. Se considerarán como singularidades los cuellos de empalme, accesos, puentes, badenes, cámaras u otros, autorizadas por el Ingeniero de Proyecto.

Como se observa anteriormente las singularidades están tipificadas en el cartel de licitación y las que no deben ser aprobadas por la Ingeniería de Proyecto. En la documentación aportados por la Unidad Ejecutora en ningún lugar se evidencia que dichas singularidades fueran aprobadas por la ingeniería de proyecto. Adicionalmente, llama la atención que la Unidad Ejecutora apruebe los resultados de la nueva evaluación sabiendo de previo tal como lo señaló en el oficio POE-09-2020-0389 de fecha del 14 de mayo de 2020, donde se indicó incumplimiento de IRI en un tramo del proyecto.

Por su parte, UNOPS en los oficios 96800/200723/ER/188 del 23 de julio de 2020 y 96800/200729/ER/195 del 29 de julio de 2020, señala que el proyecto se evalúa aplicando las singularidades dispuestas por la empresa Contratista las cuales se detallan el oficio DTP-GS-482-2020 y donde se recomienda al LanammeUCR que se debe realizar la evaluación contemplando dichas singularidades. Llama la atención del Equipo Auditor que estas aseveraciones las realiza



UNOPS sin presentar un registro formal propio o de la Supervisión del proyecto donde se haga constar en bitácoras de inspección que hubo afectaciones al proceso constructivo por eventos no planificados que incidieron en la regularidad superficial del proyecto; en su lugar UNOPS asume como propias los señalamientos dispuestos por el contratista, donde precisamente se presentaron valores elevados de IRI que generan que se incumplan con los valores promedios de IRI requeridos en el cartel de licitación. Justamente la revisión de los datos de IRI de los informes suministrados tanto por el Autocontrol como por la Supervisión en los tramos no evaluados en la primera medición permitieron reafirmar los señalamientos sobre el incumplimiento en el IRI promedio requerido en los cuatro carriles indicado en la LM-IC-D-0387-2020.

Por otro lado, el oficio DTP-GS-482-2020 describe en **palabras propias** del contratista las justificaciones para considerar singularidades en la totalidad de la estructura de pavimento construida entre los estacionamientos 0 +000 a 0+165 y 0+565 a 0+864. El contratista aduce primeramente una variación en el tipo de estructura de pavimentos que se iba construir por una disposición de UNOPS y después señala afectaciones al proceso constructivo a lo largo de los estacionamientos señalados por no tener un avance lineal y completo de la sección, debido a constantes desvíos de tránsito, ausencia de rutas alternas, espacio reducido, colocación de drenajes después de haber colocado la base estabilizada. Todas estas variables fueron expuestas en el oficio sin un registro fotográfico por estacionamientos donde se presentaron esas eventualidades, así como un análisis estadístico del IRI que demuestre que efectivamente hubo una variación en el perfil longitudinal producto de los eventos propuestos.

Otro aspecto que llama la atención del Equipo Auditor sobre las singularidades propuestas es que se presentan en las secciones con los mayores valores de IRI de la evaluación. Así por ejemplo, en los carriles Paso Ancho –San Pedro se consideró un tramo de 65 m en la sección final como parte del análisis, al tener valores menores a 1,85 m/km tal como se observa en la Figura 6. Por el contrario, en los carriles en el sentido San Pedro – Paso Ancho dichas secciones fueron propuestas como singularidad al tener valores superiores a 2,0 m/km, tal como se observa en la Figura 7.

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

Figura 6. Evaluación IRI y singularidades propuestas por el contratista Informe No. ITP-PM-35720 en carril externo sentido Y Griega-San Pedro. Fuente: ITP ,2020.



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

Figura 7. Evaluación IRI y singularidades propuestas por el contratista Informe No. ITP-PM-35720 en carril externo sentido San Pedro-Y Griega. Fuente: ITP, 2020.

Por lo tanto, es criterio del Equipo Auditor que las justificaciones del contratista si bien pudieron afectar o no el proceso constructivo, no pueden ser consideradas como singularidades ya que no existe evidencia para afirmar que las alteraciones del perfil longitudinal no corresponden a fallas constructivas. Es importante mencionar que las justificaciones planteadas por el contratista, representan una oportunidad de mejora en la planificación y programación de obra.

A pesar de lo anterior UNOPS y la Supervisión aprobaron dichas singularidades en todos los tramos únicamente con base en la justificación expuestas por el contratista, sin contrastar dichas observaciones con registros propios del proceso de inspección en sitio. Lo anterior refleja que no existió un registro formal de las eventualidades del proceso constructivo que pudieron influir en los resultados de la condición superficial, esto a pesar de que se sabía que el parámetro de IRI iba ser medido en la estructura de pavimento del Eje 1 y es un requisito cartelario. Esto se ejemplifica en los informes mensuales emitidos por la Supervisión durante la ejecución de la construcción de la estructura de pavimentos. En los informes mensuales, la Supervisión no detalla ninguna de las eventualidades indicadas por el contratista como aspectos que influyeron en el proceso constructivo. En el contenido de los informes no se indican estacionamientos con la descripción de alcantarillas superficiales, tampoco se hace referencia a juntas constructivas productos de espacios reducidos o del mismo proceso constructivo para verificar si incidieron o no en calidad superficial del pavimento.

La ausencia de este registro formal, que fue señalado como necesario por el Equipo Auditor a la ingeniería de proyecto y supervisión en las visitas al proyecto anteriormente señalado, hace que se reste veracidad a la aprobación de las singularidades presentadas por el contratista en especial, cuando éstas son aprobadas en el momento que se identifican incumplimientos. Por lo tanto, se reitera el criterio auditor que las singularidades planteadas por la empresa contratista no son de recibo, ya que las singularidades tipificadas no fueron registradas de previo y las eventualidades del proceso constructivo no fueron debidamente registradas ni analizadas para determinar si influyeron en el perfil longitudinal del proyecto.

Además, se señala que la ingeniería de proyecto no emitió un criterio de las singularidades descargando la responsabilidad en UNOPS y la Supervisión a pesar de que constituye una de sus responsabilidades según el cartel de licitación. Por otra parte, UNOPS tuvo la oportunidad de realizar un análisis detallado para sugerir a la ingeniería de proyecto si aprobaba o no las singularidades con



base en registros de inspección, sin embargo, según la documentación presentada no hay evidencia que lo realizará y únicamente se limitó a transferir las peticiones del contratista conociendo que existían valores que IRI que afectarían el cumplimiento del IRI promedio del tramo.

HALLAZGO 2. SE EVIDENCIÓ INCUMPLIMIENTO DEL VALOR MÁXIMO DE MEDIA FIJA DE IRI EN LOS CUATRO CARRILES DEL EJE1 DEL PROYECTO, ASÍ COMO LA IDENTIFICACIÓN DEL INCUMPLIMIENTO DE DOS VALORES INDIVIDUALES EN DOS DE LOS CUATROS CARRILES EVALUADOS.

Para la evaluación de la condición superficial de la estructura de pavimentos del tronco inferior del proyecto paso a desnivel sobre la intersección de Garantías Sociales, el LanammeUCR realizó ensayos de campo el día lunes 20 de abril de 2020. El ensayo de IRI consistió en la medición del perfil longitudinal individual cada 100 m para los 4 carriles del tronco inferior, dos en el sentido San Pedro- Paso Ancho y dos en el sentido Paso Ancho-San Pedro. Los resultados del ensayo de IRI fueron remitidos al Equipo Auditor mediante el informe I-0289-2020 de fecha del 29 de abril de 2020.

La evaluación del IRI como parámetro de desempeño del proyecto fue realizada siguiendo los lineamientos establecidos en la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente del pliego de prescripciones técnicas del Tomo 4 del cartel de licitación. En dicha sección se establece en relación con el cumplimiento de valores individuales de IRI y media fija del proyecto que:

“Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una regularidad aceptable, si todos los promedios consecutivos de diez valores de IRI tienen un valor igual o inferior al indicado en la siguiente tabla y ninguno de los valores individuales supera 3,0 m / km.”

Tabla 3. Especificación IRI cumplimiento de promedio de diez valores de IRI

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

Fuente: MOPT, 2015.

“El IRI medio en el caso de las autopistas y vías concesionadas será como máximo de 1.69, del resto de vías 1.85 y el de otras capas bituminosas 2.35. Si se asume una distribución normal para la serie de valores de IRI, los percentiles que se muestran anteriormente permiten definir un valor promedio de 1,85 m/km y una desviación (σ) de 0,39 m/km, que será la máxima aceptable.”

En relación con la evaluación realizada se debe indicar que el Equipo Auditor consideró como longitud total del proyecto 800 m, después de la revisión del alcance del proyecto en los planos contemplados en el Tomo 3 del cartel de licitación. Si bien es entendido que el proyecto se extendió en los extremos de los estacionamientos iniciales y finales, estos no fueron considerados en el análisis pese a que sí fueron evaluados. La longitud total del proyecto hace que se tenga un único valor de media fija por carril, por lo que el análisis de medias fijas se limita al cumplimiento de 4 datos.



Como se mencionó en el hallazgo anterior, se solicitó a la Unidad Ejecutora los resultados de la evaluación del parámetro de IRI realizados por la Administración y por la Supervisión con el fin de comparar los resultados con las evaluaciones realizadas por el LanammeUCR. La Unidad Ejecutora facilitó una primera evaluación del parámetro de IRI mediante los oficios POE-09-2020-0344 y POE-09-2020-0389; sin embargo, no se había realizado la evaluación completa del Eje 1 del proyecto. Además, se reitera que en el oficio POE-09-2020-0389 de fecha del 14 de mayo de 2020, la ingeniería de proyecto señala que hay un tramo del proyecto en el que el IRI no cumple con las especificaciones cartelarias.

Posteriormente, la Unidad Ejecutora una vez realizada la segunda evaluación suministró mediante el oficio POE-09-2020-0574 del 30 de julio de 2020 el informe de IRI del laboratorio de Autocontrol, ITP-PM-357-20 del 13 de julio de 2020, y el de la Supervisión, Informe CR-LAB-SR-2020-6941 Rev. 1 del 22 de julio de 2020. En ambos informes se señala cumplimiento de los cuatro carriles analizados en los ensayos respecto a la especificación indicada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, de un valor máximo de media fija de 1,85m/km y de valores individuales de IRI no mayores a 3,0 m/km. Sin embargo, ambos análisis se realizan considerando las singularidades presentadas por el contratista. Tal como se explicó en el hallazgo anterior, las singularidades presentadas no son de recibo por este Equipo Auditor, ya que en ningún momento se evidenció un registro técnico propio de la Administración que validara o fundamentara que las singularidades señaladas incidieron en el proceso constructivo del pavimento, además no se evidenció una aprobación formal por la ingeniería de proyecto de dichas singularidades y por último las singularidades fueron aprobadas por UNOPS y la Supervisión una vez que se identificaron incumplimientos en los valores promedio de IRI. Por lo tanto, el presente análisis se realiza con los datos brutos de ambos informes, sin considerar las singularidades propuestas por el contratista. Se muestra en la

Tabla 4 y Tabla 5, los resultados de IRI promedio (medias fijas) presentados por el Autocontrol en el informe del ITP-PM357-20 sin considerar singularidades. Cabe mencionar en relación a los valores individuales que no se registró ningún incumplimiento en el informe del Autocontrol

Tabla 4. Resultados IRI media fija por parte del Autocontrol carriles Paso Ancho-San Pedro

Carril		Carril externo Paso Ancho-San Pedro	Carril interno Paso Ancho-San Pedro
Est ini	Esta Final	IRI Promedio(m/km)	IRI Promedio(m/km)
0+000	0+100	1,7	1,9
0+100	0+200	2,4	1,7
0+200	0+300	1,9	1,7
0+300	0+400	1,9	1,7
0+400	0+500	1,3	1,4
0+500	0+600	2	2,8
0+600	0+700	2,2	2,6
0+700	0+800	1,9	1,6
0+800	0+865	1,7	1,8
Promedio		1,89	1,91
Desviación		0,31	0,47

Fuente: ITP-PM357-20, ITP, 2020.



Tabla 5. Resultados IRI media fija por parte del Autocontrol carriles San Pedro- Paso Ancho

Carril		Carril externo San Pedro -Paso Ancho	Carril interno San Pedro-Paso Ancho
Est ini	Esta Final	IRI Promedio(m/km)	IRI Promedio(m/km)
0+865	0+765	2	2,3
0+765	0+665	2,2	2,4
0+665	0+565	2,3	2,1
0+565	0+465	1,6	1,6
0+465	0+365	1,5	1,7
0+365	0+265	1,4	1
0+265	0+165	1,6	1,9
0+165	0+065	2,3	2,1
0+065	0+000	1,8	1,9
Promedio		1,86	1,89
Desviación		0,35	0,42

Fuente: ITP-PM357-20, ITP, 2020.

Los resultados de las

Tabla 4 y Tabla 5 evidencian que los valores promedio de IRI de cada uno de los carriles evaluados no cumplen con el valor promedio máximo permitido de 1,85 m/km. Se observa que los resultados de IRI promedio obtenidos en los cuatro carriles tienen un valor similar, siendo el carril interno en el sentido Paso Ancho –San Pedro el que presenta el valor más alto con 1,91m/km y el carril externo en el sentido San Pedro-Paso Ancho el menor IRI con un valor de 1,86 m/km. Respecto a los valores individuales de 100m no se registró ningún incumplimiento.

En relación con los datos de la evaluación realizada por la Supervisión, se muestran en la Tabla 6 y Tabla 7 los resultados presentados en el informe CR-LAB-SR-2020-6941 Rev. 1.

Tabla 6. Resultados IRI media fija por parte de la Supervisión carriles Paso Ancho-San Pedro

Carril		Carril externo Paso Ancho-San Pedro	Carril interno Paso Ancho-San Pedro
Est ini	Esta Final	IRI Promedio(m/km)	IRI Promedio(m/km)
0+000	0+100	2,35	2,38
0+100	0+200	2,22	1,76
0+200	0+300	1,76	1,71
0+300	0+400	1,87	1,71
0+400	0+500	1,39	1,57
0+500	0+600	1,91	1,93
0+600	0+700	1,89	2,17
0+700	0+800	2,06	2,3
0+800	0+865	1,87	1,79
Promedio		1,92	1,92



Desviación	0,28	0,29
-------------------	------	------

Fuente: CR-LAB-SR-2020-6941 Rev. 1, CACISA, 2020.

Tabla 7. Resultados IRI media fija por parte de la Supervisión carriles San Pedro- Paso Ancho

Carril		Carril externo San Pedro -Paso Ancho	Carril interno San Pedro-Paso Ancho
Est ini	Esta Final	IRI Promedio(m/km)	IRI Promedio(m/km)
0+865	0+765	2,16	2,14
0+765	0+665	2,2	2,38
0+665	0+565	2,6	2,19
0+565	0+465	1,56	1,74
0+465	0+365	1,4	1,59
0+365	0+265	1,35	1,19
0+265	0+165	1,66	1,9
0+165	0+065	2,3	2,44
0+065	0+000	1,9	1,87
Promedio		1,90	1,94
Desviación		0,44	0,40

Fuente: CR-LAB-SR-2020-6941 Rev. 1, CACISA, 2020.

Los resultados de IRI emitidos por la Supervisión del proyecto en el informe CR-LAB-SR-2020-6941 Rev. 1, identifican de igual manera el incumplimiento de los cuatro carriles respecto al valor promedio máximo permitido de 1,85 m/km por carril. Se determina que el carril interno en el sentido San Pedro-Paso Ancho fue el que presentó el mayor valor de IRI promedio con 1,94 m/km y el carril interno en el mismo sentido el que presentó el menor valor de IRI con 1,90 m/km. En relación con los resultados del Autocontrol, se observa que los valores promedio por carril de la supervisión son levemente superiores.

Sobre la evaluación realizada por ambos laboratorios llama la atención la definición de los estacionamientos de los valores individuales definidos en ambos sentidos. En el caso del sentido Paso Ancho –San Pedro la evaluación se realizó acorde en lo estipulado en el cartel en tramos de 100m, mientras que en el sentido San Pedro-Paso Ancho se arrancó con la evaluación de un tramo de 65 m para luego ajustarse a tramos de 100 m en la longitud restante del proyecto.

Una vez conocidos los valores de IRI del autocontrol y la supervisión como antecedente a la evaluación realizada, se muestran los resultados del análisis de IRI realizado por el equipo auditor.



EVALUACIÓN IRI CARRILES EN EL SENTIDO PASO ANCHO-SAN PEDRO

En la Tabla 12 se muestran los resultados de los valores individuales y media fija obtenidos para el carril interno.

Tabla 8. Evaluación IRI, carril interno, sentido: Paso Ancho– San Pedro, tronco inferior proyecto paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39

Medición de IRI Ruta Nacional N° 39 - Garantías Sociales- Sentido: Paso Ancho– San Pedro (Carril Interno)							
Est Inc.	Est Fin	Descripción	IRI Izq.	IRI Der	Valor individual (@100 m)	Media fija	Desv Est
0	100	Carril interno	2,2	2,6	2,37	2,17	0,46
100	200	Carril interno	2,0	1,9	1,99		
200	300	Carril interno	1,9	1,6	1,77		
300	400	Carril interno	2,0	1,4	1,74		
400	500	Carril interno	2,1	1,4	1,79		
500	600	Carril interno	2,5	2,7	2,61		
600	700	Carril interno	3,5	2,6	3,02		
700	800	Carril interno	2,4	1,7	2,09		
Criterio cumplimiento Promedio medio móvil no mayor a 1,85						No Cumple	

Fuente: LanammeUCR, 2020.

En la Figura 8, se observa la evaluación del cumplimiento de valores individuales para el carril interno.

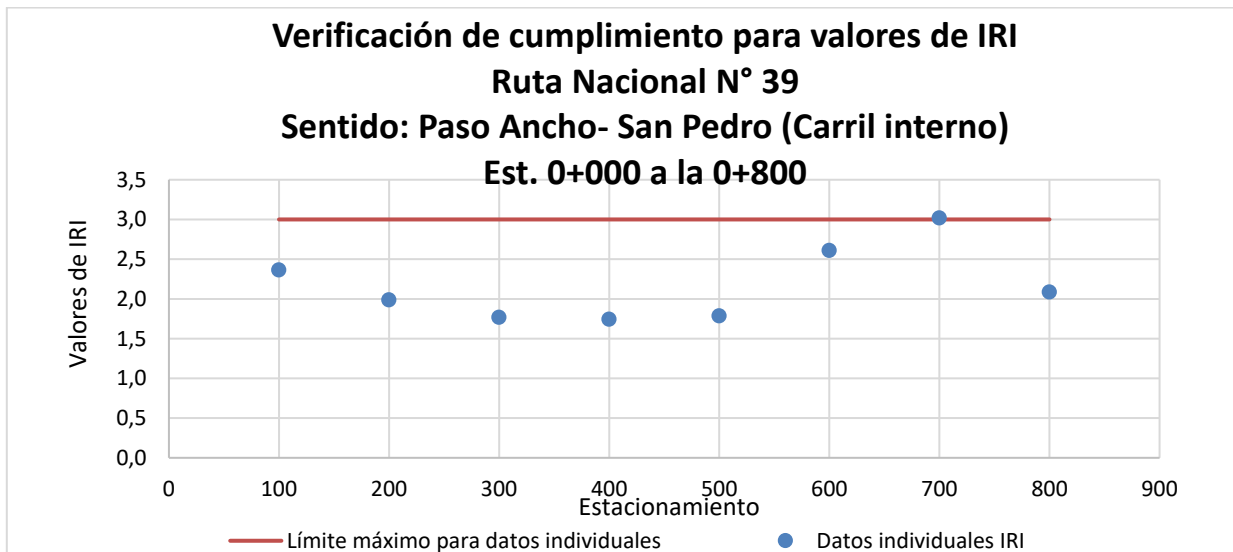


Figura 8. Evaluación valores individuales IRI carril interno, sentido Paso Ancho–San Pedro, proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39. Fuente: LanammeUCR, 2020.



Los resultados mostrados en la Tabla 8 y Figura 8, permiten identificar que el valor individual de IRI entre los estacionamientos 0+600 y 0+700 sobrepasó el límite máximo establecido en la especificación de 3,0 m/km para la aceptación del tramo. Los valores individuales de IRI con mejor desempeño de perfil longitudinal se determinaron entre los estacionamientos 0+200 y 0+500.

En relación con el valor de media fija del carril interno se obtuvo un valor de 2,17 m/km y una desviación de valores individuales de 0,46. Por lo tanto, este carril no cumple con la especificación de un valor máximo de media fija de 1,85 m/km. Además, este carril muestra el valor más alto de la evaluación realizada en los 4 carriles del proyecto.

El análisis comparativo de los valores promedio de IRI permite determinar que el valor promedio de IRI estimado por el LanammeUCR de 2,17 m/km es considerablemente superior al valor de media fija estimado por el Laboratorio de Autocontrol 1,91 m/km y la supervisión 1,92 m/km. No obstante, hay incumplimiento del valor máximo de IRI para media fija. Llama la atención que la media fija obtenida por el laboratorio de Supervisión disminuyó respecto al valor obtenido en la primera evaluación presentada de 2,01 m/km en el mes de mayo 2020; sin embargo, esto se explica en la medición de infinitos perfiles longitudinales en el carril evaluado.

Referente a los valores individuales se observa en la evaluación del LanammeUCR que los valores mayores a 2,0 m/km se presentaron en las secciones comprendidas entre los estacionamientos 0+000 a 0+100 y del 0+500 al 0+800. De forma similar la Supervisión identificó valores mayores a 2,0 m/km en los estacionamientos 0+000 a 0+100 y del 0+600 al 0+800, mientras que el Autocontrol solo identificó el tramo comprendido entre los estacionamientos 0+500 a 0+700 con valores por encima de este valor. Por lo tanto, existe coincidencia en estacionamientos, ya sea con el Autocontrol o con la Supervisión, donde se identificaron resultados de IRI no acordes a lo esperado para un proyecto de obra nueva que incidieron en el cálculo de la media fija.

En la Tabla 9 se muestran los resultados de los valores individuales y media fija obtenidos para el carril externo.

