



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

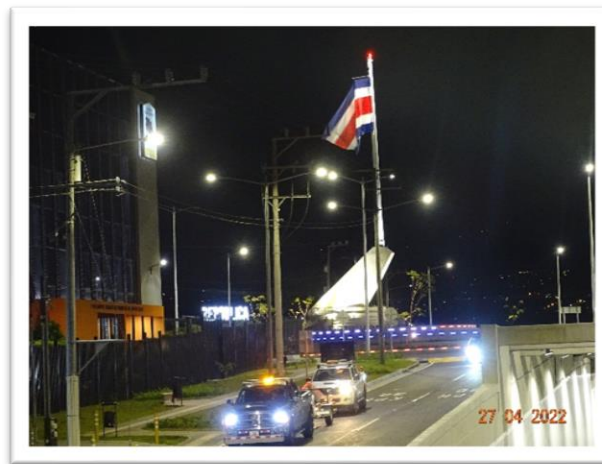
Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe final: EIC-Lanamme-INF-0450-2023

Análisis del caso y resumen de la calidad de los materiales y desempeño de trabajos ejecutados del proyecto: Construcción de un Paso a Desnivel en la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de La Bandera, Ruta Nacional No. 39

Documentos de Licitación ITB-CRPC-96800-2019-001



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
Diciembre, 2023





1. Informe EIC-Lanamme-INF-0450-2023	2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Análisis del caso y resumen de la calidad de los materiales y desempeño de trabajos ejecutados del proyecto: Construcción de un Paso a Densivel en la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de La Bandera, Ruta Nacional No. 39	4. Fecha del Informe Diciembre 2023
5. 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	
6. Notas complementarias --**--	
7. Resumen <u>Sobre la calidad de los materiales:</u> Las muestras de concreto estructural tomadas por la Verificación y por el LanammeUCR muestran una tendencia a que la resistencia a la compresión a 28 días se encuentre por encima del límite contractual. Se presentaron algunos incumplimientos en los parámetros de calidad de elongación, altura promedio de las corrugaciones y presencia de grietas en algunos de los lotes ensayados para las varillas #3, #4 y #5. Se presentó tendencia al cumplimiento en la subbase granular ensayada por la verificación. Se excedió la resistencia especificada de la base estabilizada con cemento hasta tres veces el valor promedio según los datos de verificación de calidad, tal que el 71,6 % de los resultados de verificación para los ensayos de la resistencia a la compresión de la base estabilizada con cemento son mayores el límite superior de la especificación contenida en CR-2010 , de acuerdo con los ensayos de agosto 2021 a marzo 2022. Además, se identificaron algunos incumplimientos en los parámetros volumétricos y vacíos en núcleos en la mezcla asfáltica colocada en el proyecto. <u>Sobre el desempeño de la estructura de pavimento:</u> El análisis de valores individuales de IRI permitió evidenciar el cumplimiento de los tramos de 100 m evaluados en los 4 carriles del proyecto de acuerdo con la especificación de 3,0 m/km como valor máximo. Se evidenció que 3 de los 4 carriles evaluados cumplieron con el valor de media fija de 1,85 m/km establecido en el cartel de licitación y se evidenció el incumplimiento de la media fija del carril externo en el sentido Guadalupe - San Pedro, sin embargo, no se registró la atención del tramo que presentó incumplimiento o el pago reducido en función de calidad. Se identificó concordancia en los resultados de IRI entre la evaluación realizada por el LanammeUCR y la Supervisora.	





8. Valoración de los resultados

Hallazgos: Hecho de índole contractual.	Prioridad de atención
Hallazgo 1: La resistencia a la compresión a 28 días de los muestreos realizados por la Verificación y por el LanammeUCR para el concreto estructural, muestran una tendencia a encontrarse por encima del límite contractual	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja
Hallazgo 2: Se presentaron algunos incumplimientos en los parámetros de calidad de elongación, altura promedio de las corrugaciones y presencia de grietas en algunos de los lotes ensayados para las varillas #3, #4 y #5.	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja
Hallazgo 3: Se presentó tendencia al cumplimiento en la subbase granular ensayada por la verificación en los parámetros de límite líquido, índice de plasticidad y en la granulometría en las mallas N° 4 y N° 200	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja
Hallazgo 4: Se evidenciaron incumplimientos en la resistencia a la compresión de varios lotes de base estabilizada con cemento, respecto al límite superior establecido en la especificación del proyecto	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja
Hallazgo 5: Se evidenciaron algunos incumplimientos en los parámetros volumétricos de las mezclas asfálticas de 12,7 y 19 mm de algunos lotes clocados en el proyecto	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja
Hallazgo 6: Se evidenció el cumplimiento de los cuatro carriles del tronco principal del proyecto en valores individuales de IRI y media fijas, a excepción de la media fija de IRI del carril externo en el sentido Guadalupe-San Pedro el cual presentó incumplimiento	<p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja

10. Palabras clave

Calidad de materiales, desempeño, pavimentos, IRI, Auditoría, infraestructura vial

11. Nivel de seguridad:

Ninguno

12. Núm. de páginas

95





INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Análisis del caso y resumen de la calidad de los materiales y desempeño de trabajos ejecutados del proyecto: Construcción de un Paso a Desnivel en la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de La Bandera, Ruta Nacional No. 39

Departamento encargado del proyecto: CONAVI-Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial (POEIV).

Supervisión del proyecto: Consorcio BAC – Vieto.

Laboratorio de verificación de calidad: Laboratorio Vieto & Asociados S.A.

Empresa contratista: Puentes y Calzadas Grupo de Empresas S.A.

Laboratorios de control de calidad: Castro & De la Torre S.A. y LGC Ingeniería de pavimentos S.A.

Monto original del contrato: US \$ 21 127 213,00

Monto final del contrato: US \$ 23 926 115,95

Plazo original de ejecución: 460 días.

Plazo final de ejecución: 475 días.

Proyecto: Construcción de un Paso a Desnivel en la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de La Bandera, Ruta Nacional No. 39.

Director General LanammeUCR: Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD.

Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores:

Ing. Fiorella Murillo Contreras, Auditora Técnica Adjunta (ya no labora en la institución)

Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Técnico Líder.

Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Auditor Técnico Adjunto.

Expertos técnicos:

Ing. Luis Carlos Alfaro Monge, MSc (ya no labora en la institución).

Ing. Ana Monge Sandí, MSc.

Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD.

Asesoría Legal LanammeUCR:

Lic. Nidia Segura Jiménez.

Lic. Giovanni Sancho Sanz.

Alcance del informe:

El alcance del informe consistió en el análisis de la calidad de los materiales empleados y el desempeño del pavimento del proyecto.





TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción	11
2. Objetivo general de las auditorías técnicas	11
3. Objetivos del informe	12
3.1. Objetivo General.....	12
3.2. Objetivos Específicos	12
4. Alcance del informe	12
5. Antecedentes	13
6. Metodología	18
7. Descripción del proyecto	19
8. Resultados de la Autoría Técnica	22
Sobre la calidad de los materiales del proyecto.....	22
Hallazgo 1: La resistencia a la compresión a 28 días de los muestreos realizados por la Verificación y por el LanammeUCR para el concreto estructural, muestran una tendencia a encontrarse por encima del límite contractual.....	22
Hallazgo 2: Se presentaron algunos incumplimientos en los parámetros de calidad de elongación, altura promedio de las corrugaciones y presencia de grietas en algunos de los lotes ensayados para las varillas #3, #4 y #5.	25
Hallazgo 3: Se presentó tendencia al cumplimiento en la subbase granular ensayada por la verificación en los parámetros de límite líquido, índice de plasticidad y en la granulometría en las mallas N° 4 y N° 200.	35
Hallazgo 4: Se evidenciaron incumplimientos en la resistencia a la compresión de varios lotes de base estabilizada con cemento, respecto al límite superior establecido en la especificación del proyecto.	39
Hallazgo 5: Se evidenciaron algunos incumplimientos en los parámetros volumétricos de las mezclas asfálticas de 12,7 y 19 mm de algunos lotes clacados en el proyecto	51
Sobre el desempeño del pavimento	69
Hallazgo 6: Se evidenció el cumplimiento de los cuatro carriles del tronco principal del proyecto en valores individuales de IRI y media fijas, a excepción de la media fija de IRI del carril externo en el sentido Guadalupe-San Pedro el cual presentó incumplimiento.....	69
9. Conclusiones	85
10. Recomendaciones	90
11. Referencias	91





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto.....	20
Figura 2. Resultados de las muestras de concreto estructural obtenidos por el laboratorio de Verificación para la resistencia a la compresión simple a los 28 días.	24
Figura 3. Resultados de las muestras de concreto estructural obtenidos por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión simple a los 28 días.	24
Figura 4. Resultados del Esfuerzo de Fluencia Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.	25
Figura 5. Resultados del Resistencia a la Tracción Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.	26
Figura 6. Resultados de la Relación de Esfuerzo de Tracción y Fluencia Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.	26
Figura 7. Resultados de la Elongación Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.....	27
Figura 8. Resultados del Espaciamiento Promedio de las Corrugaciones Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.	28
Figura 9. Resultados de la Altura Promedio de las Corrugaciones Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.	28
Figura 10. Resultados del Ancho del Cordón Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.	29
Figura 11. Resultados del Esfuerzo de Fluencia Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.	30
Figura 12. Resultados de la Resistencia a la Tracción Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.	31
Figura 13. Resultados de la Relación de Esfuerzo de Tracción y Fluencia Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.	31
Figura 14. Resultados de la Elongación Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.....	32
Figura 15. Resultados del Espaciamiento Promedio de las Corrugaciones Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.	32
Figura 16. Resultados de la Altura Promedio de las Corrugaciones Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.	33
Figura 17. Resultados del Ancho del Cordón Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.	33
Figura 18. Resultados del Límite Líquido Reportados por la Verificación para la Subbase Granular en el Proyecto.	37
Figura 19. Resultados del Índice de Plasticidad Reportados por la Verificación para la Subbase Granular en el Proyecto.	37
Figura 20. Resultados del CBR Reportados por la Verificación para la Subbase Granular en el Proyecto.....	38





Figura 21. Resultado de la Distribución Granulométrica Reportado por la Verificación para la Subbase Granular en el Proyecto. 38

Figura 22. Resultado de la Resistencia a la Compresión Inconfinada por la Verificación para la Base Estabilizada con Cemento (BE-25) en el Proyecto..... 41

Figura 23. Frecuencias de la Resistencia a la Compresión Inconfinada por la Verificación para la Base Estabilizada con Cemento (BE-25) en el Proyecto..... 46

Figura 24. Histograma de frecuencias de los resultados de resistencia a la compresión de base estabilizada ensayados por el laboratorio de verificación de la calidad de agosto 2021 a marzo 2022..... 47

Figura 25. Resultados de resistencia de base estabilizada de agosto 2021 a marzo 2022 de ensayos realizados por el LanammeUCR..... 47

Figura 26. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para el Contenido de Asfalto. 52

Figura 27. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos de Aire. 53

Figura 28. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos en el Agregado Mineral..... 53

Figura 29. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos Llenos de Asfalto. 54

Figura 30. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para la Relación Polvo/Asfalto..... 54

Figura 31. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para el Contenido de Asfalto. 57

Figura 32. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos de Aire. 57

Figura 33. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos en el Agregado Mineral..... 58

Figura 34. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos Llenos de Asfalto. 58

Figura 35. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para la Relación Polvo/Asfalto..... 59

Figura 36. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para el Porcentaje de Vacíos en Núcleos. 59

Figura 37. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para el Contenido de Asfalto. 60

Figura 38. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos de Aire. 61

Figura 39. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos en el Agregado Mineral..... 61

Figura 40. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos Llenos de Asfalto. 62



Figura 41. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para la Relación Polvo/Asfalto..... 62

Figura 42. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para el Contenido de Asfalto. 64

Figura 43. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos de Aire. 64

Figura 44. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos en el Agregado Mineral..... 65

Figura 45. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos Llenos de Asfalto. 65

Figura 46. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para la Relación Polvo/Asfalto..... 66

Figura 47. Resultados de MAC TMN 19 mm Reportados por la Verificación para el Porcentaje de Vacíos en Núcleos. 66

Figura 48. Desvío de tránsito en cercanías de estacionamiento Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: UNOPS, 2022. 71

Figura 49. Evaluación de valores individuales del IRI, carril externo, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39..... 72

Figura 50. Evaluación del IRI, carril externo, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. 73

Figura 51. Evaluación de valores individuales del IRI, carril interno, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39..... 75

Figura 52. Evaluación del IRI, carril interno, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. 76

Figura 53. Evaluación de valores individuales del IRI, carril externo, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. 77

Figura 54. Evaluación del IRI, carril externo, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. 78

Figura 55. Evaluación de valores individuales del IRI, carril interno, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. 80

Figura 56. Evaluación del IRI, carril interno, sentido: Guadalupe – San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. 80



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de correspondencia enviada y recibida.	16
Tabla 2. Elementos estructurales por resistencia de concreto.	23
Tabla 3. Resultados Fuera de Especificaciones de Acero de Refuerzo Reportados por la Supervisión.	29
Tabla 4. Resultados Fuera de Especificaciones de Acero de Refuerzo Obtenidos por el LanammeUCR.	34
Tabla 5. Resultados de los Ensayos Reportados por la Verificación para la Subbase Granular con una Graduación B.	36
Tabla 6. Resultados de los Ensayos Reportados por el LanammeUCR para la Subbase con una Graduación B.	39
Tabla 7. Evaluación de Resultados de la Resistencia de la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Agosto 2021, PD La Bandera.	42
Tabla 8. Evaluación Estadística para la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Septiembre 2021, PD La Bandera.	42
Tabla 9. Evaluación Estadística para la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Octubre 2021, PD La Bandera.	43
Tabla 10. Evaluación de Resultados de la Resistencia de la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Noviembre 2021, PD La Bandera.	43
Tabla 11. Evaluación de Resultados de la Resistencia de la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Enero 2022, PD La Bandera.	44
Tabla 12. Evaluación Estadística para la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Febrero 2022, PD La Bandera.	45
Tabla 13. Evaluación Estadística para la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Marzo 2022, PD La Bandera.	45
Tabla 14. Resultados de los Ensayos Reportados por el LanammeUCR para la Base Estabilizada con Cemento (BE-25).	48
Tabla 15. Diseños Analizado de la Mezcla Asfáltica en Caliente Reportados por la Supervisión.	51
Tabla 16. Análisis Estadístico para la MAC de 12,7 mm Ensayada por la Verificación, Muestreados entre Octubre 2021 y Marzo 2022.	55
Tabla 17. Factor de Pago para la MAC de 19 mm Ensayada por la Verificación, Muestreados entre Febrero y Marzo 2022.	63
Tabla 18. Especificación IRI cumplimiento de promedio de diez valores de IRI. Fuente: MOPT, 2015.	69
Tabla 19. Ubicación y descripción de las singularidades del eje 1 indicadas en los oficios POE-09-2022-0208 del 05 de abril de 2022 y 96800/220404/ER/087 del 04 de abril de 2022.	70
Tabla 20. Resultados de la evaluación del IRI, carril externo, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.	72





Tabla 21. Resultados de la evaluación del IRI, carril interno, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39..... 74

Tabla 22. Resultados de la evaluación del IRI, carril externo, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39..... 77

Tabla 23. Resultados de la evaluación del IRI, carril interno, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39..... 79

Tabla 24. Resultados de la evaluación del IRI, carril interno, San Pedro-Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: Vieto Ingenieros y Consultores, 2022..... 82

Tabla 25. Resultados de la evaluación del IRI, carril externo, San Pedro-Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: Vieto Ingenieros y Consultores, 2022 82

Tabla 26. Resultados de la evaluación del IRI, carril interno, Guadalupe-San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: Vieto Ingenieros y Consultores, 2022..... 83

Tabla 27. Resultados de la evaluación del IRI, carril externo, Guadalupe-San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: Vieto Ingenieros y Consultores, 2022. 83



INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

Análisis del caso y resumen de la calidad de los materiales y desempeño de trabajos ejecutados del proyecto: Construcción de un Paso a Desnivel en la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de La Bandera, Ruta Nacional No. 39

1. 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, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Asimismo, el proceso de Auditoría 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.