Tabla 9. Evaluación IRI, carril externo, sentido: Paso Ancho– San Pedro, tronco inferior proyecto paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No 39

Medición de IRI Ruta Nacional N° 39 - Garantías Sociales- Sentido: Paso Ancho– San Pedro (Carril Externo)							
Est Inri	Est Fin	Descripción	IRI Izq.	IRI Der	Valor individual (@100 m)	Media fija	Desv Est
0	100	Carril externo	2,3	2,4	2,38	2,06	0,35
100	200	Carril externo	2,2	2,7	2,47		
200	300	Carril externo	2,0	1,8	1,92		
300	400	Carril externo	2,1	1,5	1,83		
400	500	Carril externo	1,4	1,5	1,49		
500	600	Carril externo	1,8	1,8	1,85		
600	700	Carril externo	2,7	2,2	2,44		
700	800	Carril externo	2,1	2,1	2,09		
Criterio cumplimiento Promedio medio móvil no mayor a 1,85						No Cumple	

Fuente: LanammeUCR, 2020.



En la Figura 9 se observa la evaluación del cumplimiento de valores individuales en carril externo.

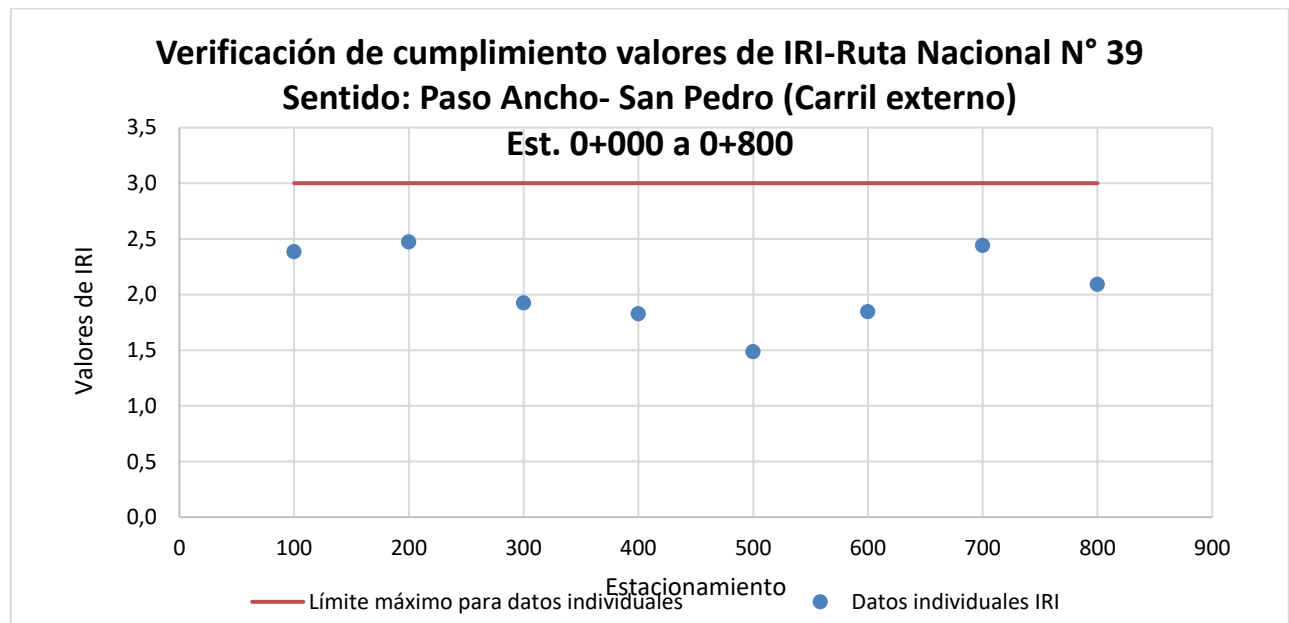


Figura 9. Evaluación valores individuales IRI carril externo, sentido Paso Ancho–San Pedro, proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No, 39, Fuente: LanammeUCR, 2020.

En el caso de los resultados presentados en la Tabla 9 y Figura 9, **evidencian el cumplimiento de todos los valores individuales de acuerdo con la especificación de 3,0m/km como valor máximo**. El valor individual de IRI, con mejor desempeño del perfil longitudinal se identificó entre los estacionamientos 0+400 y 0+500 con 1,49 m/km y el valor de mayor rango fue de 2,47 m/km entre los estacionamientos 0+100 y 0+200.

En relación con el valor de media fija del carril externo se obtuvo un valor de 2,06 m/km y una desviación de valores individuales de 0,35. Por lo tanto, este carril no cumple con la especificación de un valor máximo de media fija de 1,85 m/km.

La comparación de los valores promedio de IRI permiten determinar que el valor promedio de IRI estimado por el LanammeUCR de 2,06 m/km es levemente superior al valor de media fija estimado por el Laboratorio de Autocontrol 1,89 m/km y la supervisión 1,92 m/km. Se reitera el incumplimiento del valor máximo de IRI para media fija en los tres casos. Además, es importante recordar que en este carril se obtuvo un valor promedio de IRI de 1,85 m/km en la primera medición de mayo 2019 en la evaluación realizada por la Supervisión.

En lo que respecta a los valores individuales de la evaluación del LanammeUCR, se observa que los valores mayores a 2,0 m/km se presentaron en los extremos del carril específicamente entre los estacionamientos 0+000 a 0+200 y del 0+600 al 0+800. En el caso de la Supervisión se presentaron valores mayores a 2,0 m/km en los primeros 200 m y entre los estacionamientos 0+700 y 0+800. Por su parte, en los resultados del Autocontrol se identificaron dos secciones mayores a este valor, la primera entre los estacionamientos 0+100 y 0+200 y la segunda entre el kilometraje 0+600 y 0+700. Nuevamente existe coincidencia en los tramos con mayor variación del perfil longitudinal ya sea con uno u otro laboratorio.

La Figura 10 se muestra la distribución espacial de los valores individuales de IRI a lo largo del proyecto.

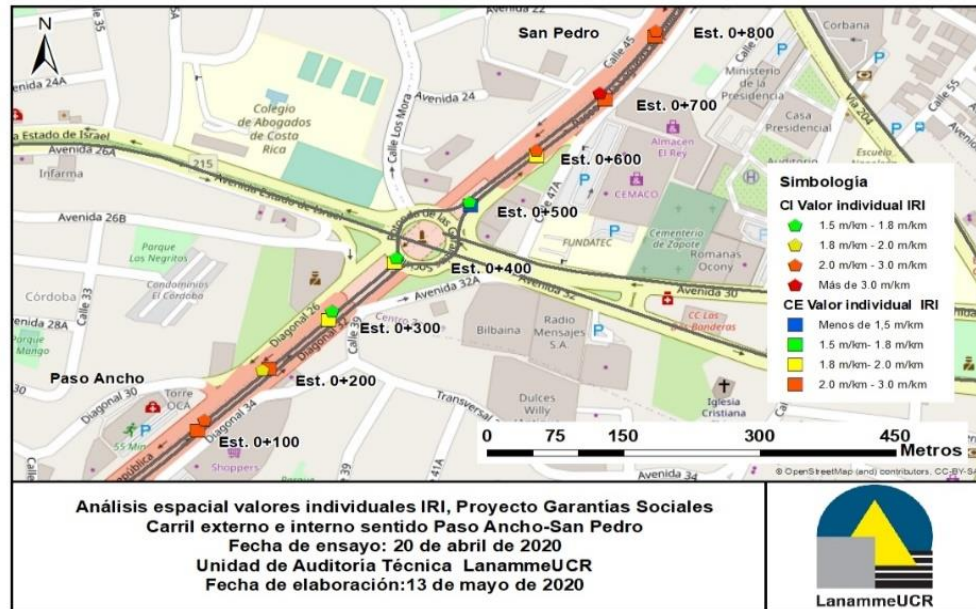


Figura 10. Análisis espacial valores individuales de IRI en el sentido Paso Ancho-San Pedro, tronco inferior del proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No, 39. Fuente LanammeUCR 2020.

La distribución espacial de los valores permite identificar que el margen inicial y final del proyecto, específicamente en los primeros y últimos 200 metros presentan los mayores valores de IRI de la evaluación realizada. Los altos valores de IRI en dichas secciones, pueden obedecer a deficiencias en los procesos constructivos de juntas y transiciones especialmente en las conexiones con la estructura de pavimentos del paso deprimido.

Por otro lado, en contraste, el mejor acabado de la capa de rueda se logró en la sección del paso deprimido. Sin embargo, la evaluación del parámetro de IRI debe conceptualizarse como la longitud total del proyecto tal como lo indica el cartel de licitación, por lo que deben tomarse las medidas pertinentes para asegurar un adecuado proceso constructivo a lo largo de toda la sección.

Por último, se debe indicar que los carriles en el sentido Paso Ancho- San Pedro son los que presentan los valores más altos de irregularidad superficial de la capa de rueda.



EVALUACIÓN IRI CARRILES EN EL SENTIDO SAN PEDRO-PASO ANCHO

La Tabla 10 muestra los resultados de los valores individuales y media fija obtenidos para el carril interno. Además, la Figura 11 presenta la verificación del cumplimiento de valores individuales

Tabla 10. Evaluación IRI, carril interno, sentido: San Pedro-Paso Ancho, tronco inferior proyecto paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No 39.

Medición de IRI Ruta Nacional N° 39 - Garantías Sociales- Sentido: San Pedro-Paso Ancho (Carril Interno)							
Est_Ini	Est_Fin	Descripción	IRI Izq	IRI Der	Valor individual (@100 m)	Media fija	Desv Est
0	100	Carril interno	2,3	2,4	2,4	2,03	0,38
100	200	Carril interno	2,5	2,6	2,5		
200	300	Carril interno	2,2	1,5	1,9		
300	400	Carril interno	1,9	1,3	1,6		
400	500	Carril interno	1,7	1,3	1,5		
500	600	Carril interno	1,8	1,9	1,9		
600	700	Carril interno	2,8	2,0	2,4		
700	800	Carril interno	2,1	2,0	2,0		
Criterio cumplimiento Promedio medio móvil no mayor a 1,85						No Cumple	

Fuente: LanammeUCR, 2020.

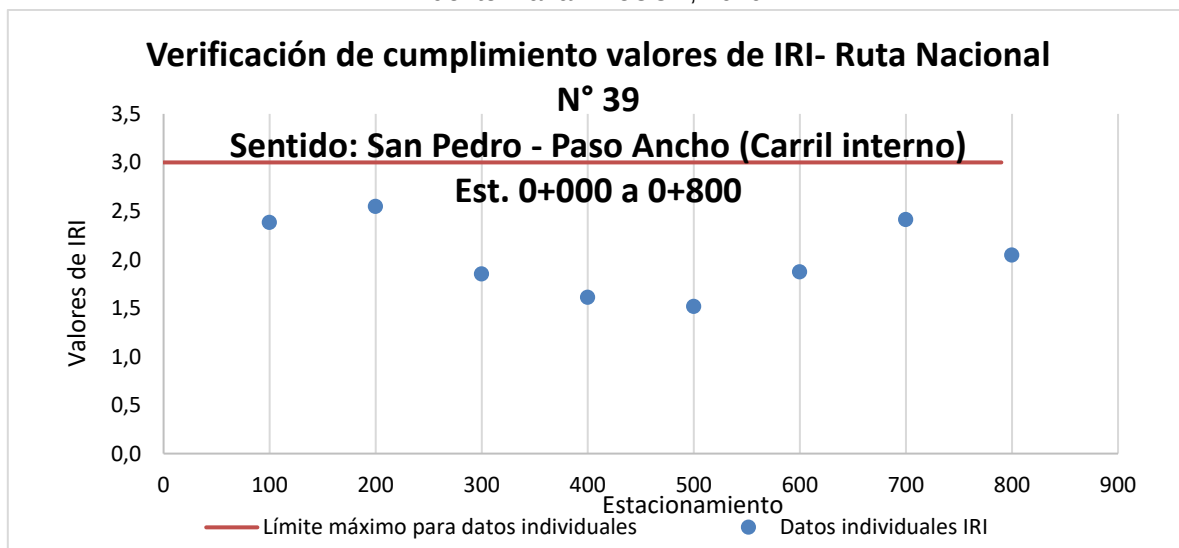


Figura 11. Evaluación valores individuales IRI carril interno, sentido San Pedro- Paso Ancho, proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No, 39. Fuente: LanammeUCR, 2020.

Los resultados presentados en la Tabla 10 y Figura 11, **evidencian el cumplimiento de todos los valores individuales de acuerdo a la especificación de 3,0 m/km como valor máximo**. El valor individual de IRI con mejor desempeño del perfil longitudinal se identificó entre los estacionamientos



0+400 y 0+500 con 1,5 m/km y el valor de mayor rango fue de 2,5 m/km entre los estacionamientos 0+100 y 0+200.

Para el valor de media fija del carril interno se obtuvo un valor de 2,03 m/km y una desviación de valores individuales de 0,38. Por lo tanto, el carril interno tampoco cumple con la especificación de un valor máximo de media fija de 1,85 m/km. El análisis comparativo de los valores promedio de IRI permite determinar que el valor promedio de IRI estimado por el LanammeUCR es levemente superior al valor de media fija estimado por el Laboratorio de Autocontrol 1,89 m/km y la supervisión 1,94 m/km (mayor valor media fija para la supervisión).

Referente a los valores individuales se observa en la evaluación del LanammeUCR que los valores mayores a 2,0 m/km se presentaron en las secciones comprendidas entre los estacionamientos 0+000 a 0+200 y del 0+600 al 0+800. En el caso de la evaluación realizada por la Supervisión y el Autocontrol se registraron 4 valores por encima de 2,0 m/km, en las secciones comprendidas entre los estacionamientos 0+565 a 0+865 y 0+065 al 0+165, los cuales coinciden espacialmente con los valores registrados por el LanammeUCR pese a no ser exactos.

En la Tabla 11 presenta los resultados de valores individuales y media fija obtenidos para el carril externo. Por su parte, la Figura 12 representa la evaluación de valores individuales según el valor máximo de 3,0 m/km.

Tabla 11. Evaluación IRI, carril externo, sentido: San Pedro-Paso Ancho, tronco inferior proyecto paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39.

Medición de IRI Ruta Nacional N° 39 - Garantías Sociales- Sentido: San Pedro-Paso Ancho (Carril externo)							
Est Ini	Est Fin	Descripción	IRI Izq	IRI Der	Valor individual (@100 m)	Media fija	Desviación
0	100	Carril externo	2,5	1,7	2,10	2,01	0,53
100	200	Carril externo	3,2	2,9	3,05		
200	300	Carril externo	1,2	1,9	1,56		
300	400	Carril externo	1,4	2,0	1,68		
400	500	Carril externo	1,3	2,0	1,63		
500	600	Carril externo	1,4	1,6	1,48		
600	700	Carril externo	2,3	2,1	2,19		
700	800	Carril externo	2,0	2,7	2,35		
Criterio cumplimiento Promedio medio móvil no mayor a 1,85						No Cumple	

Fuente: LanammeUCR, 2020.

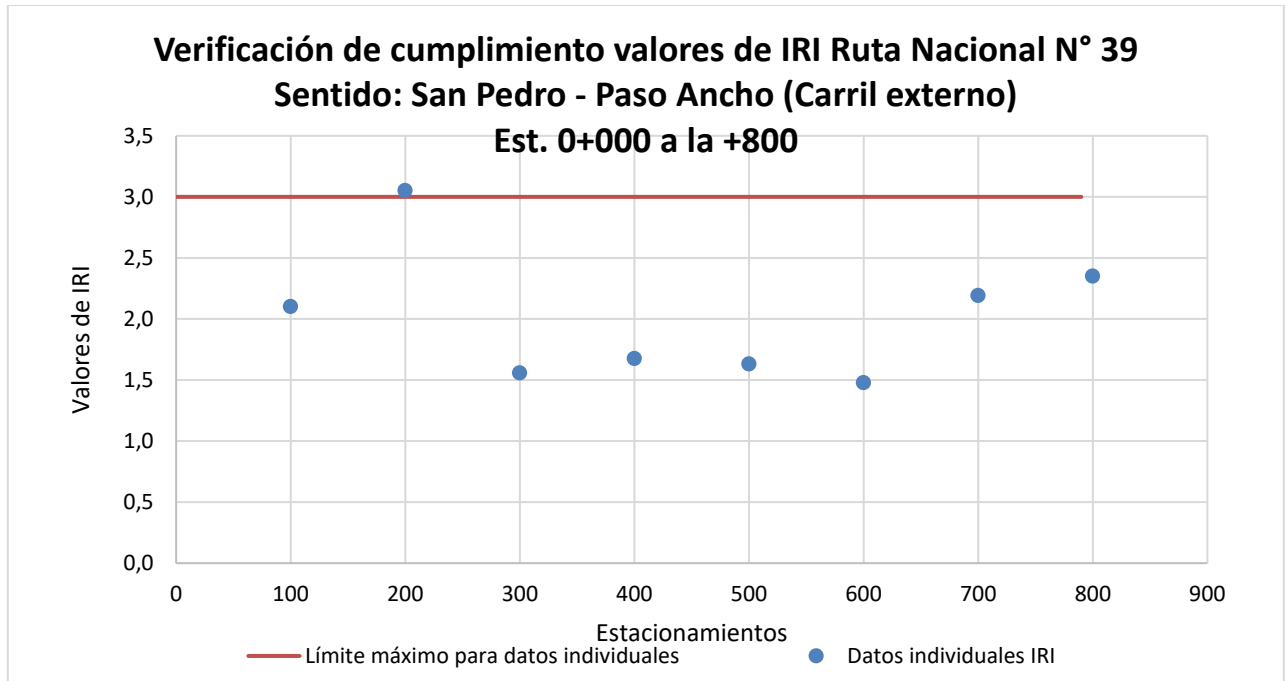


Figura 12. Evaluación valores individuales IRI carril externo, sentido San Pedro- Paso Ancho, proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No, 39, Fuente: LanammeUCR, 2020.

Los resultados mostrados en la Tabla 11 y Figura 12, permiten identificar que el valor individual de IRI entre los estacionamientos 0+100 y 0+200 sobrepasó el límite máximo establecido en la especificación de 3,0 m/km para la aceptación del tramo. Los valores individuales de IRI con mejor desempeño de perfil longitudinal se determinaron entre los estacionamientos 0+200 y 0+600.

Sobre estos valores al igual que en el carril interno se presentaron valores mayores a 2,0 m/km en las secciones comprendidas entre los estacionamientos 0+000 a 0+200 y del 0+600 al 0+800. En el caso de la evaluación realizada por la Supervisión y el Autocontrol de igual manera se observaron 4 valores por encima de 2,0 m/km, en las secciones comprendidas entre los estacionamientos 0+565 a 0+865 y 0+065 al 0+165, los cuales coinciden espacialmente con los valores registrados por el LanammeUCR pese a no ser exactos. Es importante reiterar que el valor de 2,0 m/km no es ningún valor cartelario o especificado, solo es un parámetro de referencia para contabilizar como factor influyente en los resultados de la media fija.

Para el valor de media fija del carril externo se obtuvo un valor de 2,01 m/km y una desviación de valores individuales de 0,53. El carril externo presentó la mejor media fija de valores de IRI consecutivos en los cuatro carriles evaluados, esto coincide con la designación del mejor desempeño de IRI en los carriles evaluados por el autocontrol y la supervisión. **Pese a lo anterior, el carril externo no cumple con la especificación de un valor máximo de media fija de 1,85 m/km.** En comparación con los resultados de la Supervisión y el Autocontrol de media fija los datos del LanammeUCR son levemente superiores; sin embargo, se coincide en que es el carril de menor media fija.

La Figura 13 muestra la distribución espacial del IRI a lo largo del proyecto.

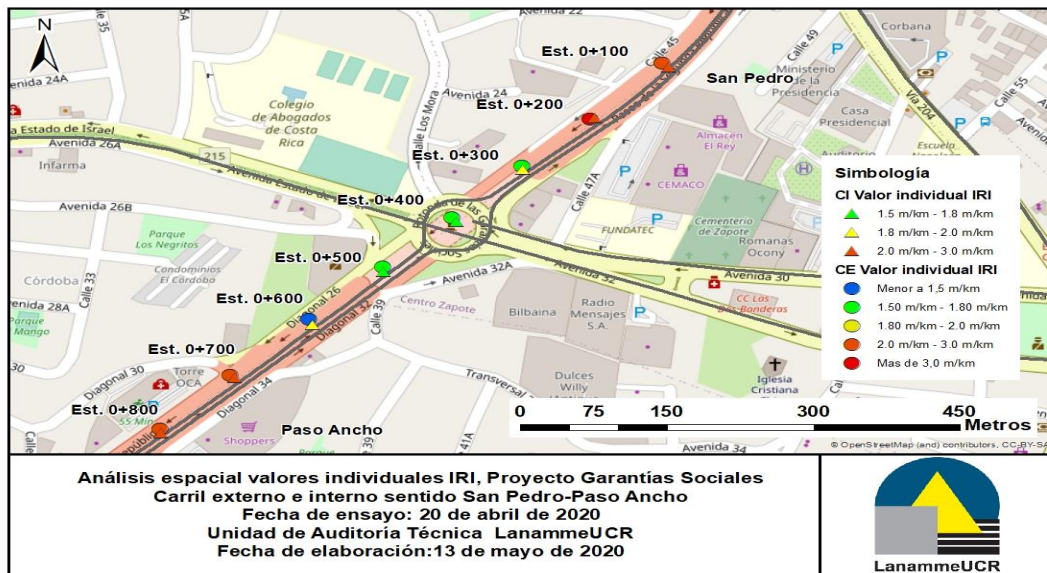


Figura 13. Análisis espacial valores individuales de IRI en el sentido San Pedro-Paso Ancho, carril externo e interno del tronco inferior del proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No 39. Fuente LanammeUCR 2020.

En el caso de la evaluación de la regularidad superficial de los carriles en el sentido San Pedro- Paso Ancho, se evidenciaron mejoras en las medias fijas de IRI. Sin embargo, de igual manera que en el caso de los carriles en el sentido Paso Ancho-San Pedro, se identificó que los valores más altos de IRI, se presentaron en los primeros y últimos 200 metros del proyecto. Por lo que, se reafirman los problemas de regularidad superficial en el acabado del pavimento en las proximidades del paso deprimido.

De igual manera, los valores con mejor regularidad superficial se presentaron en la sección del paso deprimido del proyecto; sin embargo, nuevamente no se cumplió con el valor de media fija establecido en la especificación.

Por otro lado, la *Figura 13* permite identificar espacialmente la sección del carril externo comprendida entre los estacionamientos 0+100 y 0+200 donde se identificó el incumplimiento del valor individual.

El análisis realizado sobre la evaluación del parámetro de IRI fue remitido a la Administración mediante el oficio LM-IC-D-0387-2020 del 14 de mayo de 2020, de manera que constituyera un insumo para realizar un análisis detallado de los tramos que incumplieron con la especificación y asegurar el cumplimiento de la media fija de cada uno de los carriles del proyecto, con el fin de garantizar la calidad demandada en relación con este parámetro funcional.

Sin embargo, pese a que se solicitó una nueva evaluación del parámetro de IRI para realizar un nuevo análisis de las secciones donde se identificaron problemas y a que los resultados de la nueva evaluación del IRI realizados por la Supervisión y el Autocontrol coincidieron de forma similar en magnitud y ubicación espacial, la Administración procedió a la aprobación de los tramos con base en singularidades propuesta por el contratista, que cómo se explicó anteriormente no son de recibo por esta Auditoría, obviando los señalamientos realizados por el Equipo Auditor. Esta decisión adoptada por la ingeniería de proyecto evidencia la falta de consistencia de la Administración en la toma decisiones respecto a la evaluación del parámetro de IRI, especialmente por los señalamientos



del oficio POE-09-2020-0389, donde se señaló el incumplimiento de un tramo, el cual fue omitido con los resultados de la segunda evaluación, esto sin haberse llevado a cabo algún tipo de reparación en el tramo que presentó el incumplimiento.

Se debe reiterar, en relación con el incumplimiento en los estándares de calidad del parámetro de regularidad superficial de la estructura de pavimento evidenciados en las distintas evaluaciones del LanammeUCR, Supervisión y Autocontrol, que la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas del pliego de prescripciones técnicas del Tomo 4 del cartel de licitación establece que

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

En caso de incumplimiento de la exigencia de los valores individuales, el Ingeniero de proyecto ordenará al Contratista efectuar las reparaciones necesarias para llegar a un valor de IRI menor al límite máximo establecido para un valor individual. Los tramos que estén en esta condición y que no se reparen, también se deberán considerar para determinar el promedio de los diez tramos consecutivos.

El Ingeniero de Proyecto estará facultado para autorizar o rechazar estas operaciones, las cuales deben considerar tramos completos de 100 metros.”

De acuerdo con lo anterior, es una responsabilidad de la ingeniería de proyecto señalar al contratista mediante la evaluación del parámetro de IRI las secciones que incumplieron con los estándares de calidad, así como solicitar la reparación de los tramos que presentaron deficiencias o irregularidades ocasionadas por el proceso constructivo del contratista. Esta responsabilidad no fue atendida por la Unidad Ejecutora al aprobar los resultados del parámetro de IRI con base en una propuesta de singularidad se realizada por el mismo contratista del proyecto bajo la aprobación de UNOPS y la Supervisión a pesar de no contar con un registro de inspección que respalde lo señalado.

Por último, se reitera que para la evaluación realizada en este hallazgo no se considera el criterio de aceptación de singularidades emitido por la Unidad Ejecutora en el oficio POE-09-2020-0574 del 30 de julio de 2020, dónde se da por satisfecho el cumplimiento del parámetro de regularidad superficial en los carriles evaluados, ya que el criterio no es compartido.

Por lo tanto, con base en la evaluación realizada por el LanammeUCR se evidencia que la construcción del pavimento de los cuatro carriles del tronco principal no cumplió con los estándares de calidad especificados en el cartel de licitación en relación con el parámetro de regularidad superficial IRI.

OBSERVACIÓN 1. SE EVIDENCIÓ UNA CONDICIÓN REGULAR DEL PARÁMETRO DE FRICCIÓN SUPERFICIAL EN 3 DE LOS 4 CARRILES DEL TRONCO PRINCIPAL DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN INTERSECCIÓN GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL NO. 39.

Para la evaluación funcional del parámetro de fricción en la estructura de pavimentos del tronco inferior del proyecto paso a desnivel sobre la intersección de Garantías Sociales, el LanammeUCR realizó ensayos de campo el día lunes 20 de abril de 2020.



La evaluación se realizó en el término de la época seca que constituye una de las condiciones más críticas para el parámetro de fricción. El ensayo consistió en la medición del parámetro GRIP Number cada 5 m para los 4 carriles del tronco inferior, dos en el sentido San Pedro- Paso Ancho y dos en el sentido Paso Ancho-San Pedro. Posteriormente, las mediciones cada 5 m se promediaron diez valores consecutivos para obtener la condición de fricción superficial promedio en tramos de 50 m.

Los resultados del ensayo de GRIP Tester fueron remitidos al Equipo Auditor mediante el informe I-0289-2020 de fecha del 29 de abril de 2020.

La evaluación de la fricción como parámetro de desempeño del proyecto, al no estar contemplado como un requisito cartelario, fue realizada siguiendo los lineamientos del ensayo de GRIP Tester, así como la categorización establecida en la evaluación de la red vial pavimentada elaborada por el LanammeUCR.

En relación con la longitud evaluada el equipo auditor consideró para el análisis individual y general como longitud total del proyecto 1050 m, debido a las extensiones de la estructura de pavimento en los extremos de los estacionamientos iniciales y finales.

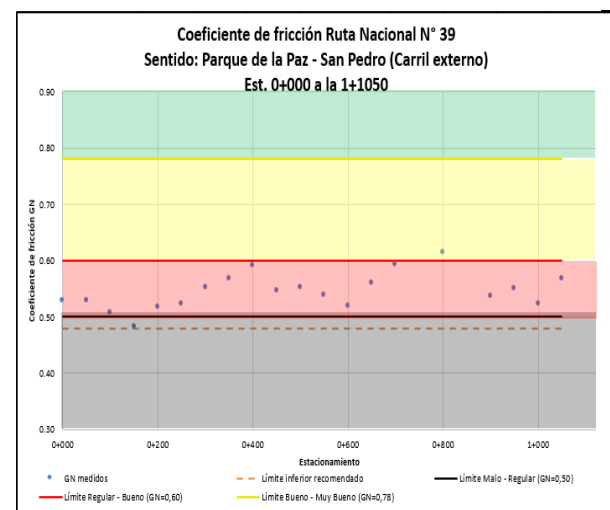
Se muestran a continuación los resultados y el análisis realizado para cada una de las secciones

EVALUACIÓN GRIP CARRILES EN EL SENTIDO PARQUE DE LA PAZ-SAN PEDRO

En la Tabla 12 se muestran los resultados de los valores individuales de Grip Number y el promedio del parámetro de fricción obtenidos para el carril externo. Adicionalmente, en la Figura 14 se muestra la distribución espacial de los valores individuales a lo largo del carril externo.

Tabla 12. Evaluación GRIP, carril externo, sentido: Parque de la Paz – San Pedro, tronco inferior proyecto paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39

Tramos fuera del valor mínimo de 0,48 del ensayo		0
Tramos evaluados		20
Porcentaje de datos fuera del valor mínimo de 0,48		0,0%
Promedio GN		0,55
Desviación		0,03
GN	Condición	Porcentaje
< 0,50	Malo	5,26%
0,50 - 0,60	Regular	89,47%
0,60 - 0,78	Bueno	5,26%
> 0,78	Muy Bueno	0,00%
Total		100,00%



Fuente: LanammeUCR, 2020.

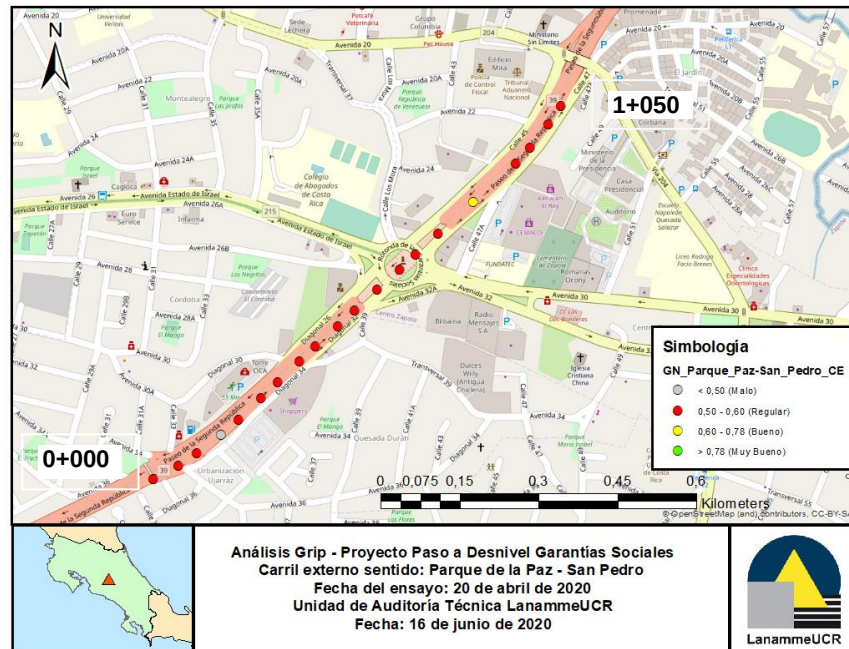


Figura 14. Análisis espacial valores individuales GRIP en el sentido San Pedro-Paso Ancho, carril externo del tronco inferior del proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No 39. Fuente LanammeUCR 2020.

Los resultados de la Tabla 12 determinan un valor promedio de Grip Number de 0,55; es decir la condición de fricción del carril es regular. En relación con los valores individuales de GRIP, el 89,47% se encuentra en condición regular, 5,26% en estado buena y 5,26% en condición mala. En este carril se localizó la única sección de 50m que presenta una condición de fricción deficiente, entre los estacionamientos 0+150 y 0+200, por lo que se considera relevante verificar que no existan problemas de exudación en dicha, así como dar monitoreo posteriormente.

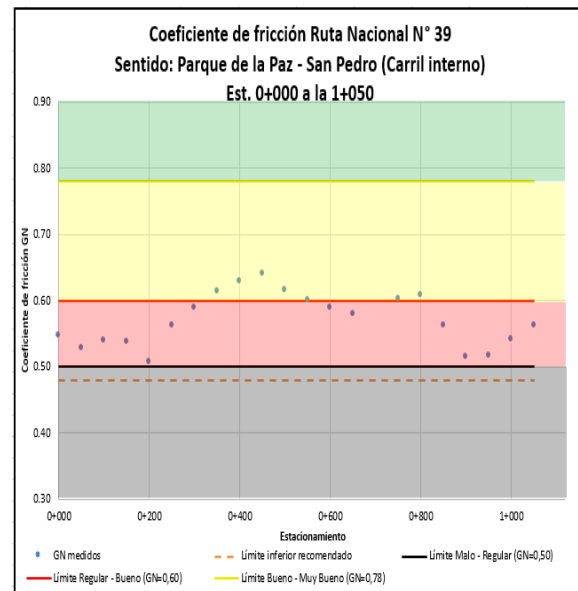
En el caso del carril interno, en la Tabla 13 se muestran los resultados obtenidos de los valores individuales de GN y el promedio del parámetro de fricción así como la distribución espacial en la Figura 14.

Los resultados de la evaluación identifican una condición regular en el carril interno con un GN promedio de 0,57. La distribución de datos individuales de fricción indica que el 70% se encuentra en condición regular y un 30 % en condición buena, esta última cerca de las aproximaciones del paso deprimido.



Tabla 13. Evaluación GRIP, carril interno, sentido: Parque de la Paz – San Pedro, tronco inferior proyecto paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39

Tramos fuera del valor mínimo de 0,48 del ensayo		0
Tramos evaluados		20
Porcentaje de datos fuera del valor mínimo de 0,48		0,0%
Promedio GN		0,57
Desviación		0,04
GN	Condición	Porcentaje
< 0,50	Malo	0,00%
0,50 - 0,60	Regular	70,00%
0,60 - 0,78	Bueno	30,00%
> 0,78	Muy Bueno	0,00%
Total	100,00%	



Fuente: LanammeUCR, 2020.

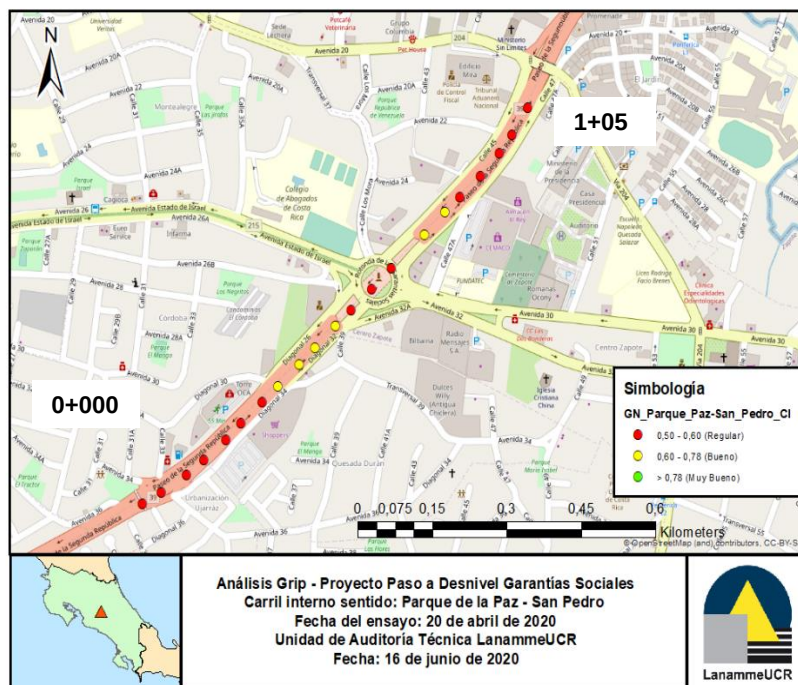


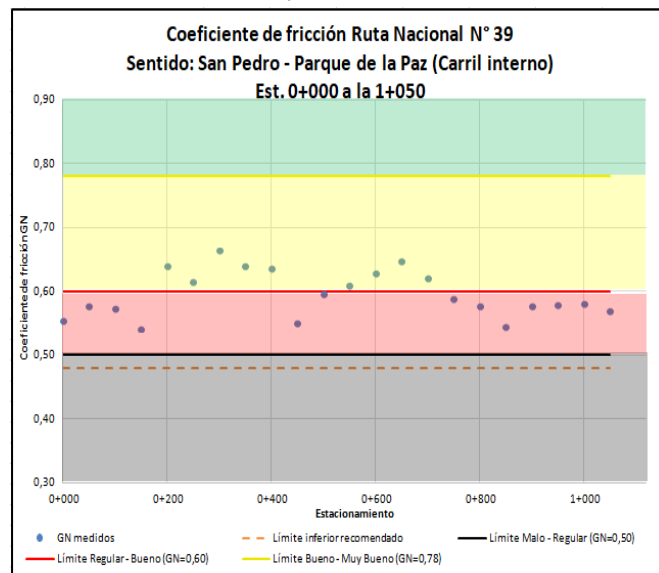
Figura 15. Análisis espacial valores individuales GRIP en el sentido San Pedro-Paso Ancho, carril interno del tronco inferior del proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No 39. Fuente LanammeUCR 2020.

EVALUACIÓN GRIP CARRILES EN EL SENTIDO SAN PEDRO-PASO ANCHO

Para el caso del carril se obtuvo la mejor condición de fricción promedio de los 4 carriles analizados con un valor de 0,60, lo cual la categoriza dentro de una condición buena. En relación con la distribución del porcentaje de labores individuales el 57,14 % muestra una condición regular y el 42,86% una condición buena, los resultados se muestran en la Tabla 14. En la *Figura 16* se muestra la distribución espacial de los valores a lo largo del carril interno.

Tabla 14. Evaluación GRIP, carril interno, sentido: San Pedro- Parque de la Paz, tronco inferior proyecto paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39

Tramos fuera del valor mínimo de 0,48 del ensayo	0	
Tramos evaluados	21	
Porcentaje de datos fuera del valor mínimo de 0,48	0,0%	
Promedio GN	0,60	
Desviación	0,04	
GN	Condición	Porcentaje
< 0,50	Malo	0,00%
0,50 - 0,60	Regular	57,14%
0,60 - 0,78	Bueno	42,86%
> 0,78	Muy Bueno	0,00%
Total	100,00%	



Fuente: LanammeUCR, 2020.

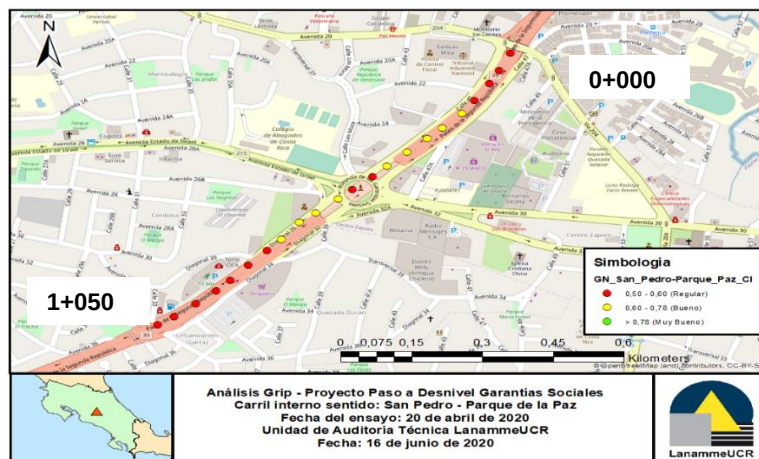


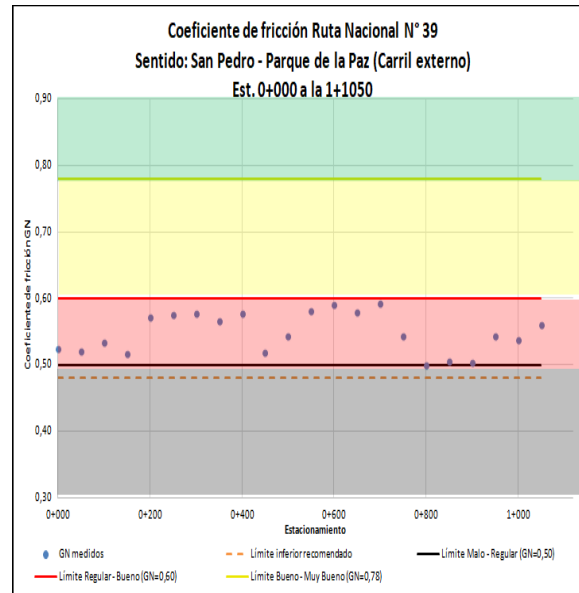
Figura 16. Análisis espacial valores individuales GRIP en el sentido San Pedro-Paso Ancho, carril interno del tronco inferior del proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39. Fuente LanammeUCR 2020.



En lo que respecta en el carril externo, el 100% de los valores individuales resultaron en una condición regular de la fricción superficial del carril para un promedio de GN 0,55; tal como se muestra en la Tabla 15. En la Figura 17, se muestran los valores individuales georreferenciados.

Tabla 15. Evaluación GRIP, carril externo, sentido: San Pedro- Parque de la Paz, tronco inferior proyecto paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39

Tramos fuera del valor mínimo de 0,48 del ensayo	0	
Tramos evaluados	21	
Porcentaje de datos fuera del valor mínimo de 0,48	0,0%	
Promedio GN	0,55	
Desviación	0,03	
GN	Condición	Porcentaje
< 0,50	Malo	0,00%
0,50 - 0,60	Regular	100,00%
0,60 - 0,78	Bueno	0,00%
> 0,78	Muy Bueno	0,00%
Total	0,00%	



Fuente: LanammeUCR, 2020.

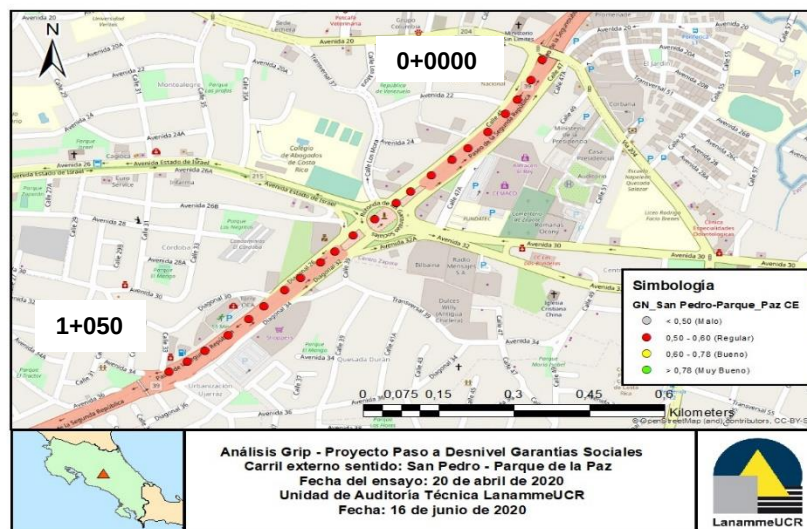


Figura 17. Análisis espacial valores individuales GRIP en el sentido San Pedro-Paseo Ancho, carril externo del tronco inferior del proyecto Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de Garantías Sociales, Ruta Nacional No 39. Fuente LanammeUCR 2020.

En resumen, la condición de fricción superficial del proyecto presenta un estado regular, siendo los carriles externos los que presentaron el menor coeficiente GN con 0,55; además el carril externo en



el sentido Parque de la Paz-San Pedro identificó el único tramo de 50m con una condición superficial deficiente.

Por otro lado, el carril interno en el sentido San Pedro-Parque de la Paz presentó una condición superficial promedio buena a lo largo de su extensión, el cual se considera a criterio del Equipo Auditor como el valor mínimo que se espera de la construcción de un proyecto de obra nueva.