2. 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.

Para este informe en particular se busca de forma general evaluar la calidad de los materiales del paso a desnivel, el desempeño del pavimento y otras obras consideradas dentro del proyecto comprendido en el contrato de “Construcción de un Paso a Desnivel en la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de La Bandera, Ruta Nacional No. 39” con el fin de fiscalizar la eficiencia en la gestión, ejecución, desempeño y durabilidad requerida por las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas para el proyecto, así como con las mejores prácticas de la ingeniería de carreteras.

EIC-Lanamme-INF-0450-2023	Diciembre, 2023	Página 11 de 96
---------------------------	-----------------	-----------------





3. OBJETIVOS DEL INFORME

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de los materiales y desempeño del pavimento del proyecto: Construcción de un Paso a Desnivel en la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de La Bandera, Ruta Nacional No. 39.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad de los materiales utilizados para verificar su cumplimiento con las especificaciones contractuales y normativa vigente.
- Analizar la regularidad del pavimento usando el Índice de Regularidad Internacional (IRI) según normativa cartelaria.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del informe contempla la recopilación de los hallazgos y observaciones que se evidenciaron durante la revisión de la calidad de los materiales y del IRI del proyecto, los cuales fueron informados a la Administración durante el proceso constructivo. La calidad de los materiales fue evaluada mediante el muestreo y ensayo de laboratorio de especímenes recolectados durante la ejecución de la obra.

El desempeño del proyecto fue evaluado específicamente en el área de pavimentos, a través del Índice de Regularidad Internacional, metodología cuyos resultados cuentan con criterios de aceptación debidamente establecidos. El periodo de ejecución de esta Auditoría Técnica es el comprendido entre los meses de agosto 2020 y abril 2022, durante la fase previa y la etapa constructiva del proyecto.

Finalmente se destaca que, la Auditoría Técnica que realiza el LanammeUCR no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad, la cual le compete exclusivamente al Contratista como parte de su obligación contractual y que debe ser ejecutada como una labor de carácter rutinario en el proyecto.

Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad o supervisión, que es de entera responsabilidad de la Administración. Es función del CONAVI analizar, con las partes involucradas, las consecuencias expuestas en los hallazgos y observaciones incluidas en este informe de auditoría técnica.



5. ANTECEDENTES

El proyecto auditado corresponde a la **“Construcción de un Paso a Desnivel en la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de La Bandera, Ruta Nacional No. 39”**, 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 la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) como figura encargada del gerenciamiento integral del proyecto de estudios previos, diseño y construcción incluyendo la administración, contratación, supervisión y control de calidad de los diseños y la construcción de las obras.

Previo a esta auditoría, el LanammeUCR realizó la fiscalización de los trabajos ejecutados en los proyectos: rotonda de las Garantías Sociales e intersección Guadalupe, ambos sobre Ruta Nacional No. 39. Dichas obras forman parte del alcance del Memorando de Acuerdo (MdA) y del mismo Convenio de Asistencia Técnica y el Fortalecimiento Institucional aprobado entre CONAVI y UNOPS, al igual que el Paso a Desnivel en la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de La Bandera. Es por ello que al formar parte del alcance del Memorando de Acuerdo (MdA) entre CONAVI y UNOPS, y del Convenio de Asistencia Técnica, se consideran como proyectos de los cuales se podían extraer oportunidades de mejora para ser aplicados en la obra siguiente. A partir de la auditoría realizada en el proyecto Construcción del Paso a Desnivel en la Intersección de las Garantías Sociales se emitieron dos informes:

- LM-AT-044-2019 en el mes de julio 2020

[https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/2120/Informe Final_LM-AT-044-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/2120/Informe_Final_LM-AT-044-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

El primer informe LM-AT-044-2019 del proyecto Construcción Paso a Desnivel en la Rotonda Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39, 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 auditoría entre los meses de marzo 2019 a febrero de 2020, donde se evidenciaron 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. En dicho informe se identificaron debilidades del proceso constructivo que sirvieron de fundamento para explicar los resultados del diagnóstico de desempeño a la estructura de pavimento realizado en el segundo informe LM-INF-IC-D-0010-2020.

- LM-INF-IC-D-0010-2020 en el mes de diciembre 2020

(<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/2167/Informe%20LM-INF-IC-D-0010-2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y>)

El informe LM-INF-IC-D-0010-2020, tal como se mencionó anteriormente, desarrolla un análisis de desempeño de la estructura de pavimento basado en ensayos de campo posterior a la ejecución de las obras, haciendo énfasis en 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.

Los resultados del análisis determinaron incumplimiento del valor máximo de media fija de IRI en los cuatro carriles del Eje 1 del proyecto, así como la identificación del incumplimiento de dos valores individuales en dos de los cuatros carriles evaluados. Además de un proceso de gestión irregular con la evaluación del parámetro de regularidad superficial.

Cabe mencionar que muchas de las recomendaciones y oportunidades emitidas en el informe fueron consideradas como lecciones aprendidas por la Unidad Ejecutora y UNOPS, por lo que fueron gestionadas de forma distinta durante el proceso de ejecución del proyecto Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39.

Así mismo, previo a esta auditoría, el LanammeUCR realizó la fiscalización de los trabajos ejecutados en el proyecto Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39. A partir de la auditoría realizada se emitieron dos informes:

- LM-INF-EIC-D-0001-2021 en el mes de agosto 2021

(<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2257>)

En el primer informe LM-INF-EIC-D-0001-2021 del proyecto Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39 aborda temas relacionados con los estudios preliminares y especificaciones del proyecto, procesos constructivos, gestión y evaluación de la calidad de materiales. Sobre los estudios preliminares se identificaron oportunidades de mejora en relación con los contenidos y justificaciones técnicas empleadas en los apartados de hidrología, pavimentos y estructuras del proyecto. Por otro lado, en relación con el estudio de las especificaciones para el desarrollo de actividades topográficas se identificaron debilidades y oportunidades de mejora. Respecto al proceso constructivo se evidenció la colocación de tuberías con deterioros de severidad leve en el proyecto, un caso aislado de colocación de concreto con distinta resistencia según lo especificado en planos, agrietamientos y fisuras en barreras de contención y muros





asociados a prácticas constructivas. Además, se identificó la necesidad de un monitoreo continuo de los drenajes de la pantalla de pilotes, oportunidades de mejora en el proceso constructivo de bases estabilizadas y como aspecto positivo, la metodología adoptada en la colocación de la capa de ruedo en beneficio del IRI del proyecto.

En la parte de gestión se evidenció de forma positiva la incorporación de aplicaciones digitales para el registro de labores de inspección en el proyecto. Por último, en la parte de calidad a partir del análisis de ensayos realizados por la Supervisión y el LanammeUCR, se determinó una tendencia al cumplimiento del concreto y el acero. Se evidenciaron incumplimientos en relación con la graduación de subbase granular, resistencia a la compresión de la base estabilizada, parámetro de VFA en las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 19 mm y fatiga en mezcla asfáltica utilizada como capa intermedia, esta última según los resultados de ensayos realizados por el LanammeUCR.

- INF-LM-EIC-D-0005-2021 en el mes de mayo de 2022

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2348>

Por último, en cuanto al segundo informe INF-LM-EIC-D-0005-2021 desarrolla un análisis de desempeño de la estructura de pavimento basado en ensayos de campo posterior a la ejecución de las obras, haciendo énfasis en la capacidad funcional (regularidad y fricción superficial) y estructural del pavimento del proyecto. Además, se desarrollan dos hallazgos relacionados con el desempeño de los trabajos ejecutados una vez entrado en funcionamiento el proyecto y un hallazgo en la seguridad vial del proyecto 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 el cumplimiento en valores individuales de IRI y media fijas de los carriles del tronco principal del proyecto, a excepción de la media fija de IRI del carril externo en el sentido San Pedro - Calle Blancos la cual presentó incumplimiento. En relación con la condición de fricción superficial, se evidenció una condición buena del parámetro de fricción superficial en 4 carriles del tronco principal del proyecto. Por otra parte, en cuanto a la capacidad estructural del proyecto, se identificaron algunas de las secciones de la obra 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 los extremos. En relación con el desempeño de los trabajos ejecutados, se identificaron deterioros prematuros en la capa de ruedo de la rampa Guadalupe - San Pedro ubicada en el eje 9 del proyecto. Finalmente, referente al tema de seguridad vial se mencionan aspectos relacionados con documentación técnica de los sistemas de contención vehicular.

Como parte de la Auditoría Técnica que el LanammeUCR realiza al proyecto y en aras de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, se emitieron varios





oficios y notas informe. En la Tabla 1 se muestra un resumen de la correspondencia del proyecto.

Tabla 1. Resumen de correspondencia enviada y recibida.

Oficio / Nota informe	Fecha	Asunto	Respuesta
LM-IC-D-0285-2020	26/3/2020	Consultas sobre los estudios hidrológicos	POE-10-2020-0402 96800-200507-ER-106
LM-IC-D-0672-2020	14/8/2020	Estudios de suelos y remisión de informe LM-IG-06-19	POE-09-2020-0717
LM-IC-D-0691-2020	8/9/2020	Observaciones a las estimaciones de tránsito y diseño de pavimentos	POE-09-2020-0747
LM-IC-D-0102-2021	1/2/2021	Remisión del informe LM-IC-D-0102-21	POE-09-2021-0130
LM-IC-D-0114-2021	9/2/2021	Respuesta al POE-09-2020-0747, cantidades firmes y pavimentos, retrocálculo de módulos y número estructural pavimentos	POE-09-2022-0314
LM-EIC-D-0281-2021	16/4/2021	Remisión del informe LM-EIC-D-0281	POE-09-2021-0331 96800-210426-ER-131
LM-EIC-D-0377-2021	20/5/2021	Remisión del informe LM-EIC-PIG-I-0012-2021	POE-09-2021-0430 96800-210608-ER-161
LM-EIC-D-0518-2021	6/7/2021	Remisión de los informes LM-EIC-D-0518-2021	POE-09-2021-0508
LM-EIC-D-0614-2021	19/7/2021	Remisión del informe LM-EIC-D-0614-2021	POE-09-2021-0540 POE-09-2020-0587 96800-210802-ER-200
LM-EIC-D-0696-2021	19/8/2021	Remisión del informe LM-PIE-34-2021	POE-09-2021-0663 96800-210921-ER-259
LM-EIC-D-0697-2021	1/9/2021	Remisión de informes de la Bandera	POE-09-2021-0659
LM-EIC-D-0782-2021	10/9/2021	Remisión de informe de ensayo de materiales I-1044-2021, varillas de acero	No requiere respuesta
LM-EIC-D-0780-2021	21/9/2021	Consulta sobre el alcance del oficio LM-PI-025-2018 y solicitud de diseños de base estabilizada con cemento y mezcla asfáltica en caliente	POE-09-2021-0684 POE-09-2021-0750 POE-09-2022-0089 POE-09-2022-0190 96800-211001-ER-273 96800-211103-ER-305 96800-220215-ER-047 96800-220328-ER-081
LM-EIC-D-0803-2021	22/10/2021	Remisión del Informe EIT La Bandera 28-4-2021 Observaciones de topografía emitidas por la EIT	POE-09-2021-0766 POE-09-2021-0797 96800-211105-ER-308
LM-EIC-D-0807-2021	2/11/2021	Remisión Informe LM-EIC-PIG-I-25-2021 Informe de revisión de los resultados de los ensayos de integridad a pilotes y de la propuesta	POE-09-2021-0840



Oficio / Nota informe	Fecha	Asunto	Respuesta
		de muro de relleno reforzado en los bastiones 1 y 2 del viaducto	
EIC-Lanamme-90-2022	8/2/2022	Remisión de informe de ensayo de materiales y el informe EIC-Lanamme-INF-0064-2022	POE-09-2022-0091
EIC-Lanamme-74-2022	8/2/2022	Respuesta al POE-09-2021-0659 sobre los torones de acero y las varillas de refuerzo No.3 y No. 5	POE-09-2022-0075
EIC-Lanamme-146-2022	24/2/2022	Observaciones sobre las grietas en la losa de concreto reforzado de la rotonda	POE-09-2022-0110 POE-09-2022-0139
EIC-Lanamme-147-2022	25/2/2022	Solicitud de información en relación con los oficios POE-09-2021-0663 y POE-09-2021-0700 de la UE concierne al oficio LM-EIC-D-0696-2021 con observaciones del diseño estructural del viaducto	POE-09-2022-0126 POE-09-2022-0150 96800-220304-ER-068 96800-220314-ER-072
EIC-Lanamme-189-2022	21/3/2022	Solicitud de información de colocación de mezcla asfáltica y base estabilizada con cemento	POE-09-2022-0191 96800-220328-ER-082
EIC-Lanamme-247-2022	25/3/2022	Solicitud de la lista de singularidades de IRI del proyecto	POE-09-2022-0208
EIC-Lanamme-243-2022	28/3/2022	Remisión de informes de ensayo de mezcla asfáltica en caliente de 12,5 mm modificada con polímero	POE-09-2022-0229
EIC-Lanamme-363-2022	10/5/2022	Remisión de Informes EIC-Lanamme-INF-0122-2022 Informe de visita de campo. Observaciones acerca de: el muro de pantalla de pilotes, su impermeabilización y sus reparaciones, los drenajes del muro y los drenajes californianos propuestos para le muro de pantalla de pilotes y los muros de relleno reforzado	POE-09-2022-0305
EIC-Lanamme-307-2022	11/5/2022	Observaciones sobre los muros de suelo reforzado del viaducto UCR	POE-09-2022-0311
EIC-Lanamme-422-2022	20/5/2022	Solicitud de la actualización del diseño de pavimentos relacionado con los oficios LM-IC-D-0691-20 observaciones estimaciones de tránsito y diseño de pavimentos POE-09-2020-0747 y LM-IC-D-0114-21	POE-09-2022-0314
EIC-Lanamme-427-2022	1/7/2022	Observaciones al cierre del proyecto	POE-09-2022-0414



Oficio / Nota informe	Fecha	Asunto	Respuesta
EIC-Lanamme-610-2022	19/7/2022	Solicitud de los resultados de la evaluación de IRI realizados por la supervisión y autocontrol del proyecto	POE-02-2022-0436
EIC-Lanamme-805-2022	30/9/2022	Remisión de resultados de IRI	POE-09-2022-0575
EIC-Lanamme-357-2023	8/5/2023	Remisión informe preliminar	POE-09-2023-0198

6. METODOLOGÍA

La fiscalización que realiza la Auditoría Técnica del LanammeUCR es un proceso independiente, basado en normas y procedimientos establecidos, aplicando criterios objetivos en procura de lograr el cumplimiento del alcance y los objetivos definidos para cada uno de los estudios desarrollados.

Esta labor se efectúa en un proceso de auditoría que 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.