Si bien, no existe ningún incumplimiento cartelario en este parámetro de desempeño al no ser solicitado como requisito, la condición regular de la fricción superficial del pavimento del proyecto es un aspecto al que se le debe dar atención y monitoreo durante la vida útil del mismo, de manera que se garantice una superficie segura para el usuario desde el punto de vista de seguridad vial.

OBSERVACIÓN 2. SE IDENTIFICARON ALGUNAS DE LAS SECCIONES DEL PROYECTO CON UN RIESGO POTENCIAL DE QUE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO TENGA UNA CAPACIDAD ESTRUCTURAL MENOR A LA REQUERIDA PARA SATISFACER LAS CARGAS DE TRÁNSITO A LAS QUE SE VA A VER SOMETIDA DURANTE TODA LA VIDA ÚTIL ESTABLECIDA PARA EL PROYECTO

Se analizaron las deflexiones medidas por el LanammeUCR en los cuatro carriles del tronco principal y en los dos carriles de cuatro rampas del proyecto según la clasificación de condición estructural propuesta por Horak en 2008 basada en los indicadores d_0 , RoC, BLI, MLI y LLI.

Las mediciones se registraron los días 17 y 18 de junio de 2020 a cada 50 m de forma alternada (carril interno y carril externo), con un nivel de carga de 40 kN y una configuración de geófonos como se muestra en el **Tabla 16**. Los resultados de esta medición se muestran en el informe I-0453-2020.

Tabla 16. Configuración de geófonos para la medición del cuenco de deflexiones

No	d_0	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8
Distancia (mm)	0	200	300	450	600	900	1200	1500	1800

Fuente: LanammeUCR,2020.

Para aplicar la metodología se corrigieron las deflexiones medidas por carga y temperatura. Se muestran a continuación los resultados de la evaluación de deflexiones realizadas.

CARRILES DEL TRONCO PRINCIPAL

En la Figura 18, Figura 19, Figura 20 y Figura 21 se muestra la condición estructural de las secciones evaluadas en los carriles del tronco principal según los indicadores RoC, BLI, MLI, LLI y d_0 .

Como se puede observar de los indicadores RoC y BLI, las capas superiores de los carriles del tronco principal tienen una condición estructural buena. Para las capas intermedias se observan secciones con una condición estructural regular (ver indicador MLI), especialmente en el tramo comprendido entre las secciones 0+225 y 0+325. Por su parte, los indicadores d_0 y LLI son los que concentran la mayor cantidad de secciones en la condición estructural regular. Como se mencionó anteriormente, los indicadores d_0 y LLI representan de buena manera la condición estructural de la subrasante, por lo que el resultado de una condición estructural regular puede estar relacionado a una subrasante débil en estas secciones.

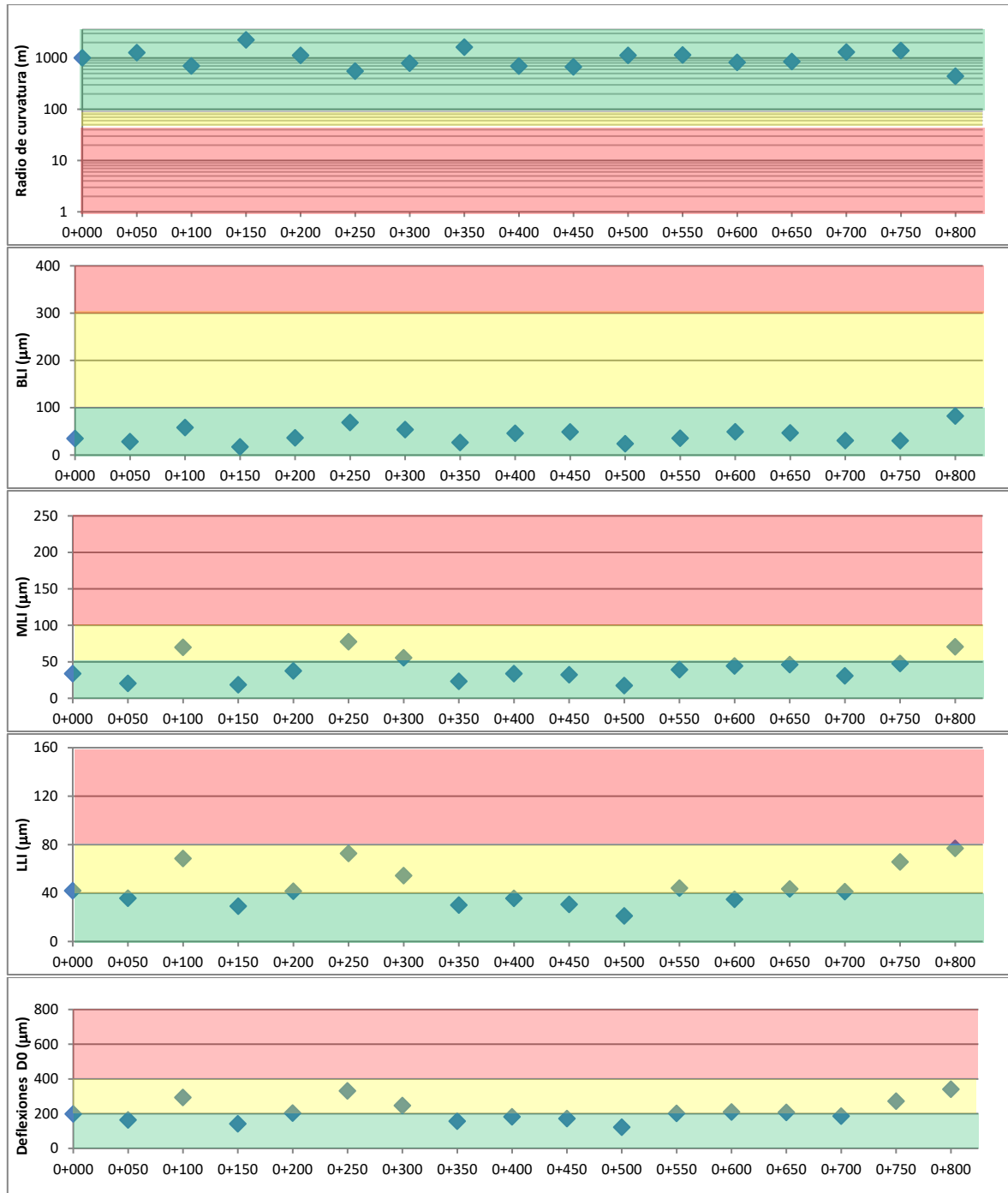


Figura 18. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril externo sentido San Pedro - Paso Ancho. Fuente: LanammeUCR, 2020

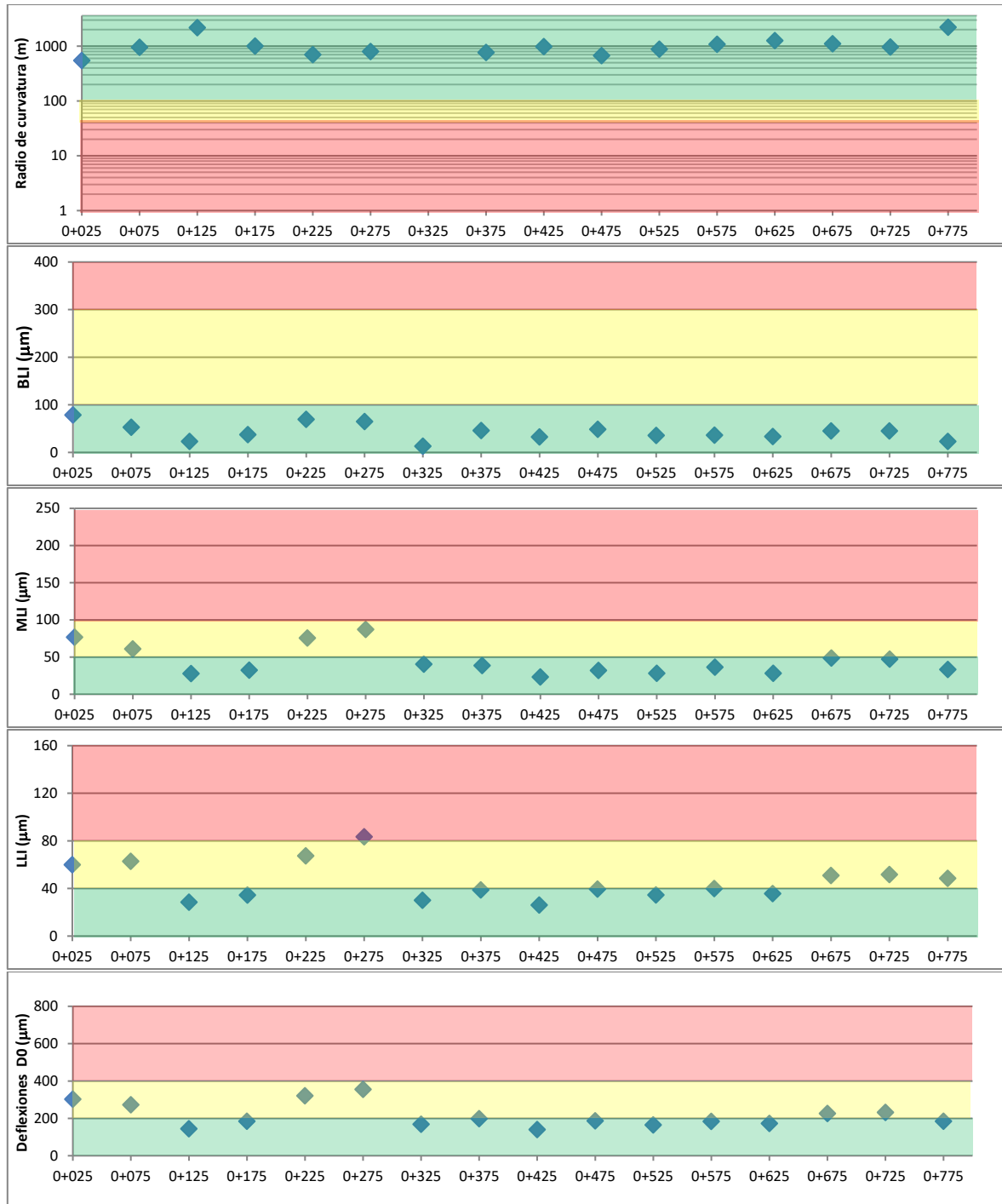


Figura 19. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril interno sentido San Pedro – Paso Ancho. Fuente: LanammeUCR, 2020

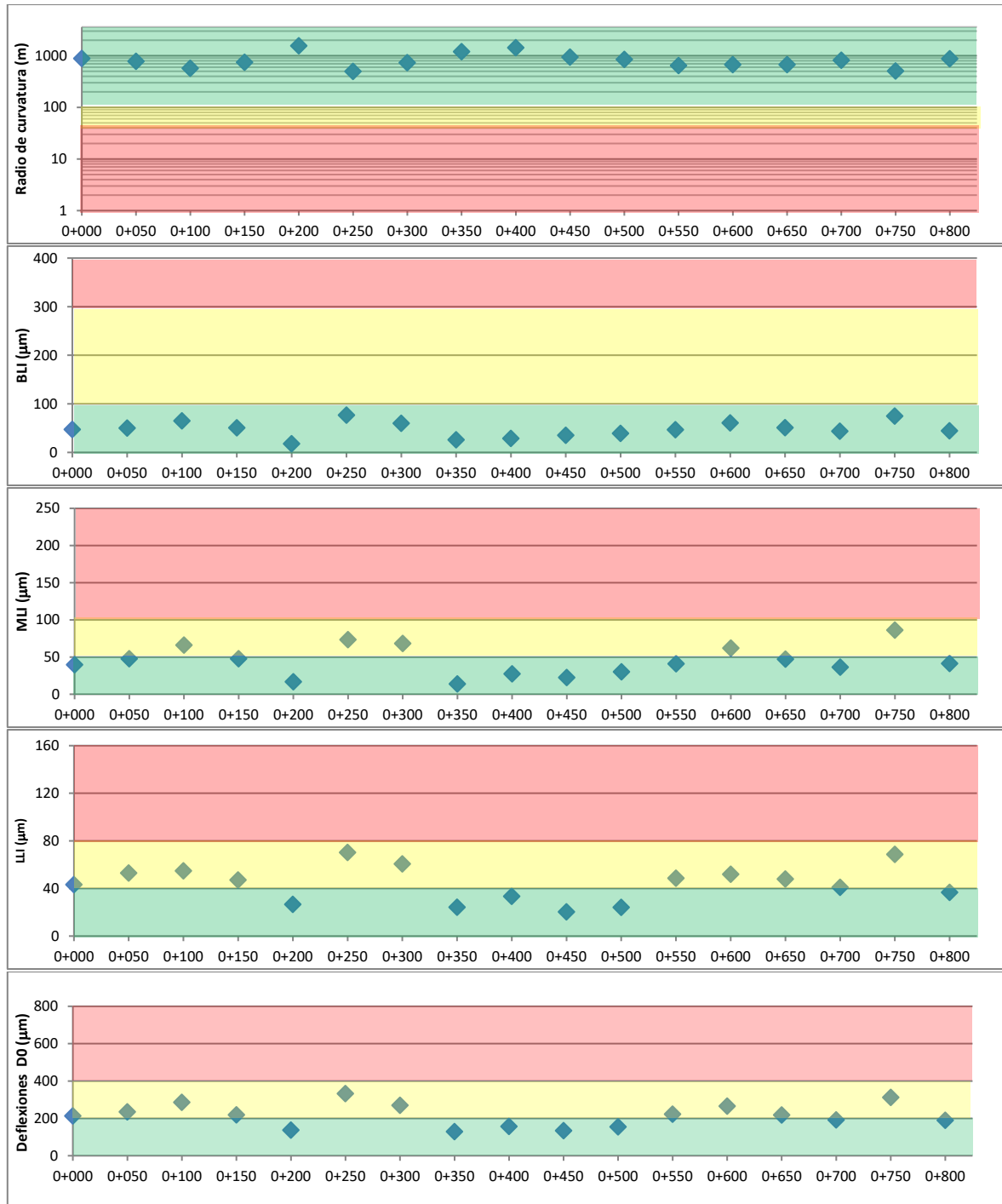


Figura 20. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril externo sentido Paso Ancho - San Pedro. Fuente: LanammeUCR, 2020

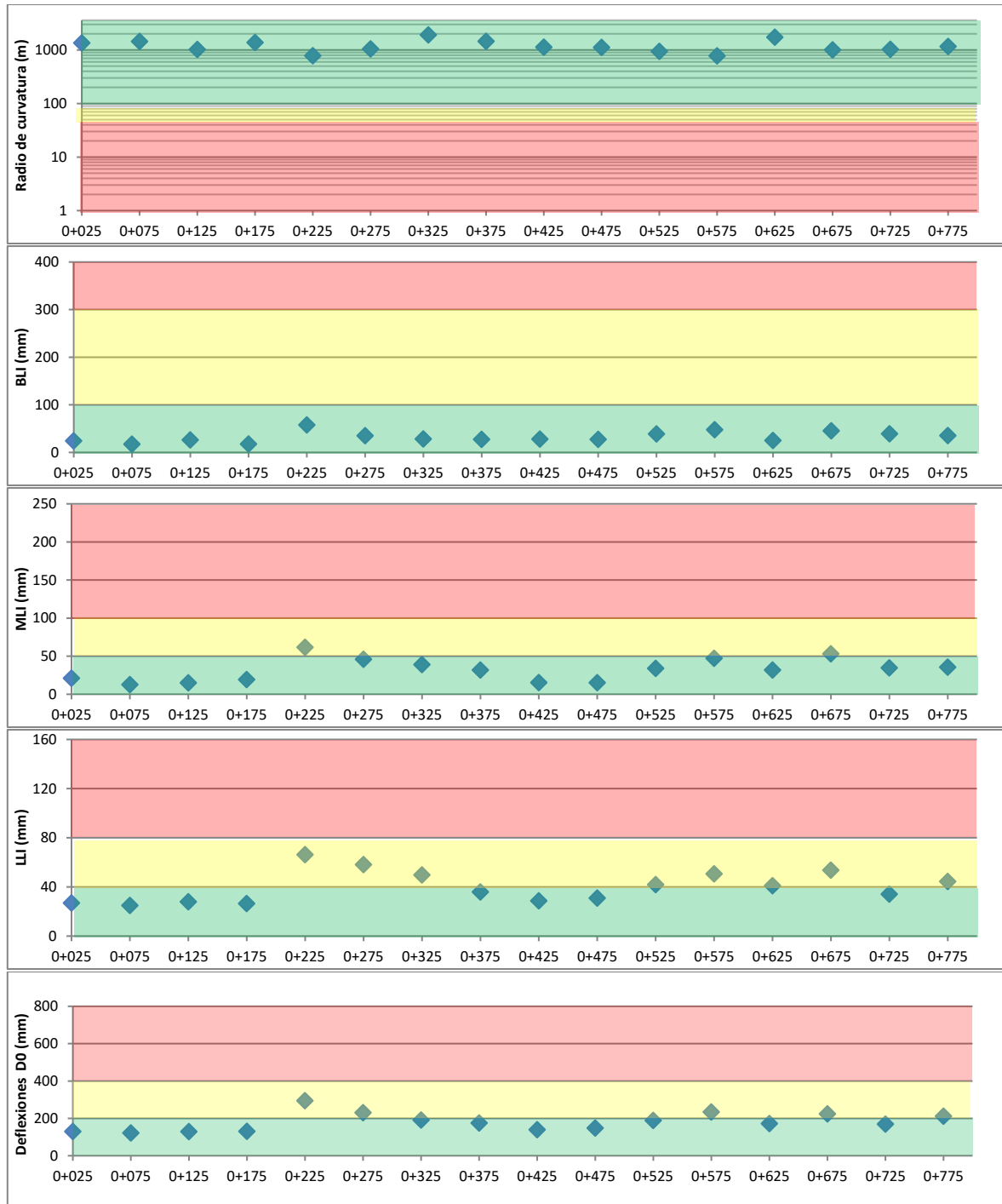


Figura 21. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril interno sentido Paso Ancho - San Pedro. Fuente: LanammeUCR,2020.

En el Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25 y Figura 26 se muestra la ubicación geográfica y la condición estructural de las secciones evaluadas en el tronco principal según los indicadores RoC, BLI, MLI, LLI y d_0 .

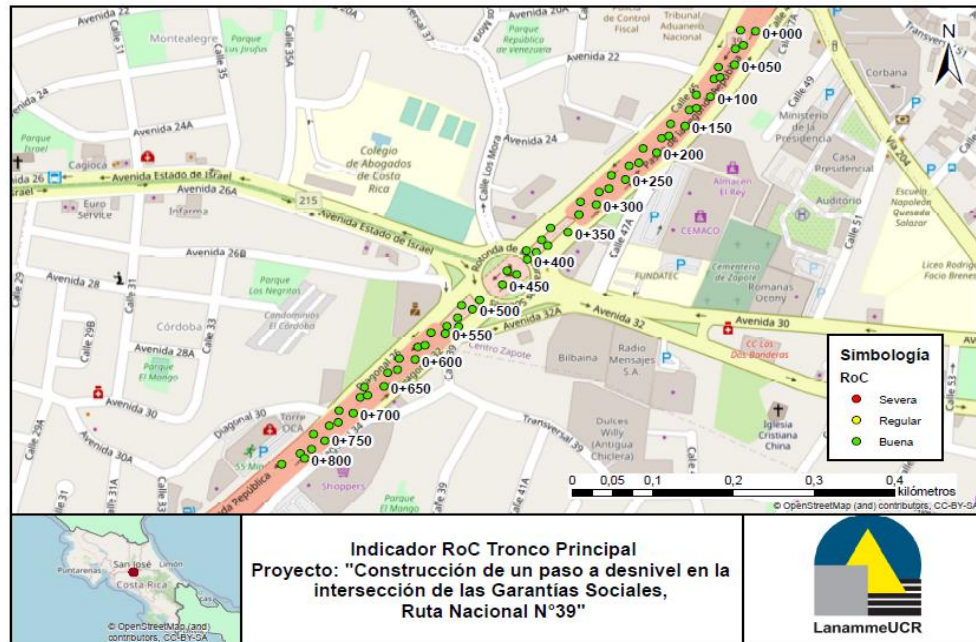


Figura 22. Mapa condición estructural según el indicador RoC en los carriles del tronco principal.
Fuente: LanammeUCR,2020.



Figura 23. Mapa condición estructural según el indicador BLI en los carriles del tronco principal.
Fuente: LanammeUCR,2020.



Figura 24. Mapa condición estructural según el indicador MLI en los carriles del tronco principal.
Fuente: LanammeUCR, 2020.



Figura 25. Mapa condición estructural según el indicador LLI en los carriles del tronco principal.
Fuente: LanammeUCR, 2020.



Figura 26. Mapa condición estructural según el indicador d_0 en los carriles del tronco principal.
Fuente: LanammeUCR, 2020

CARRILES RAMPA SAN PEDRO – ROTONDA

En la *Figura 27* y la *Figura 28*, se muestra la condición estructural de las secciones evaluadas en los carriles de la rampa San Pedro – Rotonda según los indicadores RoC, BLI, MLI, LLI y d_0 .

Para los primeros 150 m evaluados del carril interno de la rampa San Pedro – Rotonda se obtuvo una condición estructural buena. En la sección 0+200 se obtuvo una condición estructural severa. En esta última sección llama la atención que los indicadores BLI y MLI también señalan una condición estructural de regular a severa, por lo que las capas superiores e intermedias (base estabilizada y subbase) presentan daños. En la nota LM-IC-D-0236-20 (de fecha 9/03/2020), se señaló que, durante la visita realizada el día 28/02/2020, se observó la circulación de vehículos sobre la base estabilizada colocada el día anterior y se alertó que permitir la circulación de vehículos sobre la base estabilizada previo a que ésta alcance la resistencia mínima requerida puede generar deterioros en ésta y disminuir su capacidad de carga. La situación observada en la nota LM-IC-D-0236-20 se localizaba en las cercanías de la estación 0+200 de la rampa San Pedro – Rotonda, por lo que la condición estructural obtenida para esta sección puede estar relacionada con la observación indicada en la nota.