Dentro de las actividades que fueron desarrolladas por el Equipo Auditor consistieron visitar los diversos frentes de trabajo, hacer una revisión de los documentos contractuales y de diseño del proyecto, programar muestreos a los materiales y analizar los resultados de los ensayos desarrollados a lo largo de la ejecución de la obra para la verificación de la calidad de los materiales y desempeño.

Aunado a lo anterior, se destaca que, en el periodo comprendido por el presente proceso de Auditoría, se realizaron más de 67 visitas técnicas al proyecto, se emitieron 28 oficios o notas informes y más de 115 informes de laboratorio de diferentes materiales tales como acero, concreto, cemento, materiales granulares, base estabilizada con cemento, mezcla asfáltica, agregados y asfalto.

Una vez realizadas las revisiones, se emitieron notas informe que compilaron las principales conclusiones y recomendaciones, de manera que la Administración pudiera brindar, de ser requerido, descargo al contenido de las notas. Una vez analizadas las respuestas de la Administración, se procedió a la confección de este informe.



7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción de un paso a desnivel y un viaducto, los cuales fueron construidos en la rotonda de La Bandera y en la intersección de la ruta nacional N° 39 con la entrada a la Facultad de Derecho de la Universidad de Costa Rica. La obra se encuentra señalada 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. 41302-MINAE-MOPT publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 168 del 19 de julio 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 a desnivel para permitir el curso de la Carretera de Circunvalación por debajo de la nueva rotonda de La Bandera, incluyendo la construcción originalmente de una alcantarilla de cuadro prefabricada para la quebrada Los Negritos.

El proyecto se localiza en la provincia de San José, cantón Montes de Oca, específicamente en la intersección de las Rutas Nacionales No. 39 y 202 con la ruta de travesía No. 11509. El proyecto abarca las obras comprendidas entre el estacionamiento 0+000 al 0+798.230 – fin del eje 1, se excluye el puente del río Torres.

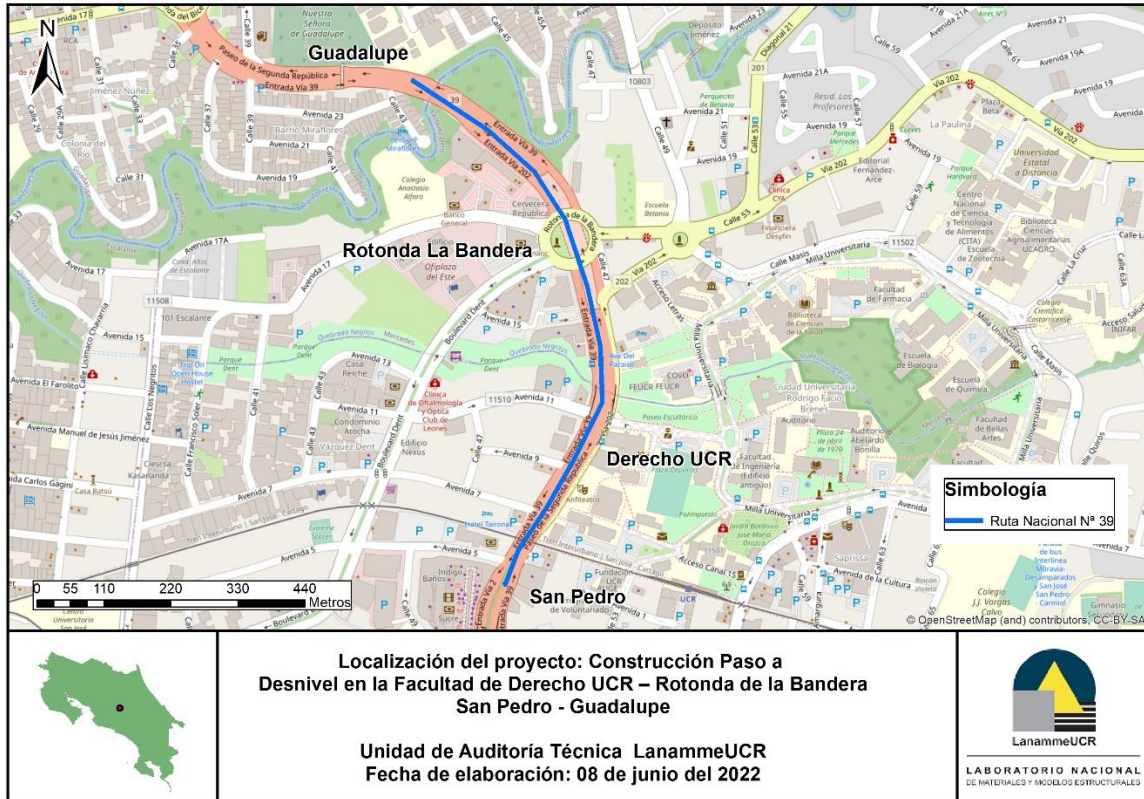
En el tramo central del proyecto se construyó también un viaducto a la altura de la Av. 13, que ayude a los movimientos de retorno, ingreso y giros a izquierda en una zona de alto tránsito por las instalaciones universitarias.

El alcance de esta licitación contempla las siguientes obras de infraestructura vial:

- Paso a desnivel en la rotonda de La Bandera
- Viaducto en la entrada de la Facultad de Derecho de la Universidad de Costa Rica
- Reconstrucción de vías marginales.
- Rampas.
- Alcantarilla de cuadro prefabricada en quebrada Los Negritos.
- Obras complementarias.



Figura 1. Ubicación del proyecto



8. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0450-2023

Como parte de los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante el oficio EIC-Lanamme-357-2023 del 8 de mayo de 2023, se envió el presente informe en versión preliminar, identificado como EIC-Lanamme-INF-0450-2023, a la parte auditada para su análisis y, en caso de requerirse, se procediera a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría; para tales efectos se otorgó un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe, es decir con plazo al 29 de mayo del 2023.

El día miércoles 10 de mayo de 2023 se realizó con el auditado la presentación oral de los resultados del informe preliminar por medio de una plataforma virtual con el fin de comentar aspectos relacionados con su contenido. A esta actividad asistieron los siguientes participantes:

EIC-Lanamme-INF-0450-2023	Diciembre, 2023	Página 20 de 96
---------------------------	-----------------	-----------------



Francini Chinchilla Torres
Susana Cárdenas Alvarado
Denis Fernández Mesén
Sofía Vignoli
Berny Quirós
Francisco Fonseca Chaves
Sergio Guerrero Aguilera
Fiorella Murillo Contreras

Unidad Ejecutora POEIV-BCIE, CONAVI
UNOPS
UNOPS
UNOPS
Auditoría Interna CONAVI
Auditor técnico LanammeUCR
Auditor técnico LanammeUCR
Auditora técnica LanammeUCR

El 16 de mayo del 2023 mediante el oficio POE-09-2023-0169 la Unidad Ejecutora POEIV-BCIE/CONAVI solicitó una ampliación del plazo para la presentación del descargo para el 09 de junio de 2023. El 7 de junio del 2023 mediante el POE-09-2023-0198 se envió el descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0450-2023 el 23 remitido por el Ing. Carlos Jiménez González y la Ing. Francini Chinchilla Torres, en el que se adjunta la nota de UNOPS 96800/230606/DF/043 de fecha 6 de junio de 2023.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención (ver Anexo A) y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe EIC-Lanamme-INF-0450-2023 en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la Ley No. 8114 y sus reformas.



9. 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 deberían ser valoradas 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 LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL PROYECTO

HALLAZGO 1: LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS POR LA VERIFICACIÓN Y POR EL LANAMMEUCR PARA EL CONCRETO ESTRUCTURAL, MUESTRAN UNA TENDENCIA A ENCONTRARSE POR ENCIMA DEL LÍMITE CONTRACTUAL.

Para el concreto estructural se analizó la resistencia a la compresión simple a los 28 días.

Los elementos constituidos de concreto estructural se resumen en la Tabla 2 según la resistencia de diseño del elemento. Estos son elementos de referencia según lo reportado por la Supervisión en los informes mensuales.





Tabla 2. Elementos estructurales por resistencia de concreto.

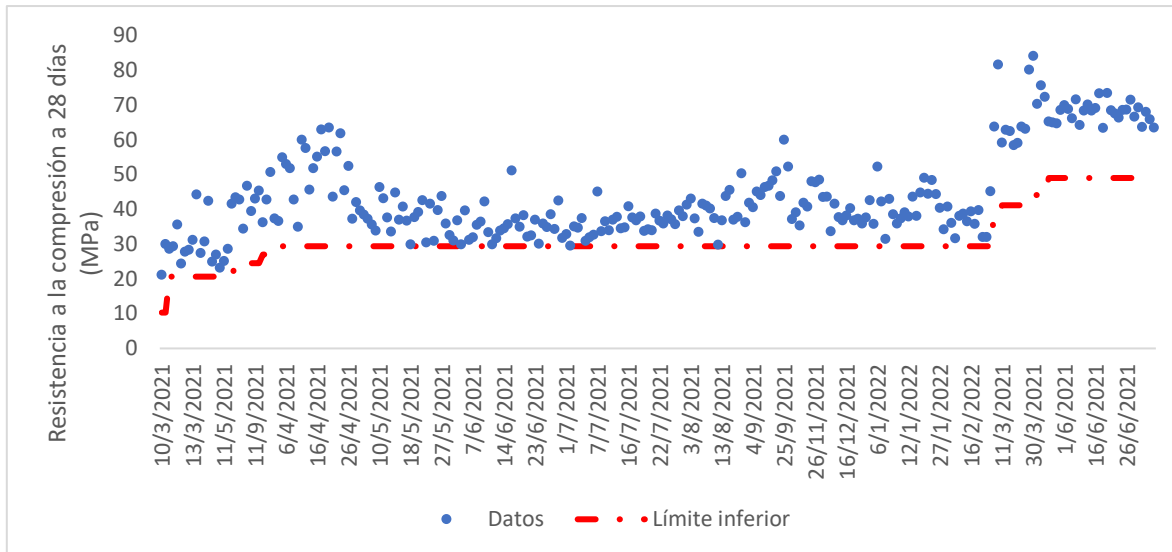
Resistencia Concreto (kg/cm ²)	Elementos	
105	-Eje Muro MSR	
210	-Pozos	-Placas Muro Keystone
	-Muretes	-Escollera
	-Base Muro MSR	
250	-Cordón y Caño	-Aceras
	-Báculos de Postes	-Paredes de Cabezal
275	-Pilotes	
300	-Pilotes	-Vigas Estampidores
	-Vigas Cabezal	-Losa Paso Inferior
	-Placa de Cimentación Muro Enrique Odio	-Prelosas Puente Rotonda
	-Losa Aproximación Vía Férrea	-Barreras New Jersey
	-Encepado	-Diafragma Bastión
	-Muro L	-Fustes
	-Durmientes MSR	-Zapatas de Muro
400	-Placas de Aletones	-Cuadros de Alcantarillas
420	-Alcantarillas	
450	-Juntas de Alcantarillas	-Placas de Aletones
	-Aletones de salida de alcantarillas	
500	-Vigas	

En la Figura 2, se muestran los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la resistencia a la compresión simple a los 28 días para el concreto 105 kg/cm², 210 kg/cm², 250 kg/cm², 275 kg/cm², 300 kg/cm², 400 kg/cm², 420 kg/cm², 450 kg/cm² y 500kg/cm².

La totalidad de los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación satisfacen la resistencia mínima requerida a la compresión simple a 28 días para todas las resistencias de diseño del concreto estructural.



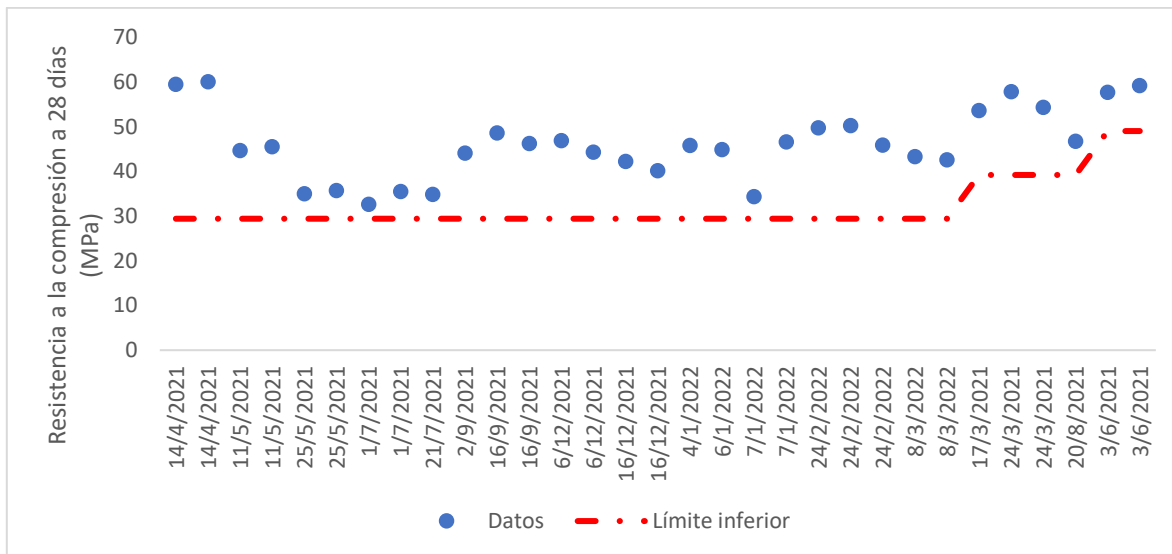
Figura 2. Resultados de las muestras de concreto estructural obtenidos por el laboratorio de Verificación para la resistencia a la compresión simple a los 28 días.



Como se observa en la Figura 2, los resultados obtenidos por la verificación muestran una tendencia a encontrarse dentro de los parámetros contractuales, de forma que se presenta cumplimiento en el concreto para las distintas resistencias ensayadas.

En la Figura 3, se muestran los resultados obtenidos por el LanammeUCR para el concreto estructural colocado en el proyecto. Los resultados se encuentran por encima de la resistencia mínima requerida contractualmente para todas las muestras analizadas, lo que indica que el concreto ensayado cumple la resistencia especificada.

Figura 3. Resultados de las muestras de concreto estructural obtenidos por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión simple a los 28 días.





De acuerdo con lo anterior se concluye que las muestras de concreto tomadas por la verificación y por el LanammeUCR, tienen una resistencia superior a la resistencia mínima establecida en los documentos contractuales.

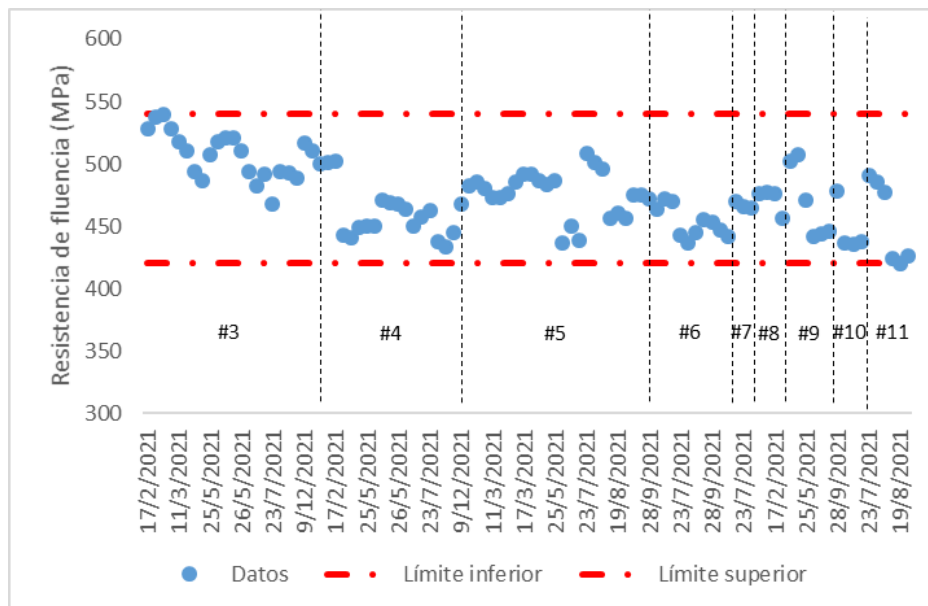
HALLAZGO 2: SE PRESENTARON ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE ELONGACIÓN, ALTURA PROMEDIO DE LAS CORRUGACIONES Y PRESENCIA DE GRIETAS EN ALGUNOS DE LOS LOTES ENSAYADOS PARA LAS VARILLAS #3, #4 Y #5.

El Laboratorio de verificación realizó muestreos al acero de refuerzo a lo largo de los meses de febrero, marzo, mayo, junio, julio, agosto, setiembre y diciembre del año 2021. Asimismo, los muestreos realizados por el LanammeUCR se ejecutaron en los meses de mayo, julio, agosto, setiembre y diciembre del 2021 y contemplaron especímenes de varillas N°3, N°4, N°5, N°6, N°7, N°8, N°9, N°10 y N°11.

Se evaluaron los parámetros de esfuerzo de fluencia (ver Figura 4), esfuerzo de tracción (ver Figura 5), la relación esfuerzo de fluencia y esfuerzo de tracción (ver Figura 6), elongación (ver Figura 7), espaciamiento entre corrugaciones (ver Figura 8), altura de corrugación (ver Figura 9) y ancho individual de separación de corrugación (ver Figura 10), respecto a las especificaciones la norma ASTM A706. Además, se revisó la presencia de grietas en la inspección visual. Los resultados se describen a continuación.

Como se puede apreciar en la Figura 4, los resultados del esfuerzo a la fluencia para los diferentes diámetros de varillas de acero ensayados por el laboratorio de verificación se encuentran dentro de los límites, por lo que cumplen con los requisitos para dicho material.

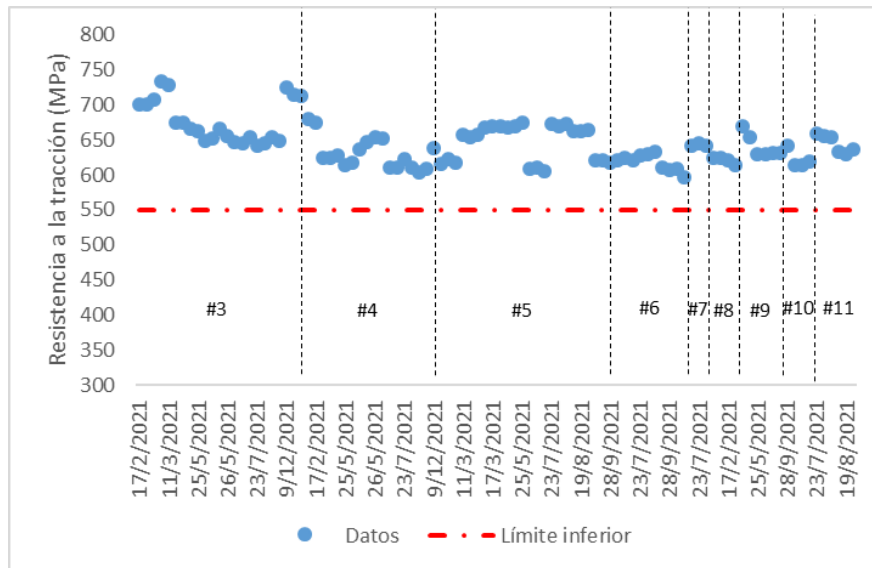
Figura 4. Resultados del Esfuerzo de Fluencia Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.





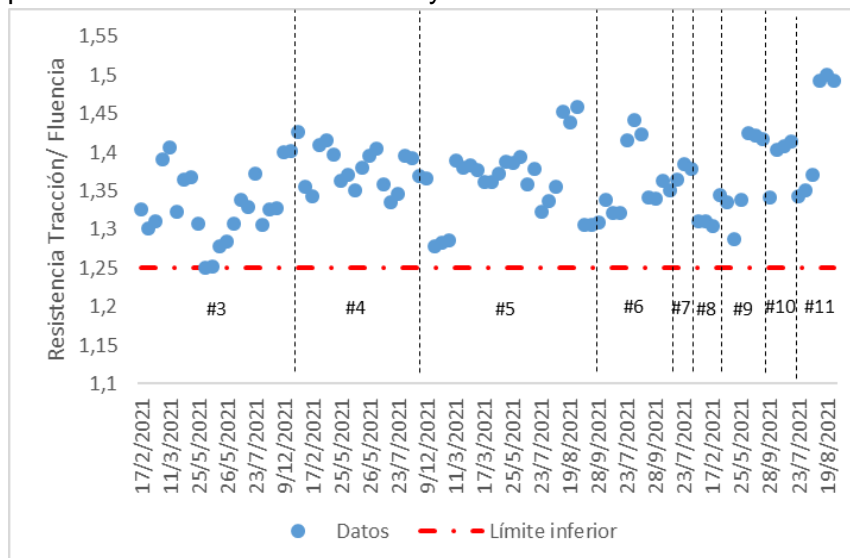
De acuerdo con la Figura 5, las varillas de distintos diámetros ensayadas por la verificación cumplen con el esfuerzo a tracción.

Figura 5. Resultados del Resistencia a la Tracción Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.



La Figura 6 muestra la relación esfuerzo de tracción y fluencia con base en los ensayos de la verificación. De la misma se aprecia que todos los resultados son superiores al límite inferior especificado, de forma que las barras de acero ensayadas cumplen con dicha relación.

Figura 6. Resultados de la Relación de Esfuerzo de Tracción y Fluencia Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.

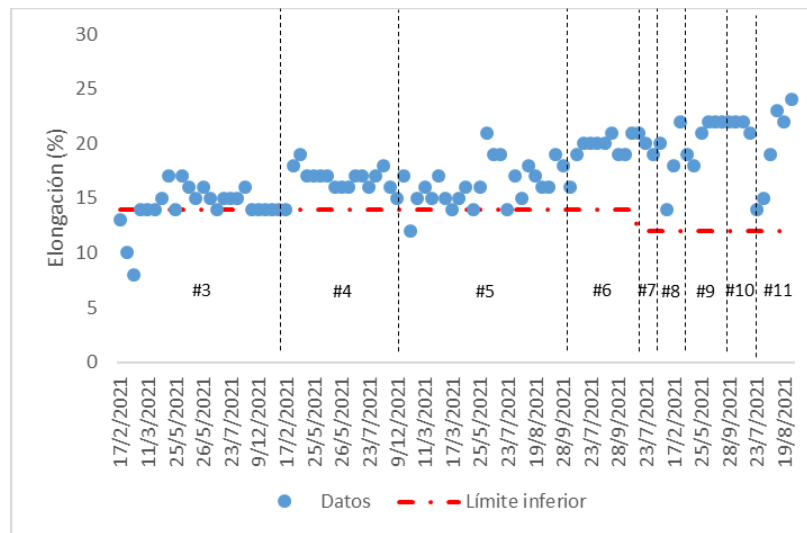




En relación con la Figura 7, se muestran los resultados del porcentaje de elongación de todos los diámetros muestreados por la verificación, donde se puede apreciar que tres muestras de varilla #3 y una de varilla #5 presentan incumplimiento, con una elongación menor al límite inferior requerido. Este tipo de incumplimiento puede generar un potencial riesgo que se produzca una falla más frágil del material.

Así, la elongación se relaciona con la capacidad de deformación plástica del acero bajo condiciones de carga previa a la falla, de forma que, si no cumple, podría fallar en un rango de deformación plástica menor al requerido y considerado en el diseño.

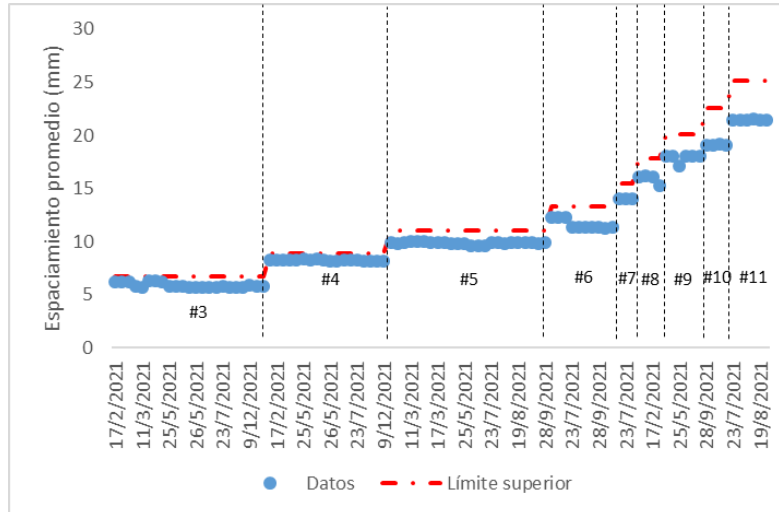
Figura 7. Resultados de la Elongación Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.



En cuanto al espaciamiento promedio de las corrugaciones en las varillas, en la Figura 8 se muestran los resultados de los ensayos de la verificación, donde todos se encuentran por debajo del límite superior para los distintos diámetros de varillas, por lo que los resultados presentan cumplimiento.



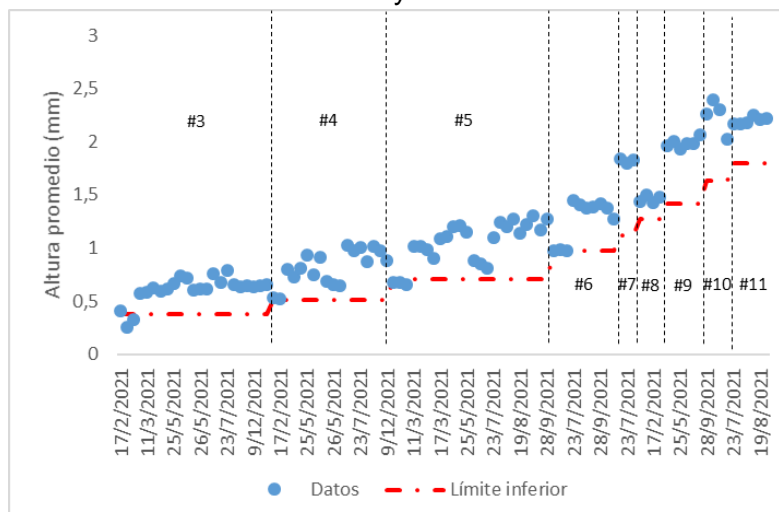
Figura 8. Resultados del Espaciamiento Promedio de las Corrugaciones Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.



En relación con la altura promedio de las corrugaciones, la Figura 9 muestra los resultados de los ensayos de la verificación, donde se puede apreciar que dos de las muestras de varilla #3 presentaron una altura de corrugación menor al límite inferior requerido, por lo que esas dos muestras presentan incumplimiento.

En cuanto a las demás varillas, la Figura 9 muestra cumplimiento, ya que los resultados son superiores al límite inferior requerido. Es importante indicar que la altura de corrugación incide directamente en la adherencia entre el concreto y el acero. Con una altura menor a la especificada existe el riesgo de que el concreto reforzado no se comporte como se consideró en el diseño.

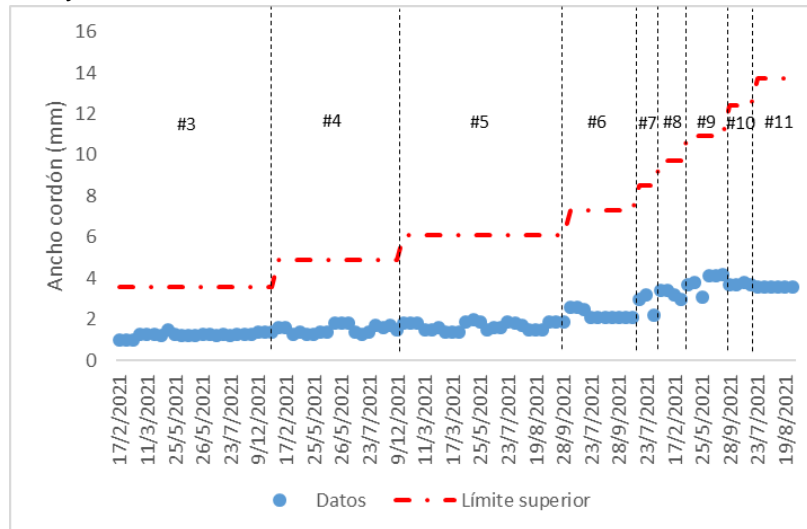
Figura 9. Resultados de la Altura Promedio de las Corrugaciones Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.





En cuanto al ancho del cordón de los ensayos de la verificación, la Figura 10 muestra cumplimiento generalizado de todas las muestras y todas las varillas, ya que los resultados de los ensayos se encuentran por debajo del límite superior especificado.

Figura 10. Resultados del Ancho del Cordón Reportados por la Verificación para el Acero Utilizado en el Proyecto.



En resumen, la Tabla 3 presentan los resultados reportados por la verificación de porcentaje de elongación en una longitud de control de 200 mm se encontraron 4 especímenes fuera de especificación, además de 5 adicionales que reportan un valor inferior a la especificación de la altura promedio de las corrugaciones. Estos resultados se muestran en la Tabla 3. Es criterio del Equipo Auditor que verificar el cumplimiento de todos los parámetros de calidad del acero de refuerzo es fundamental para poder garantizar el correcto funcionamiento de las estructuras de concreto reforzado.

Tabla 3. Resultados Fuera de Especificaciones de Acero de Refuerzo Reportados por la Supervisión.

Informe	Muestra	Varilla (#)	Fecha de muestreo	Elongación (%)	Altura Promedio (mm)
21-RB3-0002-7056	RB3-0002	3	17/2/2021	13	-
21-RB3-0002-7056	RB3-0002	3	17/2/2021	10	0,25
21-RB3-0002-7056	RB3-0002	3	17/2/2021	8	0,33
21-RB3-0004-7056	RB3-0004	5	17/2/2021	-	0,68
21-RB3-0004-7056	RB3-0004	5	17/2/2021	12	0,68
21-RB3-0004-7056	RB3-0004	5	17/2/2021	-	0,66



Para el acero no se realizó evaluación estadística en virtud de los criterios de aceptación considerados para este material.