Para el carril exterior de la rampa San Pedro – Rotonda se obtuvo una condición estructural de regular a buena. Nuevamente los indicadores d_0 y LLI son los que concentran la mayoría de secciones en condición regular, por lo que la condición estructural obtenida para las secciones 0+050 y 0+100 puede estar relacionada a problemas en la subrasante.

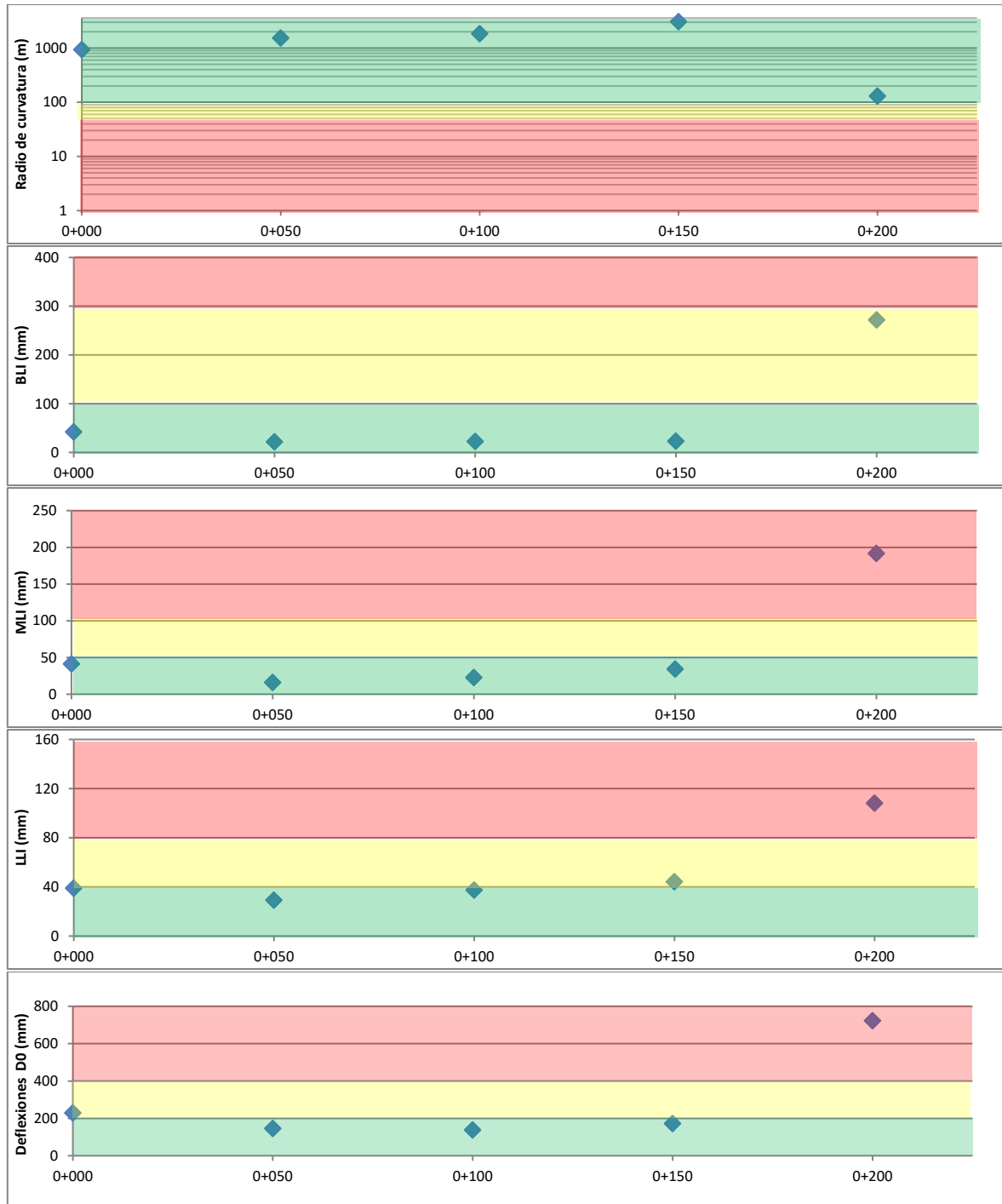


Figura 27. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril interno rampa San Pedro – Rotonda. Fuente: LanammeUCR,2020

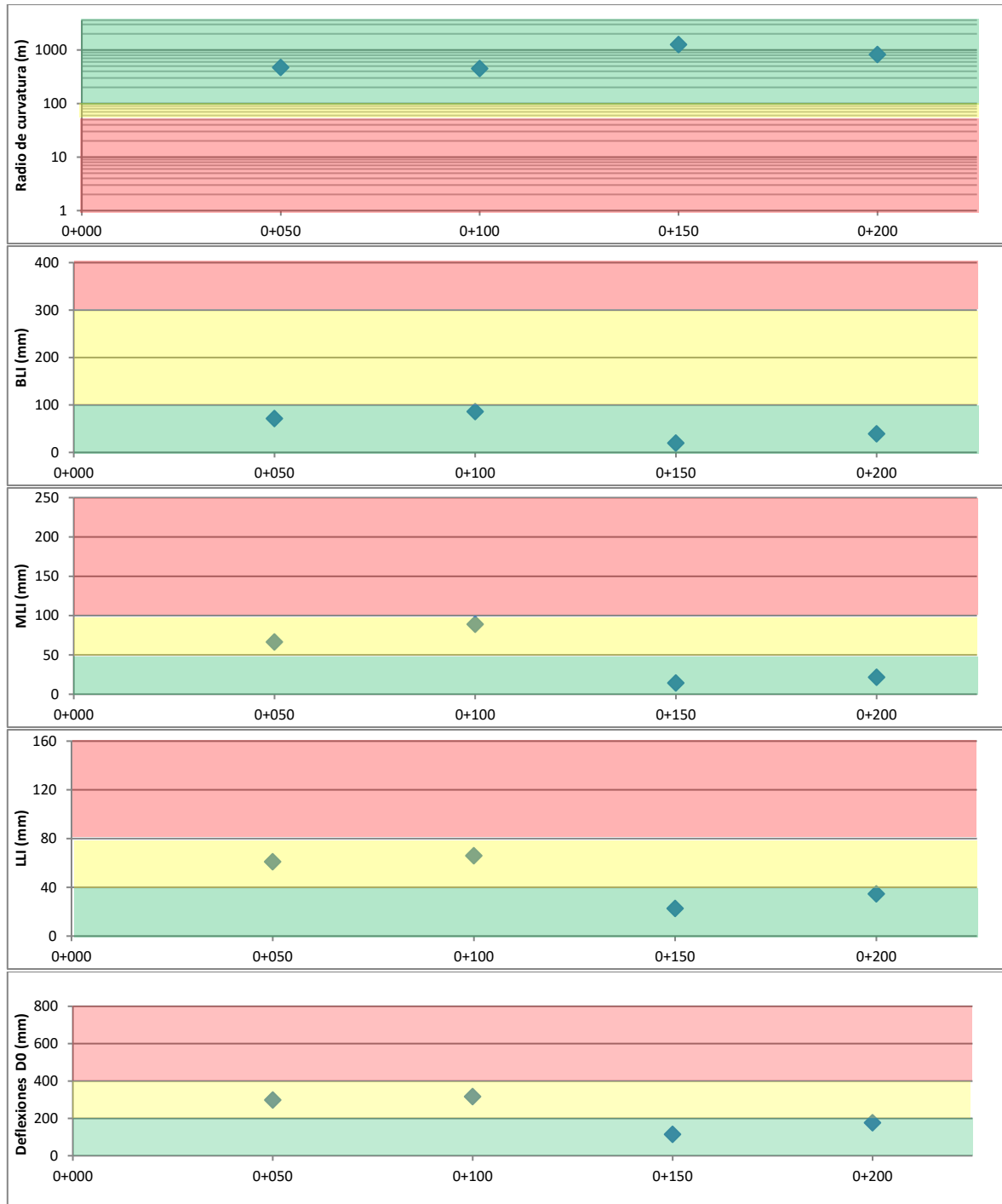


Figura 28. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril externo rampa San Pedro – Rotonda. Fuente: LanammeUCR,2020



CARRILES RAMAL ROTONDA – PASO ANCHO

En la *Figura 29* y la *Figura 30*, se muestra la condición estructural de las secciones evaluadas en los carriles del ramal Rotonda – Paso Ancho según los indicadores RoC, BLI, MLI, LLI y do.

La condición estructural de las capas de pavimento en los carriles del ramal Rotonda – Paso Ancho es de regular a buena. Nuevamente, los resultados obtenidos por el indicador LLI hacen pensar que la disminución en la capacidad estructural evidenciada se debe a problemas en la subrasante.

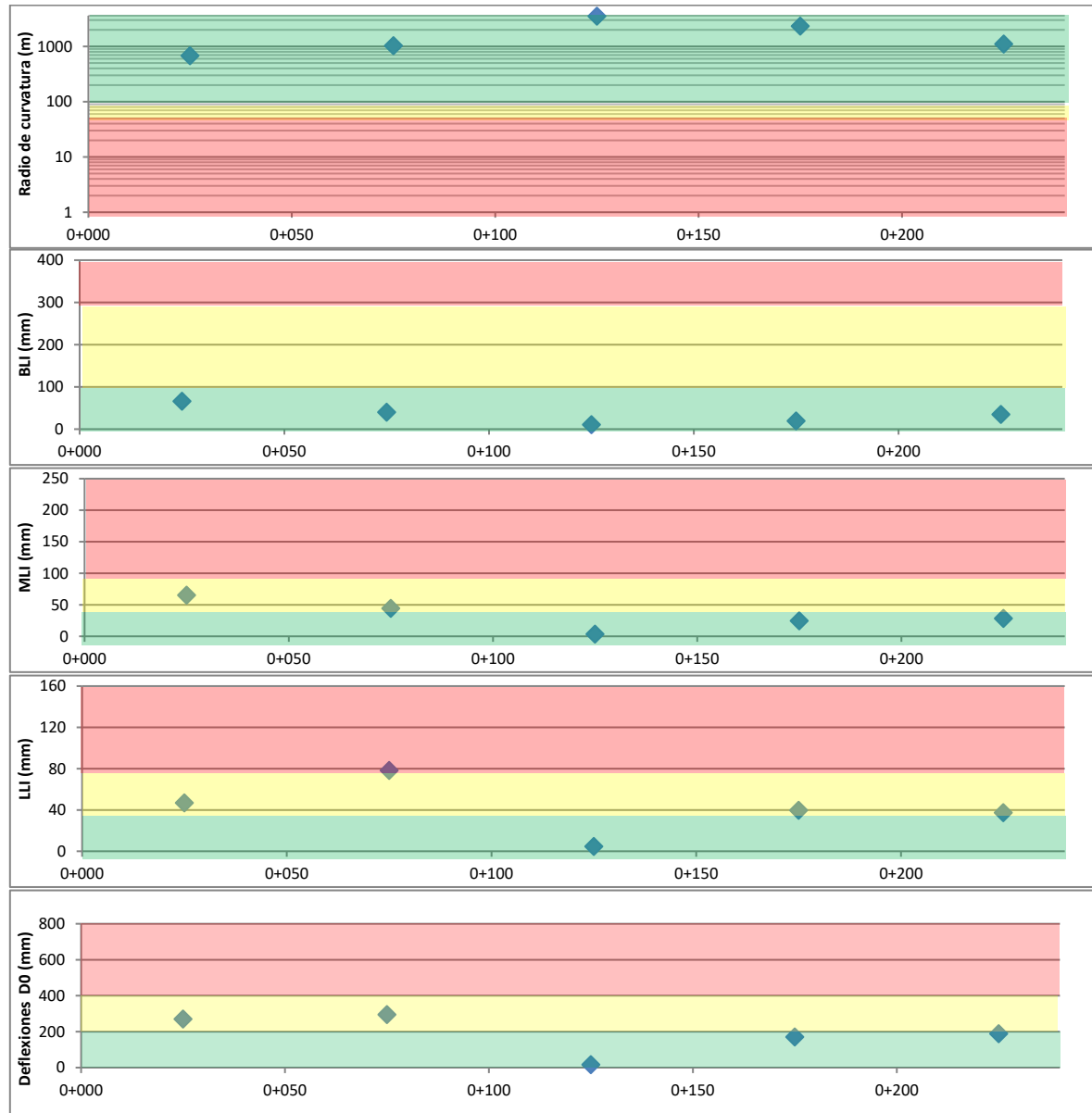


Figura 29. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril interno ramal Rotonda – Paso Ancho. Fuente: LanammeUCR, 2020

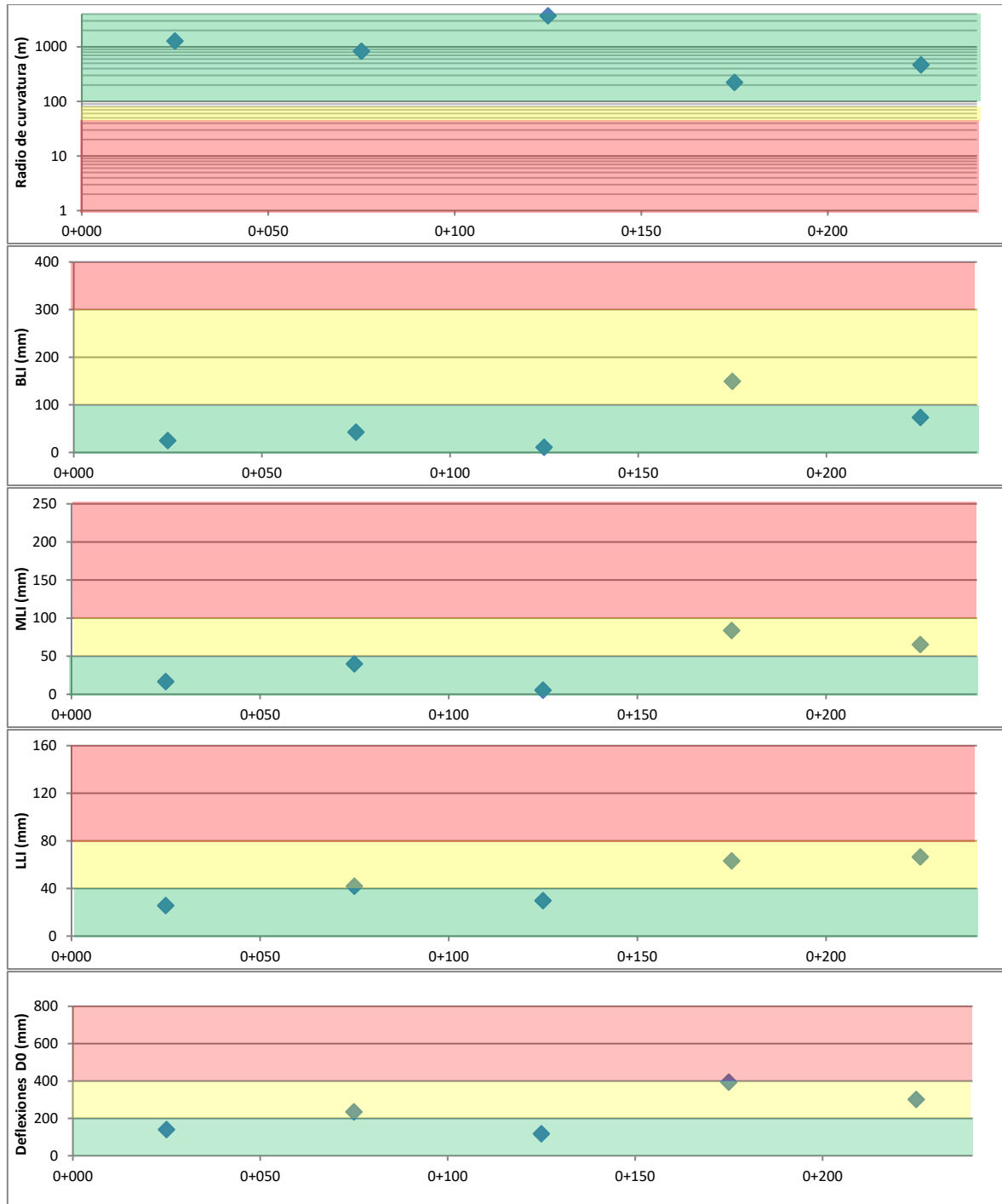


Figura 30. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril externo ramal Rotonda – Paso Ancho. Fuente: LanammeUCR,2020



CARRILES RAMPA PASO ANCHO – ROTONDA

En la Figura 32 y la Figura 33 se muestra la condición estructural de las secciones evaluadas en los carriles de la rampa Paso Ancho - Rotonda según los indicadores RoC, BLI, MLI, LLI y d_0 .

Los carriles de la rampa Paso Ancho – Rotonda tienen una condición estructural de regular a buena, con excepción de la sección 0+175 del carril interno, donde la condición estructural es severa. Para la sección 0+175 del carril interno, el indicador BLI señala que la condición estructural de las capas superiores es regular y el indicador MLI señala que la condición estructural es severa, por lo que la base estabilizada y subbase en este punto pueden presentar deterioros.

Figura 31. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril interno rampa Paso Ancho – Rotonda. *Fuente: LanammeUCR,2020.*

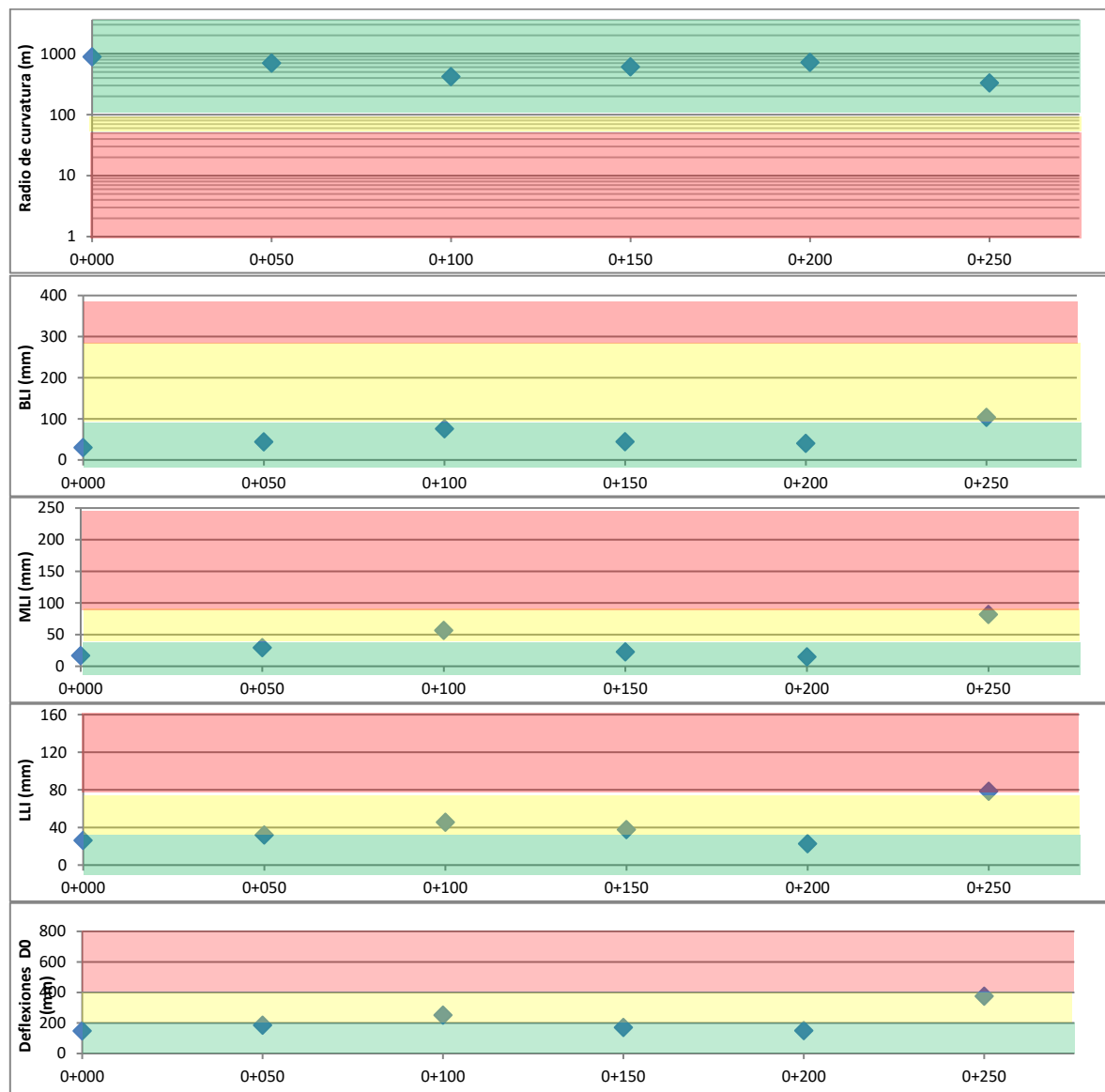


Figura 32. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril externo rampa Paso Ancho – Rotonda. *Fuente: LanammeUCR,2020.*

CARRILES RAMPA ROTONDA – SAN PEDRO

En la *Figura 33* y *Figura 34*, se muestra la condición estructural de las secciones evaluadas en los carriles de la rampa Ronda – San Pedro según los indicadores RoC, BLI, MLI, LLI y d_0 .

Los carriles de la rampa Ronda – San Pedro tienen una capacidad estructural buena, con excepción de la sección 0+050 del carril externo. Para la sección 0+050 del carril externo existe el riesgo de que la base estabilizada y subbase en este punto haya desarrollado deterioros, pues la condición estructural obtenida según el indicador BLI es regular y según el indicador MLI es severa. Aunado a lo anterior, según los indicadores LLI y d_0 , es posible que la subrasante de esta sección también presente problemas.