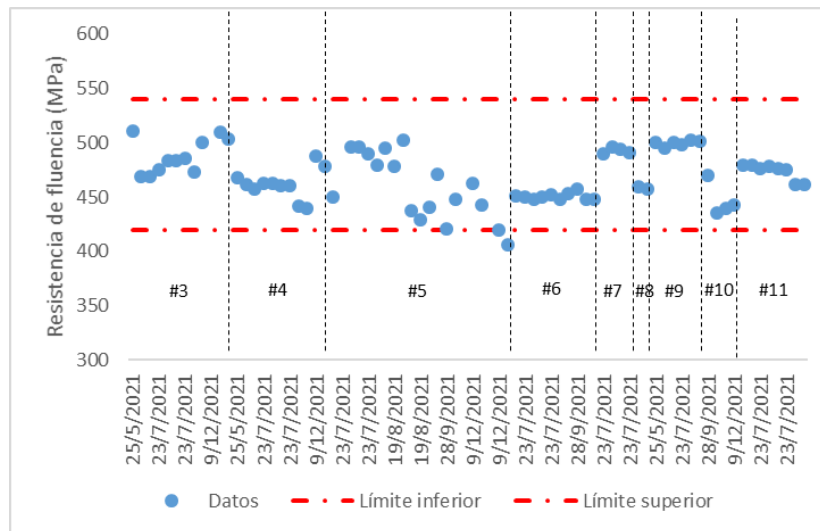
Asimismo, el LanammeUCR realizó muestreos del acero utilizado en el proyecto. Se evaluaron los mismos parámetros que evaluó la verificación para este material contra las normas ASTM A 615 o ASTM A 706, según corresponde. Los resultados obtenidos de esos ensayos se describen a continuación.

De acuerdo con la Figura 11, la mayoría de los resultados del esfuerzo a la fluencia para los diferentes diámetros de varillas de acero ensayados por el LanammeUCR se encuentran dentro de los límites, donde únicamente una varilla #5 tuvo un resultado inferior al especificado y dos varillas #5 tuvieron resultados en el límite.

Así, presentan tendencia al cumplimiento para las varillas de acero. Esto presenta similitud con los resultados obtenidos por la verificación, excepto en las muestras de varilla #5 ensayadas por el LanammeUCR.

El incumplimiento en la fluencia del acero podría generar una falla que tiende a la fragilidad en el concreto reforzado, donde el acero no tenga las capacidades para desarrollar la fluencia requerida para tratarse de una falla dúctil.

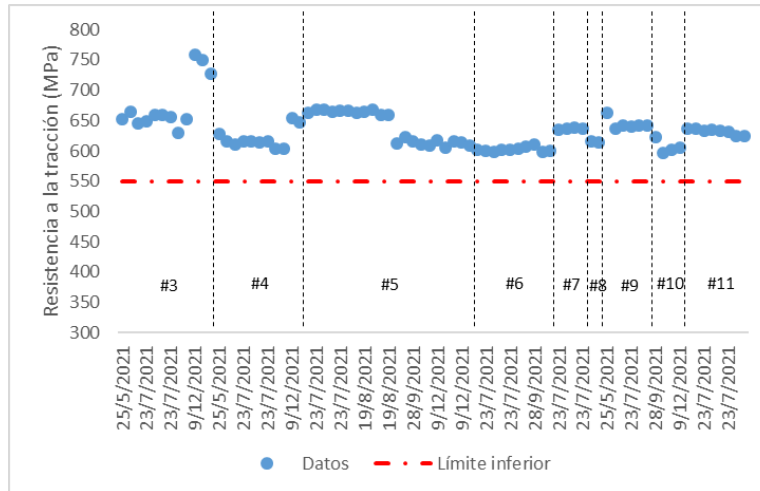
Figura 11. Resultados del Esfuerzo de Fluencia Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.



Como muestra la Figura 12, las varillas de distintos diámetros ensayadas por el LanammeUCR cumplen con el esfuerzo a tracción, lo cual es coincidente con lo obtenido por la verificación.

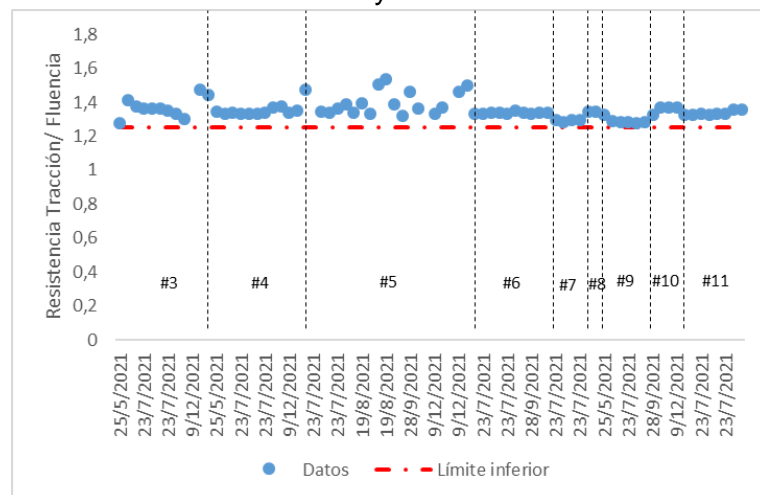


Figura 12. Resultados de la Resistencia a la Tracción Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.



La Figura 13 muestra la relación esfuerzo de fluencia y esfuerzo de tracción con base en los ensayos del LanammeUCR. De la misma se aprecia que todos los resultados son superiores al límite inferior especificado, de forma que las barras de acero ensayadas cumplen con dicha relación. Los resultados obtenidos por el LanammeUCR muestran similitud en cumplimiento con los obtenidos por la Verificación.

Figura 13. Resultados de la Relación de Esfuerzo de Tracción y Fluencia Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.



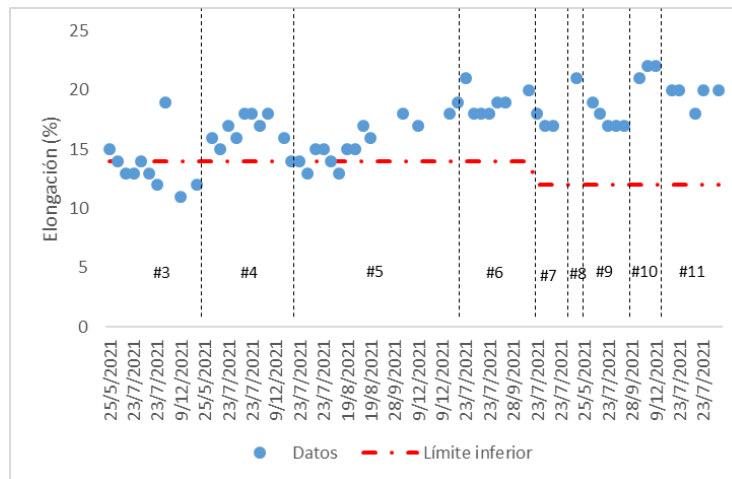
En relación con la Figura 14, se muestran los resultados del porcentaje de elongación de todos los diámetros muestreados por el LanammeUCR, donde se puede apreciar que para la varilla #3, seis muestras presentaron incumplimiento, dos muestras dieron resultados en el límite de la especificación y las restantes dos muestras tuvieron cumplimiento. Para la varilla #5 también se presentó el incumplimiento de una muestra.



Los resultados del LanammeUCR presentan resultados de elongación con similitud a la verificación en las varillas de #3 y # 4 con incumplimiento, con una elongación menor al límite inferior requerido.

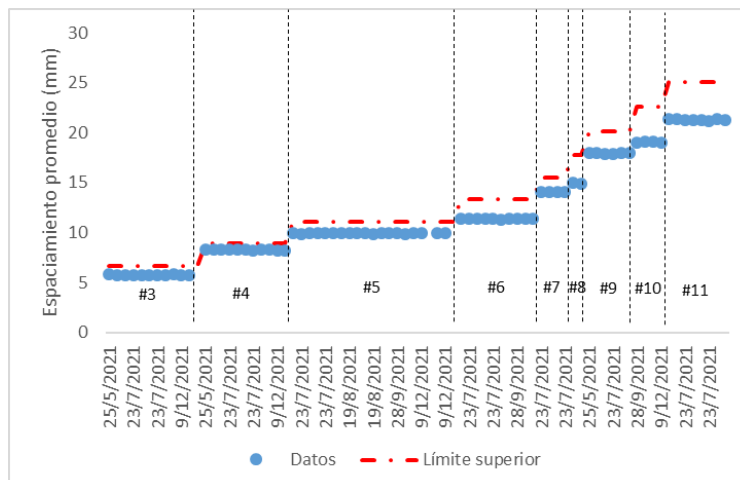
Al incumplirse la elongación del acero, el concreto reforzado es propenso a que existan diferencias en la compatibilidad de deformaciones y la falla del concreto ocurra bajo condiciones de menor seguridad y capacidad, y no se dé conforme a lo diseñado.

Figura 14. Resultados de la Elongación Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.



En cuanto al espaciamiento promedio de las corrugaciones en el acero utilizado en el proyecto, en la Figura 15 se muestran los resultados de los ensayos del LanammeUCR. Como se puede apreciar, todos los resultados se encuentran por debajo del límite superior para los distintos diámetros de varillas, por lo que los resultados presentan cumplimiento.

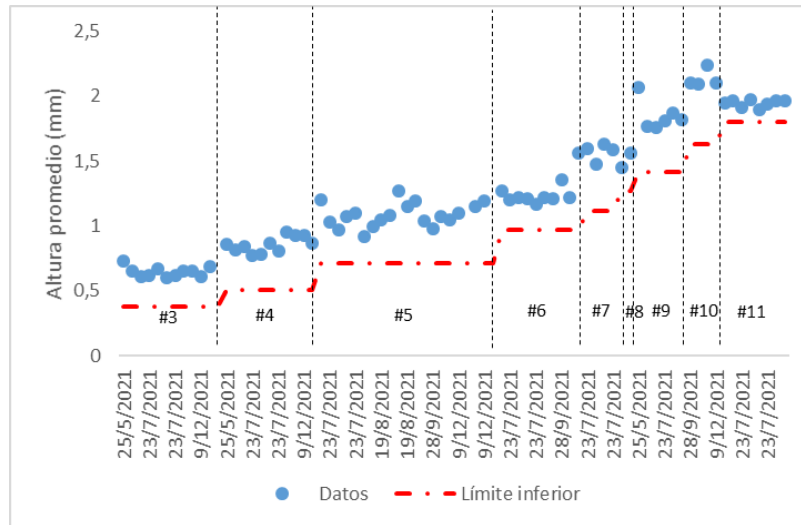
Figura 15. Resultados del Espaciamiento Promedio de las Corrugaciones Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.





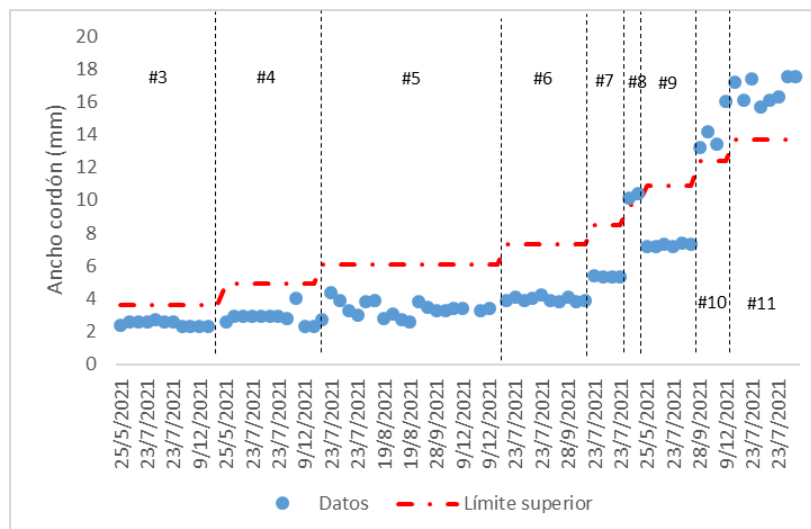
En relación con la altura promedio de las corrugaciones, la Figura 16 muestra los resultados del LanammeUCR, donde se puede apreciar que los datos son superiores al límite inferior requerido, de forma que presentan cumplimiento.

Figura 16. Resultados de la Altura Promedio de las Corrugaciones Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.



En cuanto al ancho del cordón de los ensayos de la verificación, la Figura 17 muestra incumplimiento en la varilla #8, #10 y #11, ya que los resultados obtenidos son mayores que el límite superior especificado. Este tipo de incumplimiento en el cordón de la varilla podrían incidir en la adherencia del acero con el concreto para el adecuado funcionamiento del concreto reforzado como un material compuesto por ambos.

Figura 17. Resultados del Ancho del Cordón Obtenidos por el LanammeUCR del Acero Utilizado en el Proyecto.





Para los resultados obtenidos de porcentaje de elongación en una longitud de control de 200 mm se encontraron 8 especímenes fuera de especificación, además de un espécimen que reporta un valor inferior a la especificación del esfuerzo de fluencia y dos especímenes que presentaron grietas durante la inspección visual (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Resultados Fuera de Especificaciones de Acero de Refuerzo Obtenidos por el LanammeUCR.

Informe	Muestra	Varilla (#)	Fecha de muestreo	Resistencia de Fluencia (MPa)	Elongación (%)	Grietas en Inspección Visual
I-0928-2021	1286-2021	3	23/7/2021	-	13	-
I-0928-2021	1286-2021	3	23/7/2021	-	13	-
I-0928-2021	1286-2021	3	23/7/2021	-	13	-
I-0928-2021	1286-2021	3	23/7/2021	-	12	-
I-0928-2021	1288-2021	5	23/7/2021	-	13	-
I-0928-2021	1288-2021	5	23/7/2021	-	13	-
I-0928-2021	1288-2021	5	23/7/2021	-	-	Sí
I-0928-2021	1288-2021	5	23/7/2021	-	-	Sí
EIC-Lanamme-INF-0064-2022	2238-2021	3	9/12/2021	-	11	-
EIC-Lanamme-INF-0064-2022	2238-2021	3	9/12/2021	-	12	-
EIC-Lanamme-INF-0064-2022	2240-2021	5	9/12/2021	406	-	-

Como se aprecia en la Tabla 4, una varilla #5 registró un esfuerzo de fluencia menor al límite inferior especificado, se presentaron varillas #3 y #5 que no cumplieron con la elongación y varillas #5 que en el ensayo de doblez de barras de acero presentaron fisuras. Los resultados de ensayos de varillas de acero fueron remitidos por el LanammeUCR a la Administración a través de los oficios LM-EIC-D-0518-2021 del 5 de julio de 2021 y LM-EIC-D-0697-2021 del 2 de septiembre de 2021.

La Administración respondió a través de los oficios POE-09-2021-0508 del 19 de julio de 2021, POE-09-2021-0659 del 21 de septiembre de 2021 y POE-09-2022-0091 firmado el 18 de febrero de 2022, con las notas de UNOPS 96800/210719/ER/192 del 19 de julio de 2021, 96800/210920/ER/257 del 20 de septiembre de 2021 y 96800/220217/ER/051 del 17 de febrero de 2022, respectivamente.

En cuanto a las varillas #3 y #5 la Administración indicó que, para las muestras del 23 de julio de 2021, la verificación obtuvo resultados que cumplen con las especificaciones y se realizaron ensayos adicionales de tintas penetrantes con cumplimiento para las varillas ensayadas. Sin embargo, para otras fechas de muestreo (tal como se muestra en la Figura 7) la verificación obtuvo resultados de elongación inferiores a lo especificado para las varillas #3 y #5.



Así, aunque los resultados de la verificación para el 23 de julio 2021 presentan cumplimiento, es criterio del Equipo Auditor que se evidenciaron incumplimientos en las muestras tomadas por el LanammeUCR, los cuales son coincidentes con resultados obtenidos por el laboratorio de verificación de calidad. Así las cosas, se evidenció el incumplimiento de estos parámetros para las varillas #3 y #5, inclusive con la presencia de grietas, y que se debieron tomar medidas en cuanto a la calidad del material colocado, en aras de cumplir el estándar de un proyecto de obra nueva.

HALLAZGO 3: SE PRESENTÓ TENDENCIA AL CUMPLIMIENTO EN LA SUBBASE GRANULAR ENSAYADA POR LA VERIFICACIÓN EN LOS PARÁMETROS DE LÍMITE LÍQUIDO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD Y EN LA GRANULOMETRÍA EN LAS MALLAS N° 4 Y N° 200.

En esta sección se analizaron los ensayos realizados al material de subbase granular. Se analizaron los límites de consistencia del material mediante la determinación de los límites de Atterberg, la capacidad relativa de soporte (CBR), los índices de durabilidad de finos y gruesos, abrasión y la graduación granulométrica por medio de tamizaje en las mallas de 50 mm, 37.5 mm, N°4 y N°200. La revisión se hizo con base en la actualización del 2017 del CR-2010, sección 703.05.

Se identificaron 12 ensayos de subbase granular realizados por la verificación, cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.

Para el límite líquido las muestras presentan cumplimiento excepto la muestra del informe de verificación 21-RB3-0398-7056 cuya fuente provino de Meco Santa Ana, donde el límite líquido es mayor que la especificación. Así mismo, el índice de plasticidad registrado cumple para todos los especímenes excepto para dos muestras provenientes del tajo Meco Santa Ana.

En cuanto a la granulometría de la subbase ensayados por la verificación de la calidad, se identificaron incumplimientos en las mallas N° 4 y N° 200 para el material de subbase. No cumplen las especificaciones cartelarias del material en una muestra (21-RB3-0398-7056) en el porcentaje pasando la malla N° 4, y en dos muestras (21-RB1-0003-7056 y 21-RB3-0398-7056) en la malla N° 200.

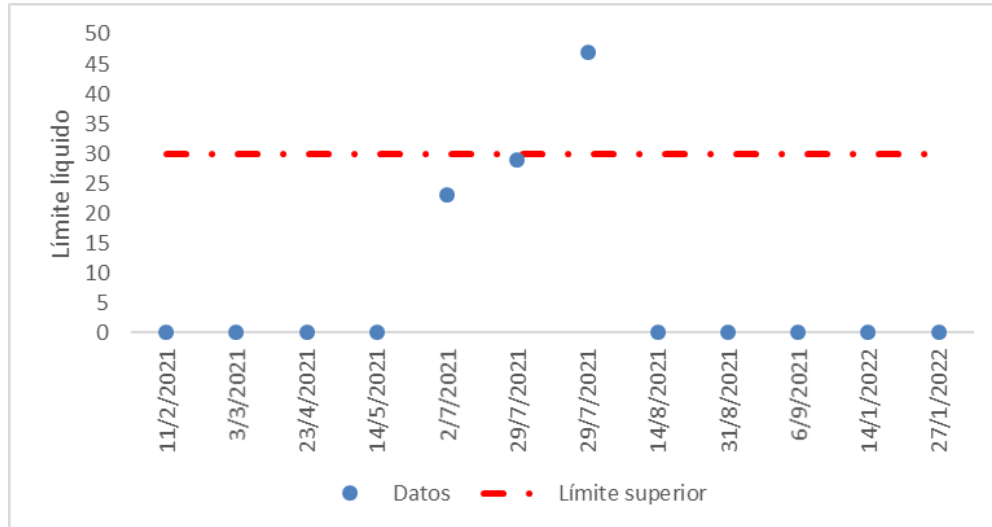


Tabla 5. Resultados de los Ensayos Reportados por la Verificación para la Subbase Granular con una Graduación B

Información general			Límite Líquido (%)	Índice plasticidad (%)	CBR (%)	Índice de Durabilidad Grosos (%)	Índice de Durabilidad Finos (%)	Abrasión (%)	Graduación B			
Informe	Fuente	Fecha de muestreo							50 mm	37,5 mm	Nº 4	Nº 20
21-RB1-0003-7056	Tajo Tres Ríos	11/2/2021	NP	NP	101				100	100	55	18,9
21-RB3-0023-7056	Tajo San Rafael Meco	3/3/2021	NP	NP	111				100	100	59	11,8
21-RB3-0125-7056	Tajo Guacalillo	23/4/2021	NP	NP	155	81	65	38	100	100	42	7,5
21-RB3-0170-7056	Tajo Guacalillo	14/5/2021	NP	NP	82				100	100	44	10,8
21-RB3-0315-7056	Tajo Guacalillo	2/7/2021	23	4	175				100	100	47	9,0
21-RB3-0397-7056	Meco Santa Ana	29/7/2021	29	13					100	100	59	10,9
21-RB3-0398-7056	Meco Santa Ana	29/7/2021	47	28					100	100	74	17,8
21-RB3-0428-7056	Tajo Guacalillo	14/8/2021	NP	NP					100	100	49	9,6
21-RB3-0473-7056	Tajo Guacalillo	31/8/2021	NP	NP	156				100	100	40	8,8
21-RB3-0504-7056	Tajo Guacalillo	6/9/2021	NP	NP					100	100	52	12,0
22-RB3-0041-7056	Tajo Guacalillo	14/1/2022	NP	NP	159				100	100	52	6,9
22-RB3-0080-7056	Meco Santa Ana	27/1/2022	NP	NP	121	86	56		100	100	54	6,3

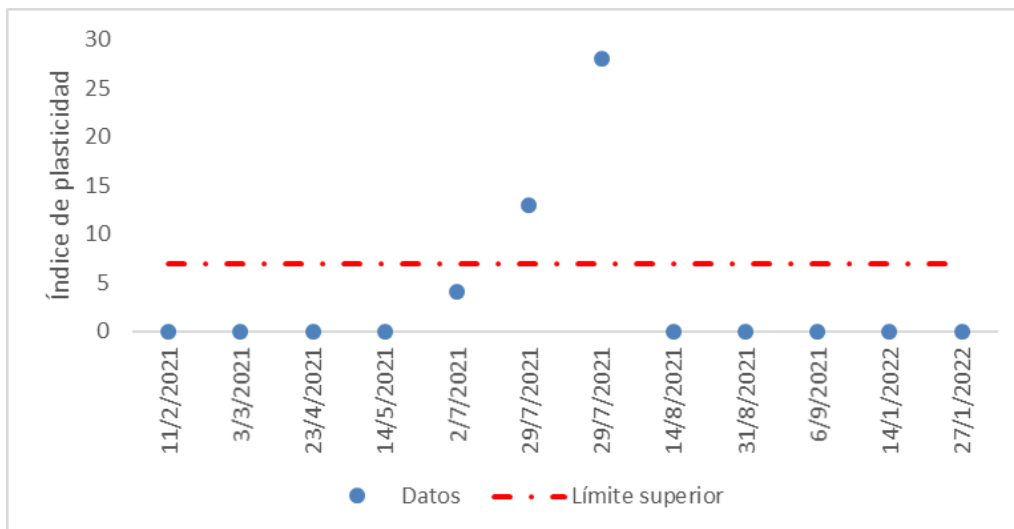


Figura 18. Resultados del Límite Líquido Reportados por la Verificación para la Subbase Granular en el Proyecto.



De acuerdo con la Figura 18, se puede apreciar que una muestra con un valor de 47, la cual superó ampliamente el límite líquido máximo establecido para la subbase por lo que se trata de un incumplimiento. La muestra registrada en el informe 21-RB3-0397-7056 tiene un resultado de 29, lo cual es un valor que dista una unidad del límite y está dentro de los límites especificados.

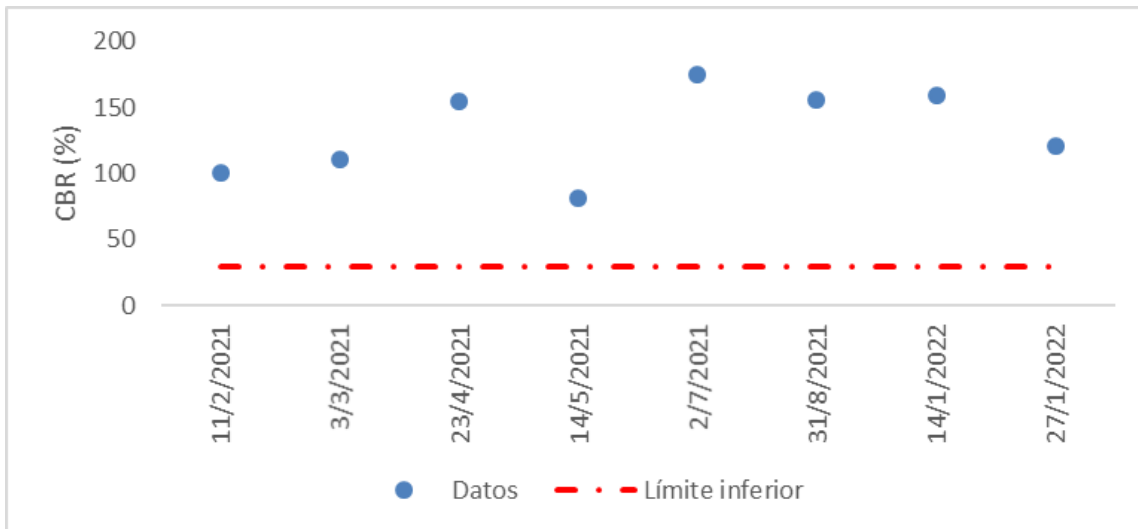
Figura 19. Resultados del Índice de Plasticidad Reportados por la Verificación para la Subbase Granular en el Proyecto.



Con base en la Figura 19, se aprecia que dos muestras superan el límite superior del índice de plasticidad especificado para la subbase, por lo que presentan incumplimiento.

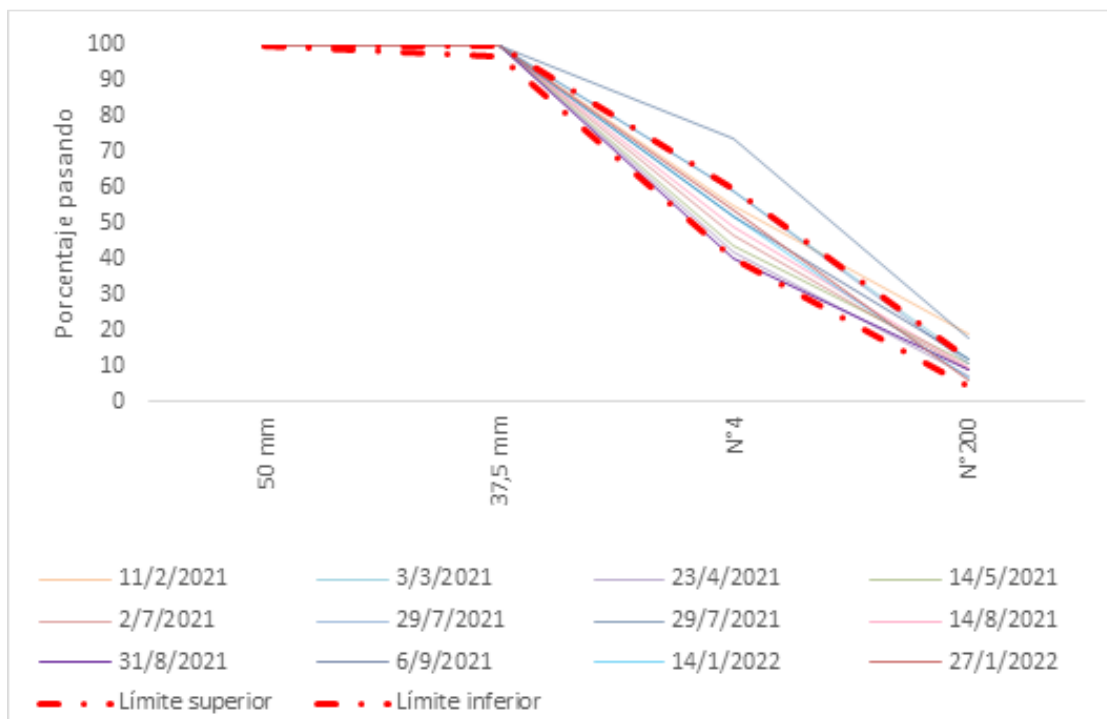


Figura 20. Resultados del CBR Reportados por la Verificación para la Subbase Granular en el Proyecto.



En relación con la Figura 20, se aprecia que todas las muestras para las que se ensayó el CBR cumplieron de manera satisfactoria con el límite mínimo especificado para la subbase, tal que el CBR resultante fue mayor al límite inferior.

Figura 21. Resultado de la Distribución Granulométrica Reportado por la Verificación para la Subbase Granular en el Proyecto.





De acuerdo con la Figura 21, se puede apreciar que existen tres incumplimientos, tal que las muestras se salen de los límites especificados para la granulometría de la subbase. Esto podría tener incidencia en el acomodo de las partículas de este material granular.

Por otra parte, los resultados de los muestreos realizados por el LanammeUCR para la subbase granular utilizada en el proyecto se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados de los Ensayos Reportados por el LanammeUCR para la Subbase con una Graduación B.

Información general			Límite Líquido (%)	Índice plasticidad (%)	CBR (%)	Abrasión (%)	Graduación B			
Informe	Fuente	Fecha de muestreo					50 mm	37,5 mm	Nº4	Nº200
EIC-Lanamme-INF-0092-2021	-	31/8/2021	-	-			100	98	55,5	7,7
I-0771-2021	Tajo Guacalillo	14/5/2021	NP	NP	117,1		-	-	-	-
I-0839-2021	Tajo Guacalillo	14/5/2021	-	-		52	100	100	49,2	10,2
EIC-Lanamme-INF-0151-2021	-	31/8/2021	NP	NP	117,1		-	-	-	-

Como se puede apreciar en la Tabla 6 y en los resultados de la verificación, las muestras del Tajo Guacalillo se clasificaron como no plásticos en relación con los parámetros del límite líquido y del índice de plasticidad. Además, en cuanto a la granulometría, los resultados de la subbase ensayados por el LanammeUCR presentaron cumplimiento. Así, los parámetros evaluados para la subbase granular con graduación B se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales.

Algunos de los resultados de ensayos fueron remitidos por el LanammeUCR para la Administración a través del oficio LM-EIC-D-0518-2021 del 5 de julio de 2021, y la Administración brindó respuesta con el oficio POE-09-2021-0508 del 19 de julio de 2021.

HALLAZGO 4: SE EVIDENCIARON INCUMPLIMIENTOS EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE VARIOS LOTES DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO, RESPECTO AL LÍMITE SUPERIOR ESTABLECIDO EN LA ESPECIFICACIÓN DEL PROYECTO.

En esta sección se realizó un análisis de los resultados de los parámetros de calidad de la base estabilizada BE-25 empleada en el proceso constructivo del proyecto, con el fin de evaluar el cumplimiento de las especificaciones de esta obra, según lo estipulado en las normas de diseño y especificaciones técnicas del proyecto.

Asimismo, este análisis se basa en el Tomo 7, C) Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, Sección 304.) Estabilización de los agregados, subsección 304.12 Pago y la actualización y oficialización de la “Sección 302. Base granular estabilizada con cemento” del CR-2010, mediante el Decreto Ejecutivo DE-40333-MOPT, del 16 de enero del 2017, la cual establece en el apartado 302.14 Pago, específicamente en la Tabla 302-3 “Requisitos de Muestreo y Ensayo” la realización del ensayo de Resistencia a la compresión



inconfinada, cuyos resultados serán evaluados estadísticamente aplicando la sección 107.05 Estadística.

Además, para el análisis se toma en consideración los límites de especificación establecidos en el oficio POE-09-2021-0643 del 14 de septiembre de 2021 y la nota de UNOPS 96800/210914/ER/246 del 14 de setiembre de 2021 mediante la cual se envió a esta Auditoría Técnica el Anexo 1: documento “Propuesta de especificaciones de materiales y construcción de base estabilizada con cemento para el proyecto de intercambio de La Bandera” con fecha del 9 de septiembre de 2021.