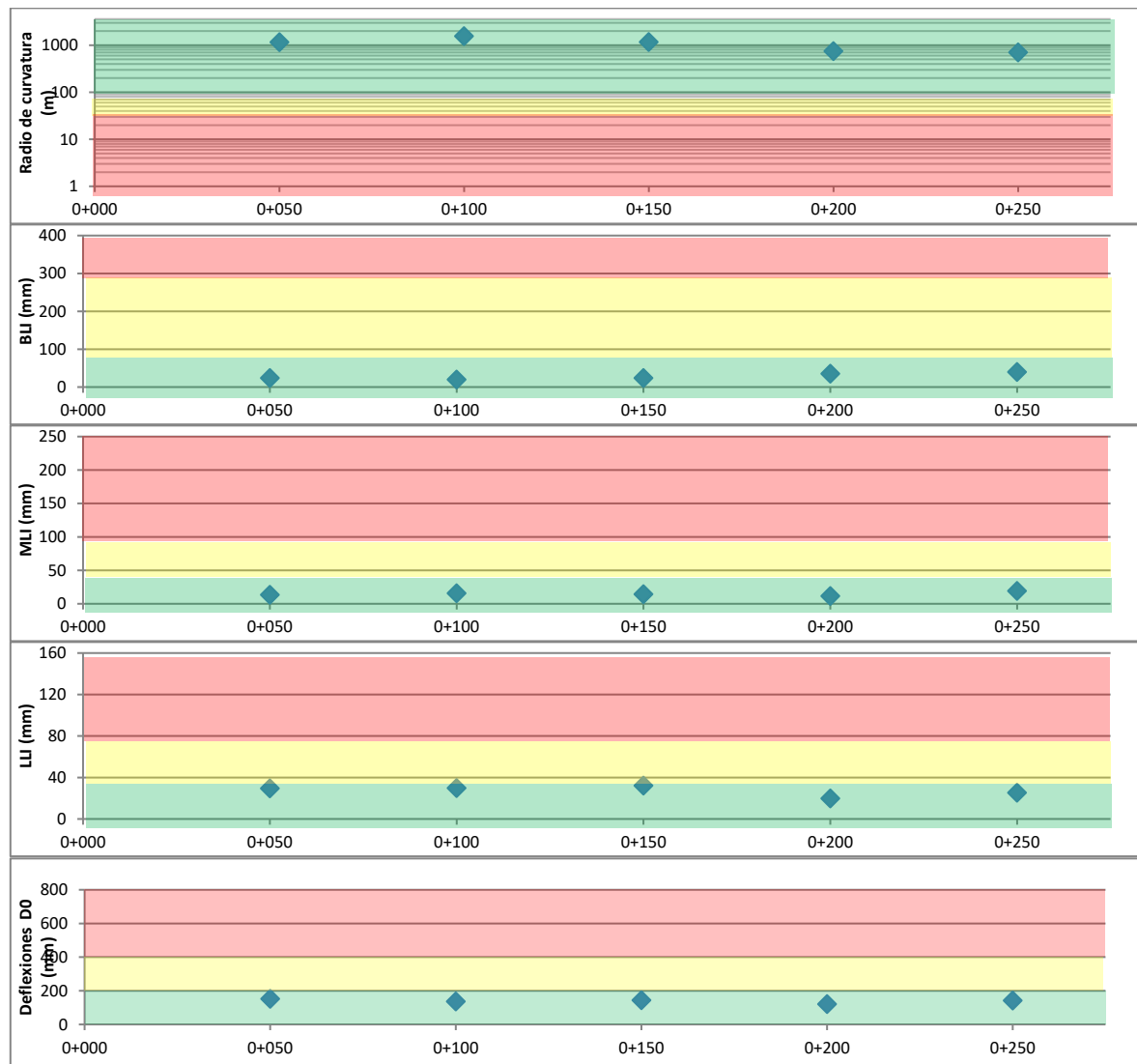


Figura 33. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril interno rampa Ronda - San Pedro Fuente: LanammeUCR, 2020.

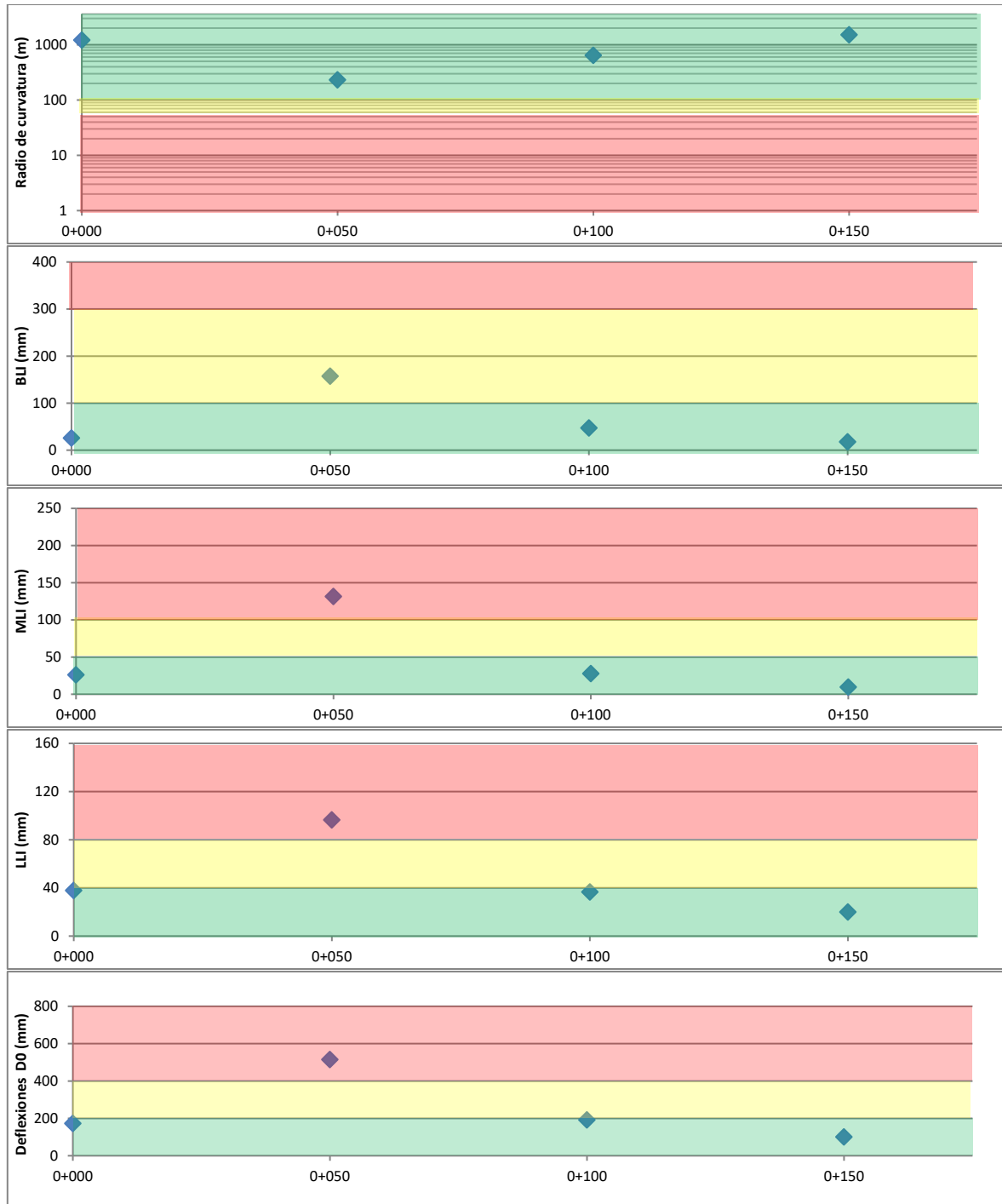


Figura 34. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril externo rampa Rotonda - San Pedro. Fuente: LanammeUCR, 2020.

En la Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38 y Figura 39, se muestra la ubicación geográfica y la condición estructural de las secciones evaluadas en las rampas del proyecto según los indicadores RoC, BLI, MLI, LLI y d_0 .

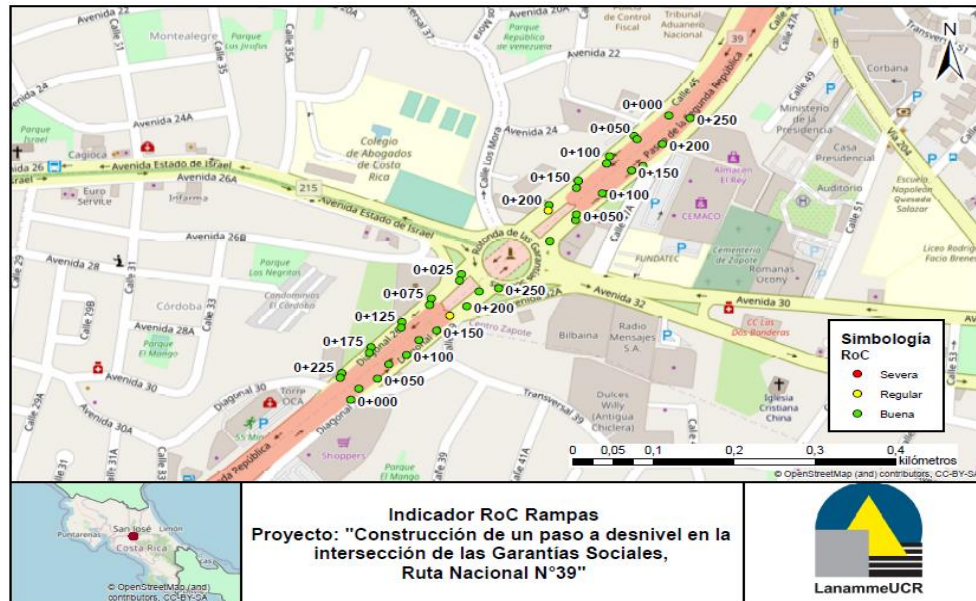


Figura 35. Mapa condici3n estructural seg3n el indicador RoC en los carriles de las rampas evaluadas *Fuente: LanammeUCR,2020.*



Figura 36. Mapa condici3n estructural seg3n el indicador BLI en los carriles de las rampas evaluadas *Fuente: LanammeUCR,2020.*



Figura 37. Mapa condición estructural según el indicador MLI en los carriles de las rampas evaluadas. Fuente: LanammeUCR,2020.



Figura 38. Mapa condición estructural según el indicador LLI en los carriles de las rampas evaluadas. Fuente: LanammeUCR,2020.



Figura 39. Mapa condición estructural según el indicador d_0 en los carriles de las rampas evaluadas.
Fuente: LanammeUCR, 2020

SOBRE LA SEGURIDAD VIAL DEL PROYECTO

HALLAZGO 3. SE EVIDENCIÓ QUE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PRESENTADA POR LA ADMINISTRACIÓN, ASÍ COMO EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR NO GARANTIZA UN ADECUADO DESEMPEÑO DE LOS MISMOS DURANTE SU OPERACIÓN

La documentación técnica presentada por la Administración, así como el proceso constructivo de los sistemas de contención vehicular no garantiza un adecuado desempeño de los mismos durante su operación.

Se evidenció, mediante diversas notas informe emitidas por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del LanammeUCR, que la información aportada por la Administración sobre el diseño y fichas técnicas de los sistemas de contención vehicular, así como algunos aspectos constructivos no permiten asegurar el adecuado funcionamiento de estos elementos durante la operación de la ruta.

Se resume en la Tabla 17 las principales observaciones realizadas por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte en los meses de junio 2019 y junio 2020 sobre el tema de los sistemas de contención vehicular, así como los oficios y principales observaciones realizadas por la Unidad Ejecutora como respuesta a los oficios emitidos.



Tabla 17. Recopilación de observaciones sobre sistemas de contención vehicular del LanammeUCR y la Unidad Ejecutora del proyecto

Oficio	Observaciones	Respuesta	Observaciones
LM-IC-D-0427-19	Se identificó la ausencia de diseño y certificación de los sistemas de contención vehicular.	POE-09-2019-0519	Se indica que el diseño de los SCV y especificación para las placas metálicas o tapa de cierre se encuentra en los Planos "Señalización, balizamiento y defensas detalles".
18 de junio de 2019	Solicitud de los diseños y certificados de los dispositivos de contención vehicular, fichas técnicas junto a los manuales de instalación y anclaje correspondientes.	05 de agosto de 2019	Se anexó a la nota de UNOPS la ficha técnica y certificado de ensayo donde se valida el uso de placas metálicas en la mediana. Se indica que el tipo de ensayo solicitado lo realiza únicamente la empresa fabricante de las placas.
LM-IC-D-0756-19	Los planos "Señalización, balizamiento y defensas detalles", no especifican un diseño de sistemas de contención vehicular ni su memoria de cálculo, de acuerdo con el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, Decreto N° 37347-MOPT.	POE-09-2019-0740	Se señala que las barreras Tipo F definidas en los planos responden a tipologías definidas en el Manual de Carreteras DE-2011 y que los diseños corresponden a agencias de transporte en Estados Unidos.
13 de setiembre de 2019	No se identifican certificados de calidad en materia de dispositivos de contención vehicular emitidos por el fabricante y su cumplimiento con base en normativa. Únicamente se adjunta certificado de calidad del concreto.	14 de octubre de 2019	Se indica que las barreras rígidas no han sido sometidas a ensayos de choque a escala real.
	Se consulta sobre el tipo de anclaje para las barreras prefabricadas. Se solicita fichas técnicas, certificado del fabricante que valide los métodos de anclaje propuestos, memoria de cálculo del diseño.		Se menciona que el nivel de contención es TL4 y que para los parámetros de diseño se consideró el Manual Centroamericano de Diseño Geométrico.
LM-IC-D-0281-2020	Nueva solicitud de memoria de cálculo del diseño de los sistemas de contención vehicular y fichas técnicas.	POE-09-2020-0285	Respecto al anclaje de las barreras prefabricadas se indica que se anclarán a una base según la Tabla 5-3 Roadside Barriers and NCHRP Report 350 Approved Test Levels específicamente para la barrera F-shape System Designation SGM11a, del Roadside Design Guide (AASHTO, 2011).
23 de marzo de 2020	Se realiza la aclaración de que los planos no corresponden al diseño ni memoria de cálculo del sistema de contención vehicular.	06 de abril de 2020	En relación con el diseño y memorias de cálculo del sistema de contención vehicular, se indica que las barreras de contención fueron elaboradas, cumpliendo la norma SGM10a-b de la Federal Highway Administration, misma norma posee todas las comprobaciones y certificaciones solicitadas por el LanammeUCR.
	Se enfatiza que los certificados de calidad del concreto no corresponden		



	al certificado que valide el uso de los dispositivos como sistemas de contención vehicular. Se identifica ausencia de memoria de cálculo para justificar el nivel de contención TL4 señalado. Se aclara que el Manual DE-2011 no es un documento oficializado por el MOPT: Además se señala que en el SIECA (2011) no se especifican parámetros de diseño de los sistemas de contención vehicular o metodología de diseño. Ausencia de memoria de cálculo y diseño de amortiguador de impacto. El documento Roadside Design Guide (AASHTO, 2011) sí identifica ensayos a escala real para la certificación de la barrera tipo F. La ficha de la barrera F Shape, System Designation SGM11 del AASHTO, en relación con el anclaje especifica que la barrera debe contar con una cimentación monolítica o en caso de discontinuidades, unir las mediante dovelas, condición que no responde a lo observado en campo.		Se adjuntó la ficha técnica del amortiguador de impacto. Se reitera que los diseños corresponden a agencias de transporte en Estados Unidos.
LM-IC-D-0401-2020 19 de mayo de 2020	Márgenes con espaldones reducidos de 50 cm de ancho o menores. Observaciones sobre la instalación sistema de contención (barrera metálica) en proximidades a Torre Oca; abatimiento de terminal, longitud y tipo de sistema de contención vehicular debido a la ausencia de diseños. Solicitud de justificación técnica del sistema de contención vehicular, diseño del dispositivo con su respectiva memoria de cálculo, fichas técnicas de fabricante y detalles de instalación.	POE-09-2020-0452 04 de junio de 2020	Sobre la funcionalidad de la barrera metálica, se indica que la misma se instaló para evitar que un vehículo se vuelque o invada la acera debido a que se generó un desnivel entre la calle marginal y la acera Sobre la terminal de la barrera se indica que no es posible desviar la terminal de la barrera, debido al espacio y que generaría conflicto con los peatones. Además, se menciona que se colocará un delineador en las proximidades de la terminal. Se indica que la longitud de la barrera es suficiente para cubrir el desnivel. Se indica que el nivel de contención seleccionado para la barrera fue N2 debido a la baja severidad de una posible colisión debido al desnivel y a las velocidades de operación de la ruta marginal.
Informe preliminar LM-INF-IC-D-0010-B-2020		Fecha de emisión: Octubre 2020	
		Página 62 de 78	



LM-IC-D-0527-2020 29 de junio del 2020	Anclaje de sistemas de contención tipo semirrígido (barreras metálicas) a mezcla asfáltica, condición que no atiende las condiciones típicas de ensayos a sistemas de este tipo. Uso de placas metálicas para unir las discontinuidades de los sistemas de contención vehicular de concreto, sin certificado o evidencia de cumplimiento de alguna de las normas de ensayo como la NCHRP Reporte 350, MASH o EN-1317. Colocación de postes de sistemas de contención vehicular semirrígidos, con marcas de fabricante distintas.	POE-09-2020-0537 14 de julio de 2020	Respecto al anclaje de barrera semirrígida, se indica que la condición de diseño de las barreras solicita que los postes permanezcan anclados ante el impacto. Se menciona que no se generan en laboratorio pruebas para cada tipo de anclaje debido a variabilidad de condiciones por lo que no requieren un certificado especial según la condición de anclaje presentada. Respecto al uso de placas metálicas para unión de las barreras tipo New Jersey, se considera singularidad una alcantarilla debajo de la línea de la barrera tipo New Jersey. Se menciona que no existe una solución tecnológica en el mercado para resolver el problema, por lo que, se considera una solución aceptable para resolver la singularidad. Respecto a la diferencia de los postes se aclara que el fabricante es el mismo, y las letras corresponden al país de fabricación.
--	---	--	---

Fuente: LanammeUCR, 2020

La información recopilada en la Tabla 1 permite evidenciar diferentes debilidades en la definición, diseño y proceso constructivo de los sistemas de contención vehicular del proyecto.

El primer aspecto y de mayor relevancia que llama la atención del Equipo Auditor es la ausencia de un diseño formal y memorias de cálculo como fundamento técnico para la definición de sistemas de contención vehicular en el proyecto. La evaluación realizada por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del LanammeUCR permite concluir que el dimensionamiento, ubicación espacial, nivel de contención y selección del tipo de sistema de contención vehicular se realizó sin considerar los criterios de diseños establecidos en el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras que es un documento obligatorio a incorporar en los proyectos según el Decreto N° 37347-MOPT.

Las respuestas brindadas por Unidad Ejecutora y UNOPS no atienden las consultas realizadas en los oficios de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte en relación con el tema de diseño y memoria de cálculo de los sistemas de contención vial del proyecto. Adicionalmente, la Administración justificó que para los parámetros de diseño se consideró el Manual Centroamericano de Diseño Geométrico y que las barreras rígidas tipo F responden a tipologías definidas en el Manual de Carreteras DE-2011, el cual es un documento no oficializado dentro de la normativa del país. Sobre los sistemas de contención vehicular semirrígidos en los oficios de respuesta de la Administración no se emitió ningún criterio sobre su diseño. Por otra parte, en lo referente a los sistemas de contención vehicular rígidos, se menciona en tres de los cinco oficios, que los diseños responden a Agencias de

Transporte de Estados Unidos que pueden ser fabricados y utilizados en redes de carreteras sin ningún inconveniente. Sobre este último comentario, se considera que existe un error de concepto por parte de la Administración en qué consiste un diseño de un sistema de contención vehicular. El diseño de un sistema contención vial no se limita únicamente a las dimensiones físicas del elemento, sino más bien abarca numerosos aspectos para definir el tipo de sistemas de contención vehicular a implementar. En un diseño de un sistema de contención vehicular, se deben contemplar aspectos del entorno, geometría de ruta, identificación de obstáculos para justificar o no su implementación. Con base en la información anterior se debe definir el nivel de contención requerido, determinación del área libre entre la barrera y el obstáculo, determinación de la altura de la barrera, cálculo de longitud de la barrera y por último la selección del tipo de barrera.

Las respuestas brindadas en los oficios emitidos por la Unidad Ejecutora y UNOPS se limitan a la parte final del proceso de diseño, o sea a la selección de la barrera, omitiendo la información necesaria para llegar a dicha determinación. Únicamente en el oficio POE-09-2019-0740 del 14 de octubre de 2019, se menciona un nivel de contención de la barrera rígida TL4 sin presentar un fundamento técnico o memoria de cálculo para llegar a esta determinación. Esto quiere decir que si bien la Administración pudo haber seleccionado una barrera estándar de una Agencia de Transporte que cumple con certificados de calidad pertinentes, la barrera podría no ser la adecuada para el proyecto. Por lo tanto, según la información presentada por la Unidad Ejecutora y UNOPS sobre el diseño y memoria de cálculo de los sistemas de contención vehicular, se puede afirmar que no hay garantía de que las barreras seleccionadas respondan a las verdaderas necesidades y niveles de contención requeridos para el proyecto, lo cual representa un potencial riesgo desde el punto de vista de la seguridad vial para los usuarios que transitan en la vía ante un choque vial.

Un segundo aspecto de relevancia que no fue considerado en el diseño de barreras rígidas del proyecto es el del ancho de trabajo del sistema de contención vehicular. Se debe recordar que el ancho de trabajo es la distancia entre la cara más próxima al tráfico antes del impacto, y la posición lateral más alejada que durante el impacto alcanza cualquier parte esencial del sistema o vehículo (Valverde, 2011). En la Figura 40 se muestra gráficamente la definición de ancho de trabajo denotado con la letra W.