De acuerdo con la Observación 4 del informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0449-2023, se evidenció que la Administración no implementó el método de ensayo de la actualización del Decreto Ejecutivo DE No. 40333-MOPT publicado en La Gaceta, alcance no. 99 del 9 de mayo de 2017, de la sección 302.03 diseño de mezcla (equivalente a BE-25) CR-2010, para la realización del moldeo de especímenes de base estabilizada con cemento, lo cual incidió en el análisis comparativo de resistencias para la evaluación estadística del material.

Los resultados de la resistencia a la compresión de la Supervisión no son de recibo según el método empleado para la elaboración de especímenes (3 capas). Sin embargo, se realiza el análisis con el fin de apegarse al cumplimiento de la evaluación de la sección 107.05 la cual establece que los resultados de la Verificación de calidad son los datos empleados en el análisis de la sección 107.05.

De acuerdo con la “Propuesta de especificaciones de materiales y construcción de base estabilizada con cemento para el proyecto de intercambio de La Bandera” en la Tabla 1: *Principales requerimientos para materia prima y producto terminado para la fabricación de estabilización con cemento del tipo BE-25*, se indica que la resistencia a la compresión simple a los 7 días debe ser:

Mínimo: 2,1 MPa

Promedio: 3,0 MPa

Máximo: 3,9 MPa

El análisis realizado se limita a la evaluación del cumplimiento del parámetro de calidad de la base estabilizada BE-25. Es posible observar que se obtuvieron resistencias de hasta tres veces la resistencia de diseño (3,0 MPa), lo cual aumenta el riesgo de producir una base muy rígida susceptible al agrietamiento por contracción del material, de ahí el límite superior que especifica el CR-2010.

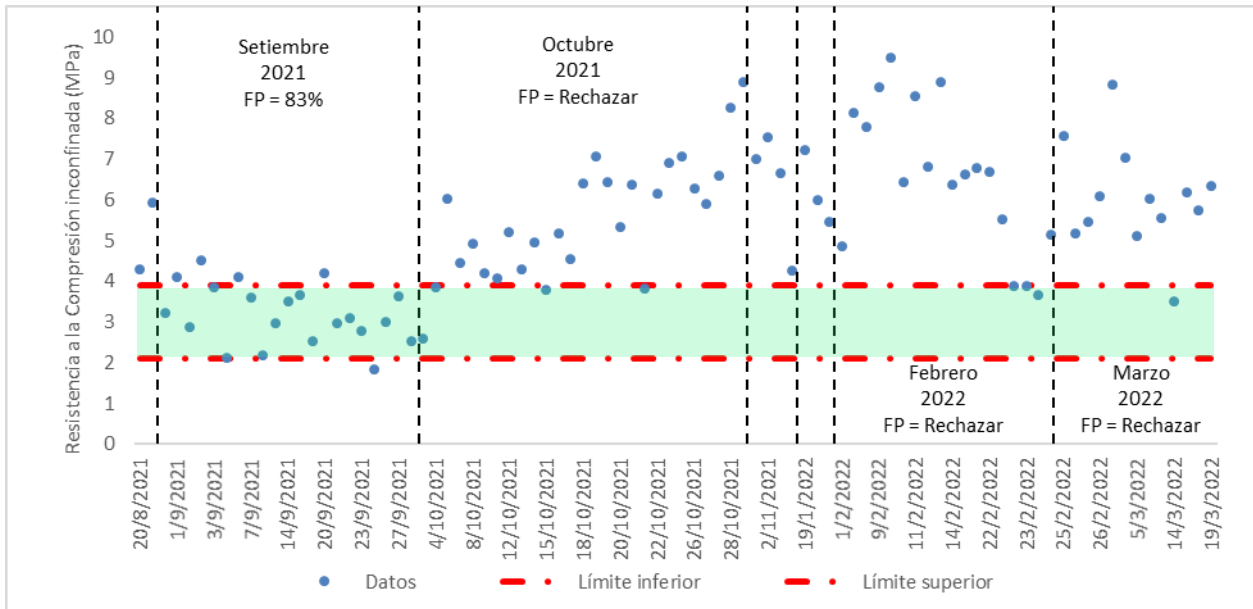
La Unidad de Auditoría Técnica, en conjunto con los laboratorios del LanammeUCR realizaron ensayos a la base estabilizada colocada durante el periodo comprendido entre los meses de agosto 2021 a marzo 2022.





A partir de los resultados del laboratorio de Verificación de Calidad, en la Figura 22 se muestran las resistencias a la compresión simple obtenida para las muestras de base estabilizada ensayadas en el periodo de agosto 2021 a marzo 2022.

Figura 22. Resultado de la Resistencia a la Compresión Inconfinada por la Verificación para la Base Estabilizada con Cemento (BE-25) en el Proyecto.



Con los datos de las muestras ensayadas por el laboratorio de Verificación se realizó el análisis de estos representándolos en la gráfica mostrada en la Figura 22 con el fin de evaluar la variación que se da en la resistencia durante el proceso constructivo.

En la gráfica se ilustra la zona de cumplimiento de la especificación (área sombreada en verde) y se determina que en octubre se presentan -en mayor cantidad- resistencias superiores al límite de especificación de 3,9 MPa establecido contractualmente. Es posible observar que se obtuvieron resistencias de hasta tres veces la resistencia de diseño (3,0 MPa), lo cual aumenta el riesgo de producir una base muy rígida susceptible al agrietamiento por contracción del material, de ahí el límite superior que especifica el CR-2010.

La Figura 22 muestra cambios más significativos en los resultados de resistencia al pasar del mes de setiembre al mes de octubre 2021. Esto es coincidente con el cambio de porcentaje de cemento utilizado en la fabricación de la base estabilizada, ya que se pasó de un diseño de base estabilizada con cemento de 3 % al 5 %.

Del análisis, en la Figura 22 se identifica que la resistencia a la compresión durante el proceso de producción de la base estabilizada evidencia variabilidad durante todo el período analizado, donde de las 88 muestras ensayadas por el laboratorio de verificación,





el 27 % de los resultados se encuentran dentro de los límites de cumplimiento y el 73 % presenta incumplimientos.

Además, de acuerdo con la evaluación estadística de la sección 107.05: *Estadística, de la actualización del CR-2010*, los resultados de la resistencia a compresión de la base estabilizada con cemento son de rechazo para los meses de octubre 2021, febrero y marzo 2022. Estos se presentan a continuación.

Tabla 7. Evaluación de Resultados de la Resistencia de la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Agosto 2021, PD La Bandera

Informe	Muestra	Estación	Diseño	Fecha de muestreo	Resistencia (MPa)	Resistencia promedio (MPa)
Límite superior					3,9	3,9
Límite inferior					2,1	2,1
21-RB3-0442-7056	RB3-0442	0+025	2021-08-7812	20/8/2021	4,4	4,3
21-RB3-0442-7056	RB3-0442	0+025	2021-08-7812	20/8/2021	4,2	
21-RB3-0442-7056	RB3-0442	0+025	2021-08-7812	20/8/2021	4,3	
21-RB3-0442-7056	RB3-0442-B	0+025	2021-08-7812	20/8/2021	5,9	5,9
21-RB3-0442-7056	RB3-0442-B	0+025	2021-08-7812	20/8/2021	6,1	
21-RB3-0442-7056	RB3-0442-B	0+025	2021-08-7812	20/8/2021	5,8	

Tabla 8. Evaluación Estadística para la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Septiembre 2021, PD La Bandera

Límite superior de resistencia (MPa)	3,9
Límite inferior de resistencia (MPa)	2,1
Promedio (\bar{X})	3,2
Desviación estándar (S)	0,7
Categoría	I
Número de muestras (n)	21
Límite superior de especificación (LSE)	3,9
Límite inferior de especificación (LIE)	2,1
Índice de calidad superior (Q_s)	0,94
Índice de calidad inferior (Q_i)	1,51
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	18,941
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	7,462
Porcentaje total defectuoso (%)	26,403
Factor de pago (%)	83



Tabla 9. Evaluación Estadística para la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Octubre 2021, PD La Bandera

Límite superior de resistencia (MPa)	3,9
Límite inferior de resistencia (MPa)	2,1
Promedio (\bar{X})	5,5
Desviación estándar (S)	1,5
Categoría	I
Número de muestras (n)	27
Límite superior de especificación (LSE)	3,9
Límite inferior de especificación (LIE)	2,1
Índice de calidad superior (Q_s)	-1,12
Índice de calidad inferior (Q_i)	2,35
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	85,948
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	1,317
Porcentaje total defectuoso (%)	87,265
Factor de pago (%)	Rechazar

Tabla 10. Evaluación de Resultados de la Resistencia de la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Noviembre 2021, PD La Bandera

Informe	Muestra	Estación	Diseño	Fecha de muestreo	Resistencia (MPa)	Resistencia promedio (MPa)
Límite superior					3,9	3,9
Límite inferior					2,1	2,1
21-RB3-0724-7056-A	RB3-0724	0+308	2021-08-7812	1/11/2021	7,0	7,0
21-RB3-0724-7056-A	RB3-0724	0+308	2021-08-7812	1/11/2021	7,1	
21-RB3-0724-7056-A	RB3-0724	0+308	2021-08-7812	1/11/2021	6,9	
21-RB3-0726-7056-A	RB3-0726	0+026	2021-08-7812	2/11/2021	7,8	7,5
21-RB3-0726-7056-A	RB3-0726	0+026	2021-08-7812	2/11/2021	7,6	
21-RB3-0726-7056-A	RB3-0726	0+026	2021-08-7812	2/11/2021	7,2	
21-RB3-0737-7056-A	RB3-0737	0+010	2021-08-7812	4/11/2021	6,7	6,7
21-RB3-0737-7056-A	RB3-0737	0+010	2021-08-7812	4/11/2021	6,6	
21-RB3-0737-7056-A	RB3-0737	0+010	2021-08-7812	4/11/2021	6,7	



21-RB3-0740-7056-A	RB3-0740	0+042	2021-08-7812	5/11/2021	4,5	4,3
21-RB3-0740-7056-A	RB3-0740	0+042	2021-08-7812	5/11/2021	4,1	
21-RB3-0740-7056-A	RB3-0740	0+042	2021-08-7812	5/11/2021	4,2	
No aplica FP n < 5						

Tabla 11. Evaluación de Resultados de la Resistencia de la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Enero 2022, PD La Bandera

Informe	Muestra	Estación	Diseño	Fecha de muestreo	Resistencia (MPa)	Resistencia promedio (MPa)
Límite superior					3,9	3,9
Límite inferior					2,1	2,1
22-RB3-0058-7056-A	0058-7056-A	0+015	2021-10-9846	19/1/2022	7,0	7,2
22-RB3-0058-7056-A	0058-7056-A	0+015	2021-10-9846	19/1/2022	7,5	
22-RB3-0058-7056-A	0058-7056-A	0+015	2021-10-9846	19/1/2022	7,0	
22-RB3-0058-7056-A	0058-7056-A	0+015	2021-10-9846	19/1/2022	7,4	
22-RB3-0058-7056-B	0058-7056-B	0+015	2021-10-9846	19/1/2022	6,1	6,0
22-RB3-0058-7056-B	0058-7056-B	0+015	2021-10-9846	19/1/2022	5,9	
22-RB3-0058-7056-B	0058-7056-B	0+015	2021-10-9846	19/1/2022	6,1	
22-RB3-0058-7056-B	0058-7056-B	0+015	2021-10-9846	19/1/2022	5,9	
22-RB3-0058-7056-A	0058-7056-C	0+025	2021-10-9846	19/1/2022	5,7	5,5
22-RB3-0058-7056-A	0058-7056-C	0+025	2021-10-9846	19/1/2022	5,6	
22-RB3-0058-7056-A	0058-7056-C	0+025	2021-10-9846	19/1/2022	5,3	
22-RB3-0058-7056-A	0058-7056-C	0+025	2021-10-9846	19/1/2022	5,2	
No aplica FP n < 5						



Tabla 12. Evaluación Estadística para la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Febrero 2022, PD La Bandera

Límite superior de resistencia (MPa)	3,9
Límite inferior de resistencia (MPa)	2,1
Promedio (\bar{X})	6,6
Desviación estándar (S)	1,8
Categoría	I
Número de muestras (n)	18
Límite superior de especificación (LSE)	3,9
Límite inferior de especificación (LIE)	2,1
Índice de calidad superior (Q_s)	-1,48
Índice de calidad inferior (Q_i)	2,47
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	91,787
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	1,237
Porcentaje total defectuoso (%)	93,024
Factor de pago (%)	Rechazar

Tabla 13. Evaluación Estadística para la Base Estabilizada con Cemento Ensayada por la Verificación al Informe de Marzo 2022, PD La Bandera

Límite superior de resistencia (MPa)	3,9
Límite inferior de resistencia (MPa)	2,1
Promedio (\bar{X})	6,1
Desviación estándar (S)	1,3
Categoría	I
Número de muestras (n)	13
Límite superior de especificación (LSE)	3,9
Límite inferior de especificación (LIE)	2,1
Índice de calidad superior (Q_s)	-1,67
Índice de calidad inferior (Q_i)	3,07
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	93,856
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	0,465
Porcentaje total defectuoso (%)	94,321
Factor de pago (%)	Rechazar

Los resultados reportados por la Supervisión presentan una tendencia de la mayoría de los resultados fuera del rango de la especificación de la resistencia.

Para una mejor interpretación del comportamiento de los especímenes en cuanto a esta propiedad se verificó la frecuencia en la que se incumple con estos parámetros de especificación de resistencia máxima y mínima, este se puede observar en la Figura 23.

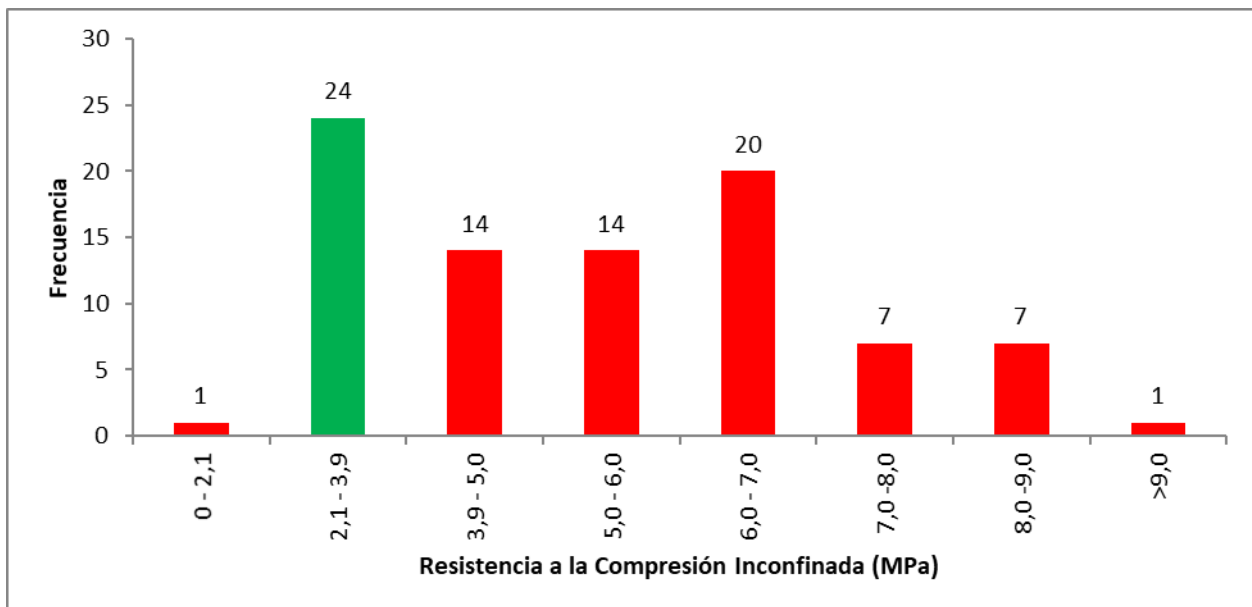
En la Figura 23 se muestra las frecuencias de los resultados de la resistencia a la compresión de la base estabilizada obtenidos por la Supervisora donde se muestra que 24 muestras están dentro de los límites de la especificación con un valor inferior a los requerimientos.