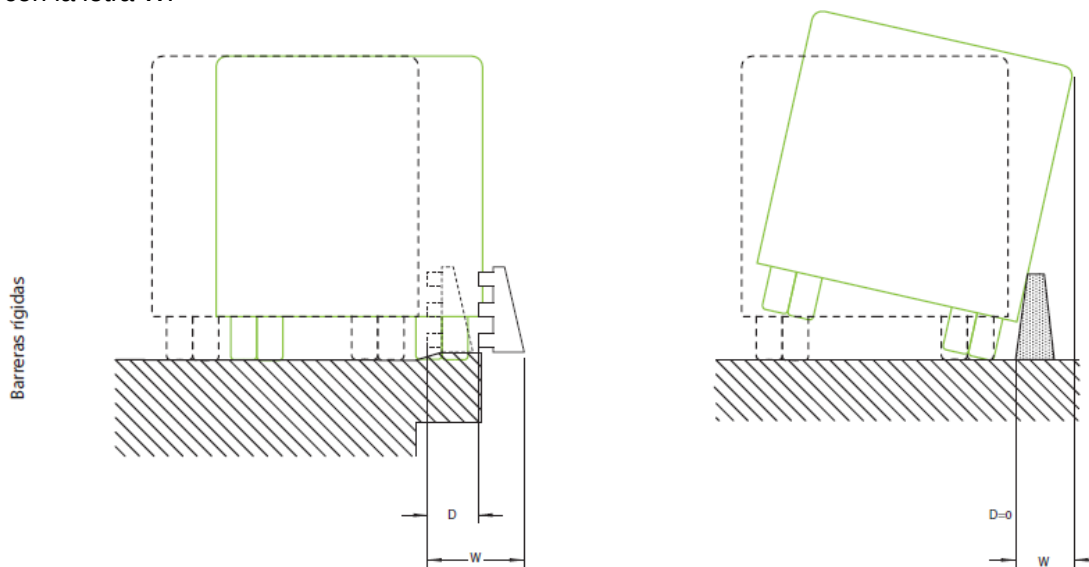


Figura 40. Ancho de trabajo sistema de contención barrera rígidas. Fuente: Valverde, 2011.

La condición de las barreras rígidas medianeras del proyecto con espaldones reducidos de 50 cm de ancho o menores y al tener el sistema de contención una deflexión de 0 m debido a su rigidez hace que el ancho de trabajo de la barrera sea un parámetro crítico ante una posible colisión con el elemento. Por lo tanto, si las barrera tipo F o New Jersey colocadas en el proyecto no cumplen el ancho de trabajo mínimo establecido en la certificación de la barrera, existe el potencial riesgo de volcamiento o colisión de vehículos en el carril opuesto especialmente en el caso de vehículos pesados.

Por último, en relación **con** el tema del proceso constructivo se debe indicar que se evidenciaron algunas diferencias entre el elemento construido en sitio y el diseño adoptado según la norma SGM10a-b de la Federal Highway Administration. Así, por ejemplo, dentro de las variaciones identificadas por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte en el proceso constructivo encontramos la utilización de barreras prefabricadas cuyos anclajes entre sí no corresponden a una técnica contemplada dentro de las especificaciones del tipo de barrera seleccionada. Cabe destacar que según el tipo de sistema de contención vehicular seleccionado y de acuerdo con las condiciones del sitio, el dispositivo deberá estar anclado entre sí o no, para asegurar su correcto funcionamiento y efectividad. De igual manera sucede con el anclaje o no de las barreras a la superficie.

En relación con el anclaje entre las barreras la norma SGM10a-b de la *Federal Highway Administration* establece que ante discontinuidades las barreras deberán estar unidas mediante una cimentación monolítica o mediante la conexión de dovelas, tal como se observa en la Figura 41.

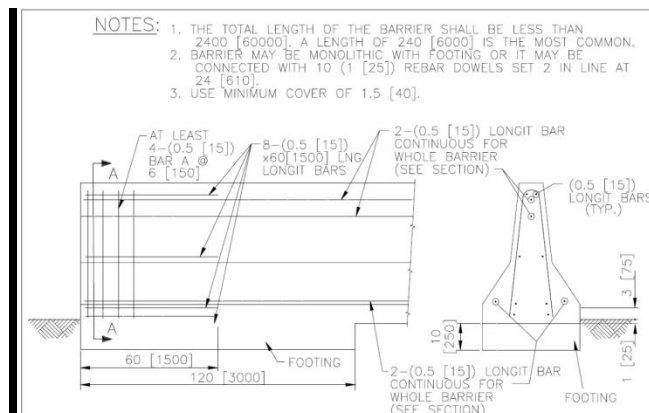


Figura 41. Plano constructivo barrera Tipo F. Fuente: FHWA, 2011

Ninguna de las condiciones de anclaje señaladas anteriormente fue identificada en las inspecciones de las barreras del proyecto. En la Figura 42 se observa que la barrera medianera es anclada a la superficie mediante pernos en su parte inferior; sin embargo, en su sección transversal no hay evidencia de ningún tipo de conexión o prevista para el anclaje entre las barreras.



Figura 42. Barrera de concreto en mediana, paso inferior del proyecto Intercambio Garantías Sociales. Fuente: LanammeUCR, 2020.

Sobre la condición evidenciada, se debe indicar que cualquier tipo de variación del proceso constructivo en relación con el diseño estandarizado de un tipo de barrera genera incertidumbre sobre el desempeño y efectividad del elemento ante una posible colisión vial, ya que existe una variación a las condiciones bajo las cuales fue ensayada ese tipo de barrera.

HALLAZGO 4. SE EVIDENCIÓ LA APARICIÓN DE DETERIOROS PREMATUROS EN LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DEL PROYECTO.

Posterior a la puesta en funcionamiento del proyecto se evidenciaron diversos deterioros prematuros de la demarcación horizontal y captales colocados en el proyecto.

La condición de deterioro se identificó en las visitas realizadas por los expertos técnicos de la Unidad de Seguridad y Transporte en el mes de junio y agosto de 2020. Sobre los deterioros evidenciados se identificaron desprendimientos y decoloración de la pintura en pasos peatonales, grietas y resquebrajamiento de la pintura, demarcación de nueva señalización sobre demarcación existente, borrado deficiente de la demarcación provisional o existente, así como problemas de adherencia y desprendimiento del vinil retrorreflectivo en captales. En la Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46, Figura 47 y Figura 48 se ejemplifican los deterioros identificados.



Figura 43. Condición de deterioro, desprendimiento de demarcación horizontal en cruces peatonales evidenciado durante los meses de julio y agosto 2020. Fuente LanammeUCR,2020.



Figura 44. Deterioros en la demarcación horizontal del proyecto. Fuente LanammeUCR,2020.



Figura 45. Demarcación nueva sobre demarcación antigua, junio 2020. Fuente LanammeUCR,2020.



Figura 46. Borrado deficiente de la demarcación agosto 2020. Fuente LanammeUCR,2020.



Figura 47. Condición de deterioro de captales y epóxico evidenciado en las visitas realizadas durante los meses de junio y agosto 2020. Fuente LanammeUCR,2020.

Ante la condición evidenciada, primeramente, en el mes de junio la Unidad de Seguridad Vial y Transporte emitió el oficio LM-IC-D-0527-2020 con el fin de alertar a la Administración sobre los deterioros registrados y recomendar la atención y reparación.

La Administración brindó respuesta mediante el oficio POE-09-2020-0537, con fecha del 14 de julio del 2020, en el cual se adjunta oficio **6800/200714/ER/176** como respuesta brindada por UNOPS a los señalamientos del oficio LM-IC-D-0527-2020.

En general en dicho documento se señala que los deterioros identificados en la demarcación horizontal estaban en proceso de revisión dado que el proyecto se encontraba en período de Notificación de Defectos. En el tema de la colocación de señalización sobre demarcación existente se indicó que se estaba en la gestión con el fabricante para que certificará la factibilidad de colocar sobre una demarcación antigua una nueva demarcación. En relación con el borrado de la demarcación antigua se indicó que se procedería al borrado de las demarcaciones que generan confusión. Igualmente se indicó que los captales desprendidos o con defectos evidentes, eran observados y se procedía a su sustitución y colocación adecuada.

El grupo de expertos técnicos de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte dio seguimiento a las consideraciones señaladas en el oficio POE-09-2020-0537 para la atención de los deterioros, para ello realizó una nueva visita al proyecto a finales del mes de agosto. En la visita realizada se constató



que la condición de algunos de los deterioros señalados en el oficio LM-IC-D-0527-2020 se mantenía o las intervenciones realizadas como reparaciones no eliminaron la problemática señalada previamente. Por ejemplo, aún existían marcas de la demarcación existente a pesar de que se había habilitado y puesto en servicio los tramos del proyecto.

Por otro lado, se evidenciaron algunas reparaciones realizadas a los deterioros señalados en el oficio LM-IC-D-0527-2020, no obstante, el trabajo realizado no garantiza un adecuado desempeño de los elementos de la demarcación vial del proyecto.

Uno de los casos identificados fue la redemarcación en algunas las franjas amarillas que evidenciaron desprendimiento y decoloración en la visita de junio; sin embargo, la reparación consistió en la colocación de demarcación nueva sobre la demarcación anterior, tal como se observa en la Figura 48. En dicha figura se evidencia que la franja amarilla nueva (pigmento amarillo brillante) sobre la franja amarilla previa (pigmento amarillo opaco), así como orificios en la demarcación blanca, que permite evidenciar la demarcación anterior.



Figura 48. Demarcación nueva sobre demarcación anterior. Fuente LanammeUCR,2020.

La condición de la reparación mostrada en la Figura 48 podría propiciar el deterioro acelerado de la intervención realizada ya que no hay garantía a la fecha de que el fabricante certificará la compatibilidad y adherencia entre el material previo y el material nuevo que se coloca. Este aspecto fue consultado en el oficio LM-IC-D-0527-2020; sin embargo, a la fecha de emisión de este informe la Administración no había presentado documentación que avale dicha práctica.

De forma similar al caso anterior se evidenció que algunos captaluces fueron sustituidos y adheridos a la vía mediante un ligante bituminoso; sin embargo, se advierte que el adhesivo con que los captaluces que fueron instalados previamente presenta una condición prematura de deterioro, por lo que posiblemente se desprenderán de la vía en corto plazo, esto se observa en la Figura 47.

Ante los nuevos hallazgos identificados los expertos técnicos en el área remitieron el oficio LM-IC-D-0888-2020 del 05 de octubre de 2020, con el fin de reiterar la preocupación sobre los deterioros evidenciados y la calidad de las reparaciones realizadas.

A partir de la nota anterior, se realizó una nueva visita al proyecto el día 07 de octubre de 2020 donde se identificaron labores de reparación en la demarcación de los pasos peatonales y ya se había

realizado el borrado de la demarcación horizontal antigua, anteriormente señalada en oficios previos. En la Figura 49 se observa algunas de las reparaciones realizadas en la visita del 07 de octubre.



Figura 49. Reparación pintura paso peatonal. Fuente LanammeUCR, 2020.

Sobre la condición de deterioro evidenciada en la demarcación horizontal y algunos captaluces, la sección 104 **Trabajo por ejecutar** del Pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto establece que:

El trabajo cubierto por estas especificaciones comprende la ejecución y terminación total de la obra objeto del contrato y sus modificaciones autorizadas, en el plazo definido y por el monto contratado, incluyendo el suministro de todos los materiales, equipo, transporte, mano de obra y todo lo demás que sea necesario e imprevisto, así como la limpieza final del sitio del proyecto, el pago de todas las obligaciones contraídas y **el reemplazo de la obra y materiales defectuosos, todo de acuerdo con los planos, especificaciones y demás documentos contractuales.**

Por lo tanto, según lo anterior es criterio del Equipo Auditor que el estado de cumplimiento del alcance de los trabajos en términos de la demarcación horizontal no se puede dar por recibido en función de los deterioros evidenciados. La condición de deterioro de algunos elementos no garantiza la funcionalidad y desempeño de estos en el corto plazo y a la vez no son propios del estándar a nivel país de seguridad vial que se espera para proyecto de obra nueva.

Por otro lado, pese a que posteriormente se borraron algunas demarcaciones del pavimento existente o demarcación provisional, el proyecto se puso en funcionamiento sin que estas fueran eliminadas.

En relación con el tema de remoción de marcas del pavimento el Pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, la Sección 634.) Señalización horizontal estable que:

Se eliminarán todas las señales de guía, los residuos de señales o pintura, las señales no autorizadas y las señales defectuosas o que existían anteriormente en el pavimento.

De igual manera la norma INTE Q46 Guía de buenas prácticas para la demarcación vial horizontal específica, en el Apartado 3.3.2 lo siguiente:



“Las marcas que ya no sean necesarias y que puedan causar algún tipo de confusión a los usuarios o que presenten problemas de adherencia deben ser removidas en su totalidad. La remoción de marcas anteriores en el pavimento se puede realizar mediante el esmerilado o cualquier otro método abrasivo. Posterior a la remoción, se debe limpiar la superficie previa a la demarcación e implementar la técnica que apruebe el contratante para reducir el contraste entre la marca nueva y la borrada.

No se debe utilizar pintura negra como medio para borrar las demarcaciones existentes.”

Es criterio del Equipo Auditor que el borrado de la demarcación existente previo a la apertura del proyecto deber ser un factor de atención para la ingeniería de proyecto, ya que existe el riesgo de que dicha demarcación confunda a los usuarios de las rutas y se produzcan accidentes de tránsito.

CONCLUSIONES

Sobre la aprobación de singularidades

- Se evidenció un inadecuado proceso de gestión por parte de la Unidad Ejecutora y de UNOPS en la evaluación del parámetro de regularidad superficial.
- La evaluación del parámetro IRI presentada inicialmente por el Autocontrol y la Supervisión no consideró la longitud total del proyecto, únicamente se limitó a la medición del perfil longitudinal de los estacionamientos 0+150 y 0+600. Por lo cual se debió solicitar una nueva medición del parámetro.
- Se contabilizó un lapso mayor a 5 meses para que la Unidad Ejecutora presentara un documento con singularidades, según la solicitud realizada por el Equipo Auditor.
- UNOPS y la Supervisión aprobaron singularidades posteriormente a la identificación de incumplimientos en los valores de media fija de cuatro carriles del tronco principal.
- La aprobación de las singularidades según los documentos revisados se realizó con base en justificaciones propias del contratista sin ser contrarrestadas con registros propios de inspección, esto según la documentación presentada.
- La Supervisión del proyecto ni UNOPS presentaron un registro basado en reportes de inspección o un análisis estadístico que validaran que las singularidades propuestas por el contratista incidieron en el proceso constructivo generando una afectación al perfil longitudinal del proyecto.
- No se identificó un registro donde la ingeniería de proyecto realizará una aprobación de las singularidades planteadas por el contratista, la cual es una responsabilidad contractual de la ingeniería de proyecto.
- La Unidad Ejecutora avaló los resultados de evaluación de IRI suministrados por UNOPS, sin pronunciarse sobre las singularidades del proyecto.
- La propuesta de singularidades realizada por el contratista no presentó un registro con evidencia fotográfica estacionada o georreferenciada de afectaciones al proceso constructivo ni un análisis estadístico que justifique que dichas eventualidades incidieron en el perfil longitudinal.
- No existe claridad sobre la forma en que fueron seleccionados los estacionamientos definidos como singularidades.



- La información presentada por la empresa contratista como propuesta de singularidad no permite dar por recibidas las singularidades planteadas.
- Se identificaron oportunidades de mejora en el proceso de programación y planificación del proceso constructivo de la estructura de pavimento.

Sobre la evaluación del IRI

- Se evidenció el incumplimiento de la media fija de los valores individuales de IRI en el acabado de la estructura de pavimento de los cuatro carriles del proyecto, lo cual dista del estándar de calidad establecido en el cartel de licitación para un proyecto de obra nueva.
- Los resultados de IRI del Autocontrol y la Supervisión, sin contemplar las singularidades, permiten identificar incumplimiento en el valor máximo de media fija de los cuatro carriles.
- El análisis de valores individuales de IRI realizado por el LanammeUCR permitió evidenciar el incumplimiento de dos tramos de 100 m en dos diferentes carriles del proyecto.
- Los tramos que incumplieron el valor individual de 3,0 m/km, corresponden al carril externo en el sentido San Pedro–Paso Ancho estacionamientos 0 +100 a 0+200 y carril interno en el sentido Paso Ancho–San Pedro estacionamientos 0 +600 a 0+700.
- La evaluación del Laboratorio del Autocontrol y Verificación de calidad no permitió identificar incumplimientos de valores individuales de IRI.
- Se identificó concordancia espacial entre los tres laboratorios de los datos que presentaron las mayores magnitudes de IRI.
- Se identificó inconsistencia en la selección de la longitud de los tramos evaluados y adoptados por el Autocontrol y la Supervisión según el cartel de licitación.
- La ingeniería de proyecto no solicitó la reparación de ningún tramo a pesar de tener evidencia de que se presentó un tramo con incumplimientos en la primera evaluación realizada.

Fricción

- La evaluación de la condición de fricción superficial de los 4 carriles del tronco principal del proyecto determinó tres carriles con una condición promedio regular (carriles externos y carril interno en sentido Parque de la Paz-San Pedro), y uno en condición promedio buena (carril interno en sentido Parque de la Paz-San Pedro) a pesar de que para este último caso el 57,14 por ciento de los datos presentaron una condición regular.
- Se identificó una única sección de 50 m con una condición de fricción deficiente en el carril externo en el Parque de la Paz-San Pedro de un total de 4200 m evaluados.
- La condición superficial obtenida en 3 de los 4 carriles no satisface el nivel esperado para una ruta de construcción de obra nueva, la cual a criterio del Equipo Auditor debería ser como mínimo buena.

Análisis estructural

- Según los indicadores LLI y d_0 , algunas secciones del tronco principal y de las rampas evaluadas presentan problemas en la subrasante.
- Según los indicadores BLI y MLI, es posible que la base estabilizada y subbase de la sección 0+200 del carril interno de la rampa San Pedro – Rotonda, la sección 0+175 del carril interno de la rampa Paso Ancho - Rotonda y la sección 0+050 del carril externo de la rampa Rotonda–San Pedro hayan desarrollado deterioros prematuros y se haya disminuido su capacidad estructural.



- Las malas prácticas constructivas evidenciadas en el informe LM-AT-044-2019 y en la nota LM-IC-D-0236-20 pudieron haber generado una disminución en la capacidad estructural de las capas de la estructura de pavimento en diversas secciones del proyecto.

Seguridad vial

- La Administración no presentó un diseño formal y memorias de cálculo para justificar técnicamente los sistemas de contención vehicular dispuestos en el proyecto.
- La ausencia del diseño de los sistemas de contención vehicular no permite garantizar que el dimensionamiento, nivel de contención y tipos de barreras seleccionadas sean los adecuados según los requerimientos del proyecto.
- La falta de consideración del ancho de trabajo en el diseño de las barreras medianeras aunado a la presencia física de espaldones reducidos constituye un potencial riesgo desde el punto de vista de la seguridad vial de los usuarios ante una colisión vial.
- Se evidenciaron diferencias significativas entre los planos constructivos y el proceso constructivo de barreras de contención rígidas en relación con el anclaje requerido entre los elementos.
- Se identificaron deterioros prematuros en la demarcación horizontal y captaluces colocados como parte de la señalización del proyecto, estos defectos no son propios del estándar a nivel país de seguridad vial que se espera para proyecto de obra nueva.
- Se realizaron reparaciones de algunos elementos que presentaron deterioro, sin embargo, las prácticas constructivas utilizadas no garantizan el adecuado desempeño de los elementos, así como su funcionalidad

RECOMENDACIONES

A la Unidad Ejecutora

- Se recomienda la definición de singularidades tipificadas al inicio del proyecto con base en los planos constructivos, para futuros proyectos.
- Se reitera la importancia de que exista un registro de inspección por parte de la Supervisión del proyecto que detalle el proceso constructivo y sirva de respaldo técnico para validar o no reclamos del contratista ante eventualidades del proceso constructivo.
- Se recomienda determinar las singularidades previo al proceso de evaluación considerando las dos recomendaciones anteriores.
- Se recomienda realizar un mapa con las singularidades estacionadas previo al proceso de evaluación.
- Se recomienda el cumplimiento de lo establecido en la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas del pliego de prescripciones técnicas del Tomo 4 del cartel de licitación en relación con el incumplimiento en los estándares de calidad del parámetro de regularidad superficial de la estructura de pavimento.
- Se recomienda ajustarse a la longitud de los tramos de 100 m establecida en el cartel de licitación para realizar la evaluación de los tramos.
- Se sugiere la realización del análisis de valores individuales de forma espacial para identificar tramos con deficiencias constructivas que incidan en los resultados del perfil longitudinal.



Fricción

A la Dirección Ejecutiva del CONAVI

- Incorporación de fricción superficial como parámetro de desempeño de evaluación en carteles de licitación de obra nueva.

A la Unidad Ejecutora

- Brindar monitoreo a los carriles con condición regular durante el periodo de operación del proyecto de manera que se garantice una superficie segura para el tránsito del usuario a lo largo del proyecto.
- Evaluar visualmente si la sección 0+150 a 0+200 del carril externo en el sentido Parque de la Paz –San Pedro presenta algún tipo de problema de exudación y en caso de presentarlo atenderlo de forma oportuna.

Análisis estructural

A la Unidad Ejecutora

- Evitar las malas prácticas evidencias en este proyecto en los proyectos a ser ejecutados por la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, de manera que no se genere un deterioro prematuro en las capas del pavimento ni se reduzca la capacidad estructural de éste.
- Monitorear el desempeño de la estructura de pavimento y la posible aparición de deterioros prematuros.

Seguridad vial

A la Unidad Ejecutora

- Solicitar la realización de diseños formales de sistemas de contención vehicular, de manera que su ubicación, longitud, nivel de contención y tipo de barrera sean las adecuadas según los requerimientos del proyecto.
- Solicitar la realización de los diseños de barreras de contención de acuerdo con los lineamientos estipulados en el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras según el Decreto N°37347-MOPT.
- Asegurar el espacio físico necesario para cumplir con el ancho de trabajo requerido y así garantizar el adecuado funcionamiento de la barrera sin el riesgo de aumentar la severidad de un choque vial.
- En el caso de la selección de barreras de contención estándar de Agencias de Transportes para implementación en los proyectos de obra vial se recomienda garantizar que el proceso constructivo replique de forma exacta las especificaciones y consideraciones de las fichas técnicas de la barrera seleccionada para asegurar el adecuado desempeño.
- Se recomienda atender las deficiencias señaladas en el tema demarcación horizontal y capitaluces dentro del periodo de Notificación de Defectos del proyecto, de manera que la Administración no incurra en gastos posteriores por reparaciones en un corto plazo, ya que



como se evidenció, se presentan deterioros acelerados o circunstancias que incitan a un deterioro prematuro de la infraestructura recién finalizada.

- Atender buenas prácticas de aplicación de pinturas para demarcación horizontal, así como instalación de captaluces de manera que alcance el estándar de seguridad vial esperado en proyectos de obra nueva.



7. Anexos

Ubicación	Estación	Latitud	Longitud	Temp. aire (°C)	Temp. Pav. (°C)	Presión (kPa)	Deflexiones corregidas (µm)								RoC (m)	BLI (µm)	MLI (µm)	LLI (µm)	
							D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7					D8
							0	200	300	450	600	900	1200	1500					1800
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	0	9,92432	-84,05697	27,9	34,5	564,0	198,59	178,73	163,55	148,90	129,74	87,79	71,24	52,48	38,93	1006,77	35,04	33,81	41,94
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	50	9,92388	-84,05722	27,8	35,4	566,0	164,19	148,47	135,88	125,88	115,38	79,59	72,59	56,49	44,99	1272,35	28,32	20,50	35,79
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	100	9,92355	-84,05747	28,3	36,0	564,0	293,28	264,81	235,09	198,37	165,15	96,52	78,16	55,89	41,44	702,50	58,19	69,93	68,63
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	150	9,92320	-84,05776	28,5	36,0	564,0	141,59	132,75	124,22	114,48	105,65	76,46	72,54	59,10	48,56	2261,56	17,37	18,56	29,20
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	200	9,92291	-84,05807	28,3	37,2	558,0	203,25	185,49	166,73	147,97	129,10	87,52	78,09	62,47	45,74	1125,98	36,52	37,63	41,58
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	250	9,92259	-84,05843	27,8	36,2	566,0	331,59	295,51	262,55	222,16	184,87	112,08	85,48	60,09	43,29	554,32	69,03	77,69	72,79
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	300	9,92227	-84,05878	28,6	36,4	561,0	246,80	221,62	192,77	164,52	137,09	82,62	64,46	44,28	31,37	794,10	54,04	55,68	54,47
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	350	9,92196	-84,05912	28,9	36,7	562,0	157,20	144,90	130,40	118,82	107,14	77,03	69,08	54,58	42,09	1626,42	26,80	23,26	30,11
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	400	9,92169	-84,05939	28,4	19,2	564,0	181,84	153,11	135,86	116,89	101,94	66,32	58,10	45,15	36,42	696,26	45,98	33,91	35,62
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	450	9,92145	-84,05961	27,5	18,6	563,0	171,62	141,93	122,63	106,45	90,36	59,71	50,86	40,01	31,66	673,63	48,99	32,27	30,66
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	500	9,92078	-84,06044	27,7	29,1	561,0	122,23	104,46	98,25	89,98	80,70	59,52	53,46	42,06	35,41	1125,28	23,98	17,55	21,18
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	550	9,92071	-84,06047	28,8	38,1	565,0	202,09	184,69	166,46	147,73	127,10	82,93	64,60	45,57	33,25	1149,88	35,62	39,36	44,17
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	600	9,92040	-84,06083	29,3	38,4	567,0	209,76	185,54	160,49	137,73	116,17	81,34	64,67	49,30	38,62	825,58	49,28	44,31	34,83
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	650	9,92006	-84,06122	29,4	38,6	554,0	207,41	183,97	160,47	137,49	114,30	70,89	55,67	41,37	34,42	853,23	46,93	46,17	43,41
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	700	9,91978	-84,06151	28,8	37,5	557,0	185,91	170,58	155,14	140,71	124,36	83,21	75,18	59,13	47,75	1305,00	30,77	30,78	41,15
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	750	9,91950	-84,06180	28,3	37,3	567,0	272,12	257,77	241,63	219,07	193,92	128,15	111,58	81,24	61,28	1394,09	30,49	47,71	65,77
San Pedro - Paso Ancho Carril Externo	800	9,91914	-84,06216	28,3	37,3	563,0	340,89	295,75	258,22	224,95	187,56	110,57	89,06	66,84	51,77	443,09	82,67	70,66	76,99
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	25	9,92410	-84,05703	30,0	41,9	564,0	303,33	266,90	224,65	186,33	147,90	87,90	65,72	49,27	38,43	548,97	78,67	76,76	60,00
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	75	9,92374	-84,05727	30,2	42,5	565,0	273,02	252,10	220,05	189,70	158,95	96,05	80,03	60,30	48,68	955,91	52,97	61,10	62,90
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	125	9,92337	-84,05755	30,4	42,3	561,0	144,87	135,67	121,55	109,25	93,61	65,06	49,93	36,62	27,54	2174,67	23,32	27,94	28,55
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	175	9,92303	-84,05786	31,2	42,6	565,0	184,65	164,76	147,23	130,61	114,68	80,23	70,81	55,99	47,28	1005,58	37,42	32,55	34,45
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	225	9,92270	-84,05823	31,2	42,8	569,0	321,61	293,09	251,92	212,24	176,23	108,80	90,21	67,93	54,20	701,40	69,69	75,69	67,43
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	275	9,92239	-84,05857	31,5	42,9	566,0	355,76	330,74	290,75	246,36	203,46	119,98	91,38	63,59	48,99	799,26	65,02	87,28	83,49
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	325	9,92204	-84,05895	31,7	42,9	562,0	168,67	169,77	155,47	134,83	114,99	84,89	69,18	52,06	40,38	18187,16	13,20	40,48	30,11
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	375	9,92182	-84,05922	29,9	27,9	569,0	198,65	172,65	152,37	133,37	113,58	74,69	64,15	48,53	37,10	769,40	46,28	38,79	38,89
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	425	9,92182	-84,05920	29,5	21,9	566,0	140,04	119,68	107,38	95,18	84,09	57,99	52,29	41,09	34,39	982,09	32,66	23,30	26,10
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	475	9,92110	-84,05992	29,5	23,0	572,0	186,95	157,30	138,11	121,00	106,06	66,58	58,57	41,26	31,36	674,67	48,84	32,05	39,47
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	525	9,92079	-84,06029	30,3	32,1	562,0	165,26	142,61	129,39	114,89	101,10	66,46	59,51	45,82	36,05	883,15	35,86	28,30	34,64
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	575	9,92054	-84,06062	30,7	45,0	564,0	184,50	166,06	148,20	130,74	111,78	71,84	61,51	44,75	34,52	1084,62	36,30	36,42	39,93
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	625	9,92023	-84,06096	30,9	45,5	566,0	172,89	157,07	139,38	124,78	111,08	75,29	66,59	50,69	39,29	1264,18	33,52	28,30	35,79
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	675	9,91994	-84,06127	30,8	45,2	566,0	226,57	208,56	181,17	157,17	132,48	81,49	62,89	45,09	34,69	1110,83	45,40	48,69	50,99
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	725	9,91960	-84,06162	31,3	44,6	569,0	232,38	211,74	186,98	163,50	139,73	87,92	74,79	55,79	43,76	969,08	45,40	47,24	51,82
San Pedro - Paso Ancho Carril Interno	775	9,91927	-84,06195	31,9	44,7	565,0	184,90	175,88	161,56	144,13	128,10	79,53	70,71	52,68	41,07	2216,92	23,34	33,45	48,58
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	0	9,92431	-84,05680	29,7	40,2	563,0	212,99	190,48	165,45	145,14	125,64	82,32	72,27	54,58	40,61	888,25	47,54	39,80	43,32
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	50	9,92391	-84,05704	29,4	39,2	565,0	235,08	209,43	184,69	160,96	136,82	83,83	68,61	51,88	40,06	779,97	50,38	47,88	52,98
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	100	9,92353	-84,05731	29,3	38,9	560,0	286,40	251,42	221,21	185,94	155,02	100,14	81,15	58,81	45,17	571,79	65,19	66,19	54,87



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	150	9,92318	-84,05760	29,3	39,2	563,0	219,07	192,29	168,26	143,64	120,42	73,28	62,42	46,04	34,88	746,60	50,81	47,85	47,14
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	200	9,92286	-84,05792	29,5	38,4	555,0	137,12	124,29	119,09	111,45	102,27	75,56	71,48	59,14	49,76	1559,33	18,03	16,82	26,71
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	250	9,92254	-84,05827	29,5	38,4	567,0	332,74	292,72	255,90	219,47	182,35	112,08	94,42	70,06	53,10	499,71	76,84	73,56	70,26
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	300	9,92224	-84,05860	29,3	38,9	568,0	270,08	242,80	210,02	175,15	141,57	80,90	60,87	40,95	29,59	733,20	60,06	68,45	60,67
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	350	9,92191	-84,05892	28,6	36,6	566,0	129,70	113,08	103,58	96,68	89,58	65,29	57,79	43,59	33,19	1203,49	26,12	14,00	24,30
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	400	9,92157	-84,06001	28,2	21,3	557,0	156,89	142,95	127,91	115,01	100,38	66,95	58,83	43,59	32,21	1434,72	28,98	27,53	33,43
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	450	9,92112	-84,05995	28,1	19,7	551,0	134,32	113,08	98,80	86,48	76,21	55,77	48,17	39,34	29,89	941,66	35,51	22,59	20,44
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	500	9,92099	-84,06000	28,9	22,7	566,0	155,33	131,78	116,08	100,68	85,88	61,69	49,99	37,39	28,59	849,17	39,25	30,19	24,20
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	550	9,92070	-84,06031	29,0	30,3	568,0	222,53	191,61	175,65	155,32	134,50	85,78	71,93	52,60	40,25	646,87	46,88	41,15	48,72
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	600	9,92039	-84,06065	29,0	35,9	571,0	266,03	236,42	205,25	172,84	143,11	91,08	65,21	46,98	33,89	675,40	60,78	62,14	52,03
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	650	9,92007	-84,06100	29,3	35,3	562,0	218,22	188,60	167,25	141,48	119,93	71,90	63,03	48,33	39,77	675,15	50,97	47,33	48,03
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	700	9,91975	-84,06135	29,7	35,6	566,0	192,49	168,07	148,57	130,18	112,08	71,09	61,29	46,39	36,89	818,92	43,92	36,49	40,99
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	750	9,91942	-84,06167	29,5	36,8	558,0	312,79	273,32	237,72	190,86	151,41	82,76	64,09	48,38	38,03	506,65	75,07	86,30	68,66
Paso Ancho - San Pedro Carril Externo	800	9,91921	-84,06190	29,7	37,0	564,0	190,33	167,56	145,69	123,72	104,15	67,33	58,40	45,05	36,32	878,46	44,64	41,54	36,82
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	25	9,92414	-84,06094	31,8	45,1	567,0	130,13	115,38	105,79	96,01	84,74	57,79	49,50	39,12	30,94	1355,61	24,33	21,06	26,95
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	75	9,92376	-84,05720	31,4	43,8	562,0	122,24	108,45	104,62	97,47	91,93	66,96	61,62	50,45	41,99	1449,70	17,62	12,69	24,97
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	125	9,92339	-84,05747	31,2	41,6	562,0	129,37	109,86	102,91	95,86	87,81	59,81	56,39	44,10	35,14	1024,72	26,47	15,10	27,99
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	175	9,92306	-84,05778	30,3	43,9	560,0	130,70	116,21	112,98	99,84	93,58	67,10	62,25	50,83	40,83	1380,69	17,72	19,40	26,48
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	225	9,92274	-84,05812	30,7	43,6	556,0	294,72	269,11	236,95	203,76	175,27	108,91	91,20	65,65	48,35	780,86	57,78	61,68	66,36
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	275	9,92243	-84,05846	30,4	44,0	568,0	230,60	211,52	195,37	171,46	149,45	91,16	80,90	59,08	44,04	1047,74	35,23	45,93	58,28
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	325	9,92212	-84,05880	30,2	43,7	566,0	191,20	180,77	162,87	144,37	123,78	73,99	55,19	34,99	22,70	1917,59	28,33	39,09	49,79
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	375	9,92175	-84,05915	30,2	39,0	551,0	175,73	161,96	148,20	131,97	116,36	80,42	69,33	51,87	39,13	1452,66	27,53	31,84	35,95
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	425	9,92146	-84,05957	29,7	23,3	564,0	139,89	122,21	111,78	103,65	96,42	67,73	66,32	53,38	42,24	1131,32	28,11	15,35	28,70
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	475	9,92119	-84,05987	30,0	23,1	562,0	148,56	130,70	121,03	114,19	105,73	74,82	68,67	55,78	44,00	1119,76	27,53	15,31	30,91
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	525	9,92089	-84,06017	30,5	33,1	567,0	189,00	167,79	149,91	133,74	115,87	73,96	62,88	46,31	35,73	942,83	39,09	34,03	41,92
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	575	9,92056	-84,06054	29,9	43,1	569,0	234,22	208,56	186,38	164,50	139,14	88,42	72,01	51,02	39,58	779,23	47,84	47,24	50,72
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	625	9,92027	-84,06085	30,5	42,1	564,0	172,74	161,24	147,50	131,44	115,59	74,55	63,61	47,86	37,53	1740,02	25,24	31,91	41,04
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	675	9,91996	-84,06119	30,9	43,1	567,0	224,21	204,40	178,65	152,60	125,46	71,76	59,48	43,22	32,74	1009,66	45,56	53,20	53,70
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	725	9,91964	-84,06152	30,5	42,2	568,0	169,26	149,84	129,92	111,29	95,25	61,07	53,70	41,25	32,98	1030,24	39,34	34,67	34,17
Paso Ancho - San Pedro Carril Interno	775	9,91932	-84,06182	31,2	40,9	570,0	211,80	194,69	176,32	158,45	140,68	96,20	86,87	68,40	54,80	1168,79	35,48	35,64	44,48
Rampa San Pedro - Rotonda Carril Interno	0	9,92321	-84,05779	33,2	48,7	566,0	229,57	208,26	187,27	168,37	145,87	106,78	84,39	64,49	49,29	938,83	42,30	41,39	39,09
Rampa San Pedro - Rotonda Carril Interno	50	9,92291	-84,05815	32,3	48,7	565,0	146,32	133,31	124,50	117,19	108,37	79,03	72,21	56,99	45,97	1537,70	21,82	16,13	29,35
Rampa San Pedro - Rotonda Carril Interno	100	9,92260	-84,05849	33,1	50,4	565,0	138,10	127,30	115,48	104,37	92,55	55,09	48,18	33,05	25,14	1852,54	22,61	22,94	37,46
Rampa San Pedro - Rotonda Carril Interno	150	9,92229	-84,05883	33,2	50,8	566,0	172,37	165,87	148,97	132,98	114,58	70,29	58,89	41,79	30,49	3076,73	23,40	34,39	44,29
Rampa San Pedro - Rotonda Carril Interno	200	9,92200	-84,05915	31,6	49,7	562,0	723,15	569,86	451,01	339,14	259,09	150,84	119,42	87,40	68,77	130,47	272,14	191,92	108,25
Rampa San Pedro - Rotonda Carril Externo	50	9,92295	-84,05818	25,6	25,1	565,0	298,36	256,11	226,76	192,61	160,25	99,16	79,63	58,69	46,67	473,36	71,60	66,51	61,10
Rampa San Pedro - Rotonda Carril Externo	100	9,92269	-84,05846	25,5	25,0	571,0	317,14	272,84	230,92	184,83	141,92	75,92	63,63	50,54	42,62	451,46	86,22	89,00	66,01
Rampa San Pedro - Rotonda Carril Externo	150	9,92238	-84,05881	25,1	25,0	570,0	114,57	98,78	94,81	87,76	80,32	57,58	56,59	47,36	39,02	1266,97	19,76	14,49	22,74
Rampa San Pedro - Rotonda Carril Externo	200	9,92207	-84,05914	25,5	25,8	566,0	176,62	152,37	137,08	128,98	115,38	80,69	78,69	63,89	54,19	824,85	39,54	21,70	34,69

Informe preliminar LM-INF-IC-D-0010-B-2020	Fecha de emisión: Octubre 2020	Página 77 de 78
--	--------------------------------	-----------------

Tel.: +506 2511-2500 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.





UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Interno	25	9,92111	-84,06015	32,3	50,2	570,0	270,12	240,66	204,02	168,68	138,70	91,83	62,15	42,59	29,39	678,89	66,09	65,33	46,86
Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Interno	75	9,92080	-84,06049	32,7	49,6	567,0	295,40	276,06	255,10	234,64	210,59	132,24	123,16	93,02	73,36	1034,41	40,29	44,51	78,35
Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Interno	125	9,92051	-84,06081	33,1	48,6	569,0	16,32	10,64	5,47	7,86	8,95	4,28	6,46	5,57	0,00	3524,89	10,85	3,48	4,67
Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Interno	175	9,92019	-84,06117	33,0	46,8	569,0	170,45	161,91	151,07	140,33	126,51	86,82	76,68	57,88	43,96	2341,58	19,38	24,57	39,68
Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Interno	225	9,91987	-84,06150	32,7	50,5	567,0	188,93	170,87	153,90	139,13	125,56	88,13	82,04	66,07	54,79	1107,09	35,03	28,34	37,43
Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Externo	25	9,92119	-84,06013	25,2	25,9	568,0	140,65	125,04	115,57	108,40	98,83	73,13	69,74	59,18	48,82	1280,99	25,08	16,74	25,70
Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Externo	75	9,92088	-84,06047	24,7	25,7	566,0	235,47	211,46	192,77	172,37	152,77	110,88	99,38	81,89	66,89	832,99	42,71	39,99	41,89
Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Externo	125	9,92058	-84,06080	25,4	25,4	564,0	117,86	112,48	106,96	108,36	101,64	71,84	65,12	49,17	37,22	3715,29	10,90	5,32	29,80
Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Externo	175	9,92026	-84,06115	25,3	26,1	568,0	393,92	304,37	244,59	198,56	160,90	97,64	82,99	63,17	49,72	223,35	149,33	83,69	63,27
Ramal Rotonda - Paso Ancho Carril Externo	225	9,91993	-84,06148	25,0	25,9	565,0	301,49	258,81	227,86	194,11	162,46	95,95	81,33	61,90	50,28	468,58	73,63	65,40	66,51
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Interno	25	9,91973	-84,06129	24,1	22,9	562,0	288,94	239,45	202,90	172,89	144,19	91,83	78,54	59,71	47,12	404,09	86,05	58,70	52,36
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Interno	75	9,92004	-84,06095	24,3	22,8	575,0	137,03	109,05	100,68	92,22	82,87	58,85	51,87	40,45	31,40	714,67	36,35	17,81	24,01
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Interno	125	9,92035	-84,06061	24,8	23,0	568,0	119,22	98,53	90,07	83,19	75,92	52,80	46,23	35,57	27,80	966,82	29,15	14,15	23,11
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Interno	175	9,92066	-84,06026	24,9	23,4	567,0	620,50	447,53	364,19	282,35	213,19	117,87	84,54	62,48	50,90	115,62	256,31	151,01	95,31
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Interno	225	9,92097	-84,05993	24,9	23,5	568,0	342,06	288,93	254,06	213,51	174,35	102,02	73,73	45,73	32,48	376,39	88,01	79,70	72,33
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Externo	0	9,91959	-84,06138	26,0	25,5	572,0	148,24	125,84	117,93	107,15	101,01	74,79	66,58	52,93	43,63	893,06	30,31	16,92	26,22
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Externo	50	9,91986	-84,06108	26,1	24,8	573,0	185,94	157,52	141,62	128,69	112,09	80,10	72,79	62,02	53,03	703,83	44,32	29,53	32,00
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Externo	100	9,92016	-84,06075	25,7	24,6	566,0	251,95	204,46	175,87	146,97	119,18	73,59	64,69	50,49	41,09	421,20	76,08	56,69	45,59
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Externo	150	9,92047	-84,06041	25,2	25,3	564,0	170,90	138,06	126,32	114,79	103,55	65,72	61,41	47,46	38,83	609,06	44,58	22,78	37,83
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Externo	200	9,92078	-84,06007	25,4	26,7	568,0	150,65	123,04	110,29	102,52	95,25	72,53	63,96	52,11	42,54	724,39	40,36	15,04	22,72
Rampa Paso Ancho - Rotonda Carril Externo	250	9,92101	-84,05971	25,0	26,7	564,0	375,70	315,56	272,11	229,27	190,14	111,67	89,60	63,61	48,46	332,56	103,59	81,98	78,46
Rampa Rotonda - San Pedro Carril Interno	50	9,92195	-84,05883	24,5	24,7	574,0	151,43	134,18	127,67	120,67	114,36	84,98	82,22	68,32	56,39	1159,10	23,76	13,31	29,38
Rampa Rotonda - San Pedro Carril Interno	100	9,92222	-84,05854	25,0	24,3	566,0	135,95	123,08	116,18	108,58	100,58	70,89	65,89	51,49	38,79	1553,44	19,77	15,60	29,69
Rampa Rotonda - San Pedro Carril Interno	150	9,92251	-84,05821	24,8	24,5	563,0	143,58	126,45	119,81	112,88	105,64	73,58	71,27	57,19	46,34	1167,10	23,77	14,17	32,06
Rampa Rotonda - San Pedro Carril Interno	200	9,92285	-84,05786	25,0	24,0	563,0	120,25	93,48	84,94	79,11	73,48	53,68	52,97	44,23	37,39	747,21	35,31	11,46	19,80
Rampa Rotonda - San Pedro Carril Interno	250	9,92318	-84,05755	24,8	24,6	566,0	141,60	113,08	102,18	94,08	83,09	57,89	51,59	40,09	32,39	701,16	39,42	19,10	25,20
Rampa Rotonda - San Pedro Carril Externo	0	9,92161	-84,05913	25,0	26,7	560,0	173,19	156,73	147,34	133,79	121,16	83,27	80,44	62,25	50,43	1215,23	25,86	26,17	37,90
Rampa Rotonda - San Pedro Carril Externo	50	9,92188	-84,05884	25,0	26,0	563,0	515,45	429,40	358,14	286,27	226,56	130,07	105,94	77,40	63,22	232,42	157,31	131,57	96,49
Rampa Rotonda - San Pedro Carril Externo	100	9,92221	-84,05848	24,9	26,5	570,0	192,06	161,13	144,55	130,45	116,65	80,02	72,57	55,99	43,48	646,66	47,51	27,90	36,63
Rampa Rotonda - San Pedro Carril Externo	150	9,92257	-84,05808	25,2	26,7	564,0	101,27	88,10	83,48	79,07	73,65	53,58	52,18	43,25	35,92	1518,05	17,79	9,83	20,07