Por otro lado, 63 de los resultados presentan una resistencia mayor al límite superior de lo especificado, con 14 valores entre 3,9 MPa y 5,0 MPa; 14 resultados entre 5,0 MPa y 6,0 MPa; 20 valores entre 6,0 MPa y 7,0 MPa; 7 resultados entre 7,0 MPa y 8,0 MPa; 7 resultados entre 8,0 MPa y 9,0 MPa; y un valor mayor a 9,0 MPa.

De acuerdo con ello, el 71,6 % de los resultados de verificación para los ensayos de la resistencia a la compresión de la base estabilizada con cemento son mayores el límite superior de la especificación, de acuerdo con los ensayos de agosto 2021 a marzo 2022.

Figura 23. Frecuencias de la Resistencia a la Compresión Inconfinada por la Verificación para la Base Estabilizada con Cemento (BE-25) en el Proyecto.

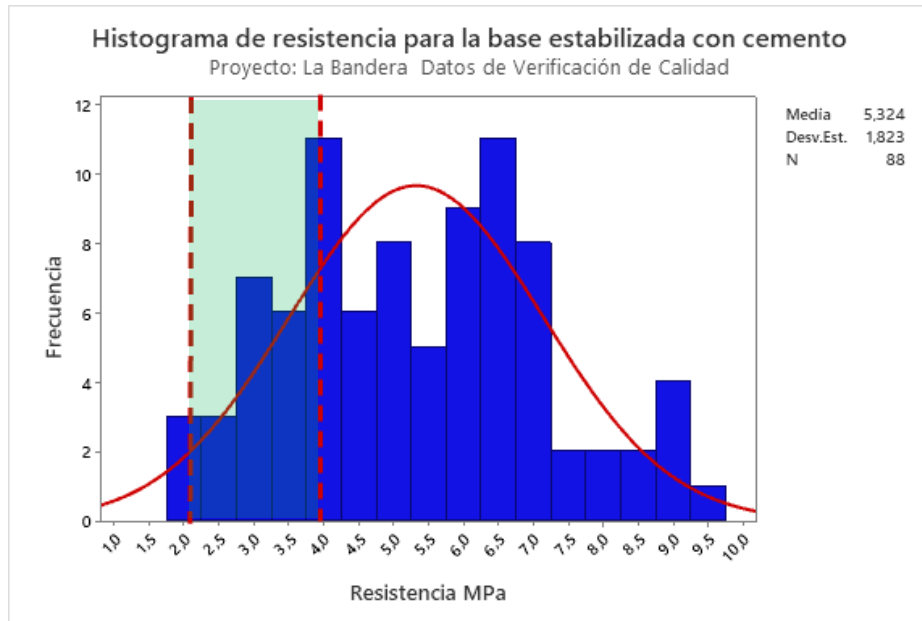


Mediante el análisis gráfico de los datos se determina un incumplimiento cercano al 71,6 % de las muestras reportadas por la Supervisión para la resistencia a la compresión inconfinada de la base estabilizada del proyecto. Lo cual genera un criterio de rechazo del material para los meses de octubre 2021 y febrero y marzo 2022. No se consideraron en este análisis los meses con un número de muestras inferior a 5.

Así mismo, la Figura 24 presenta los resultados de la resistencia a compresión obtenida en la base estabilizada, donde la media de las resistencias es 5,3 MPa con una desviación estándar de 1,8 MPa para la distribución de los datos. Se aprecia como los límites de la especificación se encuentran en uno de los extremos de la distribución de la campana de Gauss, lo cual demuestra que la tendencia de los resultados es estar fuera de los límites de cumplimiento del material.



Figura 24. Histograma de frecuencias de los resultados de resistencia a la compresión de base estabilizada ensayados por el laboratorio de verificación de la calidad de agosto 2021 a marzo 2022.



El LanammeUCR realizó 9 muestreos en obra para su correspondiente ensayo para la determinación de la resistencia de la base estabilizada con cemento (BE-25) de acuerdo con el método de ensayo normado. Los resultados obtenidos por el LanammeUCR brindan resultados similares a los reportados por la verificación.

En la Figura 25 y Tabla 14 se muestran los resultados de resistencia a la compresión de las muestras de base estabilizada que fueron tomadas por parte del LanammeUCR, de las cuáles se logra observar que sólo dos muestras cumplen con la especificación.

Figura 25. Resultados de resistencia de base estabilizada de agosto 2021 a marzo 2022 de ensayos realizados por el LanammeUCR.

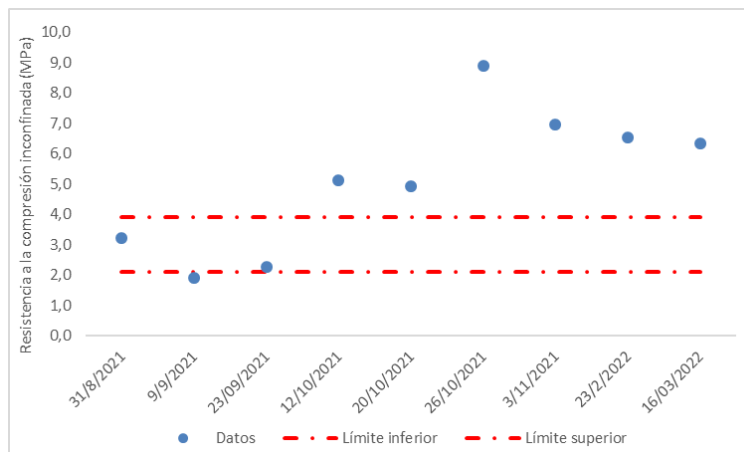




Tabla 14. Resultados de los Ensayos Reportados por el LanammeUCR para la Base Estabilizada con Cemento (BE-25).

Informe	Muestra	Estación	Diseño	Fecha de muestreo	Resistencia (MPa)	Resistencia promedio (MPa)
Límite superior					3,9	3,9
Límite inferior					2,1	2,1
EIC-Lanamme- INF-0089-2021	1619-2021	Eje 7. 0 + 020	2021-08-7812	31/8/2021	3,4	3,2
EIC-Lanamme- INF-0089-2021	1619-2021	Eje 7. 0 + 020	2021-08-7812		3,2	
EIC-Lanamme- INF-0089-2021	1619-2021	Eje 7. 0 + 020	2021-08-7812		3,1	
EIC-Lanamme- INF-0089-2021	1619-2021	Eje 7. 0 + 020	2021-08-7812		3,2	
EIC-Lanamme- INF-0091-2021	1705-2021	Frente Derecho UCR	2021-08-7812	9/9/2021	1,7	1,9
EIC-Lanamme- INF-0091-2021	1705-2021	Frente Derecho UCR	2021-08-7812		1,9	
EIC-Lanamme- INF-0091-2021	1705-2021	Frente Derecho UCR	2021-08-7812		2,1	
EIC-Lanamme- INF-0091-2021	1705-2021	Frente Derecho UCR	2021-08-7812		1,9	
EIC-Lanamme- INF-0155-2021	1764-2021	0+202 a 0+228, frente Derecho	2021-08-7812	23/9/2021	2,0	2,3
EIC-Lanamme- INF-0155-2021	1764-2021	0+202 a 0+228, frente Derecho	2021-08-7812		2,4	
EIC-Lanamme- INF-0155-2021	1764-2021	0+202 a 0+228, frente Derecho	2021-08-7812		2,4	
EIC-Lanamme- INF-0219-2021	1867-2021	0+462 al 0+491	2021-08-7812	12/10/2021	5,3	5,1
EIC-Lanamme- INF-0219-2021	1867-2021	0+462 al 0+491	2021-08-7812		5,4	
EIC-Lanamme- INF-0219-2021	1867-2021	0+462 al 0+491	2021-08-7812		4,7	
EIC-Lanamme- INF-0253-2021	1903-2021	0+038, eje 18	2021-08-7812	20/10/2021	5,0	4,9
EIC-Lanamme- INF-0253-2021	1903-2021	0+038, eje 18	2021-08-7812		4,9	
EIC-Lanamme- INF-0253-2021	1903-2021	0+038, eje 18	2021-08-7812		4,9	
EIC-Lanamme- INF-0325-2021	1935-2021	0+316 al 0+354	2021-08-7812	26/10/2021	8,7	8,9
EIC-Lanamme- INF-0325-2021	1935-2021	0+316 al 0+354	2021-08-7812		9,2	
EIC-Lanamme- INF-0325-2021	1935-2021	0+316 al 0+354	2021-08-7812		8,8	



EIC-Lanamme- INF-0344-2021	1980-2021	0+315 al 0+351	2021-08-7812		6,7	
EIC-Lanamme- INF-0344-2021	1980-2021	0+315 al 0+351	2021-08-7812	3/11/2021	6,9	7,0
EIC-Lanamme- INF-0344-2021	1980-2021	0+315 al 0+351	2021-08-7812		7,3	
EIC-Lanamme-INF-0373-2022	0237-2022	0+439 al 0+481. Eje 1, margen izquierda	2021-12-11235		6,6	
EIC-Lanamme-INF-0373-2022	0237-2022	0+439 al 0+481. Eje 1, margen izquierda	2021-12-11235	23/2/2022	5,9	6,5
EIC-Lanamme-INF-0373-2022	0237-2022	0+439 al 0+481. Eje 1, margen izquierda	2021-12-11235		7,1	
EIC-Lanamme-INF-0425-2022	0448-2022	0+289 al 0+326	2021-12-11235		5,7	
EIC-Lanamme-INF-0425-2022	0448-2022	0+289 al 0+326	2021-12-11235	16/3/2022	5,8	6,3
EIC-Lanamme-INF-0425-2022	0448-2022	0+289 al 0+326	2021-12-11235		7,5	

De acuerdo con la Figura 25, una muestra en el mes de agosto cumplió dentro de los límites especificados, en septiembre se presentó un resultado por debajo del límite inferior de la especificación y otro en los límites de cumplimiento. Del mes de octubre 2021 en adelante, los resultados de la resistencia a compresión superan en todos los casos el límite máximo especificado con resultados de hasta 8,9 MPa.

Es importante tomar en cuenta que la Administración refiere en el oficio POE-09-2021-0643 del 14 de setiembre 2021, tener conocimiento sobre la excedencia del límite máximo especificado, por lo que a “raíz de que se conoce que la resistencia esperada en la base estabilizada superará el límite máximo especificado, se ha determinado realizar cortes transversales con el fin de controlar el fisuramiento por contracción. Estos cortes serán recubiertos con geosintéticos, que permitirán atenuar las deformaciones en las capas superiores” (p.2).

En el oficio POE-09-2022-0089 del 16 de febrero de 2022 con la nota del Gestor del Proyecto UNOPS 96800/220215/ER/047 del 15 de febrero de 2022, se presentó la actualización del diseño de base estabilizada, en el cual la nota del Gestor del Proyecto UNOPS refiere que “la base estabilizada está siendo aserrada transversalmente con separaciones de 4 m y además se coloca geogrilla en la interfaz entre la base estabilizada y la mezcla asfáltica, de manera que se controle la fisuración y reflejo de fisuras como efecto de la resistencia de la base estabilizada diseñada.”

Además, en el informe mensual de avance de la Supervisión, Proyecto RFP-CRPC-96800-2019-001 “Supervisión y Asistencia Técnica para la Obra Paso a Desnivel en la Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No. 39 en San José, Costa Rica” del mes No. 3 marzo 2022

EIC-Lanamme-INF-0450-2023	Diciembre, 2023	Página 49 de 96
---------------------------	-----------------	-----------------



por el consorcio BAC-Vieto, indica que “con los resultados de resistencias altas en la base estabilizada, puede generarse un agrietamiento en la capa de material sino se realizan cortes. Ahora bien, de realizarse los cortes es necesario se coloque una geogrilla para mitigar el reflejo de grietas”. Por lo anterior, es conocimiento de la Supervisión del proyecto las consecuencias que derivan valores altos de base estabilizada.

En el documento No. 22-IN-016 del mes de marzo 2022 elaborado por Vieto & Asociados S.A. titulado “SUPERVISIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA PARA OBRAS DE PASO A DESNIVEL EN LA ROTONDA DE LA BANDERA, RUTA NACIONAL No. 39, EN SAN JOSÉ, COSTA RICA” en la sección 3. Verificación de la calidad, subsección 3.5 Resultados de ensayos de la resistencia de base estabilizada, se presentan los resultados cuya resistencia a la compresión fue superior al límite. Se observan resistencias de hasta 8,9 MPa, lo cual es más del doble del límite máximo requerido. En el mes de febrero 2022 se registró un resultado de resistencia de 9,5 MPa.

Es criterio del Equipo Auditor, que se tomaron medidas de mitigación como el uso de la geogrilla, lo cual se considera una medida aplicable ante las altas resistencias registradas, sin embargo, se incumplen los requerimientos del proyecto al superar los límites de resistencia del material indicados en la especificación. Así mismo, no se considera de recibido que el Gestor del Proyecto y la Administración admitan los cortes transversales y el uso de geogrilla como una práctica rutinaria en busca de solventar la excedencia de la resistencia a compresión especificada en la base estabilizada con cemento.

Consecuentemente, la excedencia del límite superior de la resistencia a compresión de la base estabilizada evidencia una carencia en el control de calidad del material, ya que, si se mantiene un adecuado control de calidad de la base estabilizada dentro de los límites y de acuerdo con las especificaciones le proyecto, no se hace necesario tener que recurrir a la ejecución de cortes en la base ni a la utilización de geogrilla para retardar el reflejo de las grietas sobre la mezcla asfáltica.

Además, la técnica del prefisurado no debe contemplarse como una actividad rutinaria para solventar los controles de calidad o el no cumplimiento de las especificaciones de la base estabilizada con cemento.



HALLAZGO 5: SE EVIDENCIARON ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE 12,7 Y 19 MM DE ALGUNOS DE LOTES COLOCADOS EN EL PROYECTO

Para la determinación de la calidad de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) del proyecto se analizaron los diseños de mezcla reportados que se describen en la siguiente tabla.

Tabla 15. Diseños Analizado de la Mezcla Asfáltica en Caliente Reportados por la Supervisión.

Tamaño Nominal	N° Diseño	N° Informe	Fecha
12,7 mm	1876-2021	01-1876-2021	9/9/2021
	2352-2021	01-2352-2021	8/11/2021
	0157-2022	01-0157-2022	01/02/2022
	0528-2022	01-0528-2022	21/02/2022
19,0 mm	0129-2022	01-0129-2022	25/01/2022
	0532-2022	01-0532-2022	18/03/2022

Para los resultados revisados de la Supervisión del proyecto entre el mes de octubre 2021 a marzo 2022 se realizó un análisis estadístico según lo establece la sección 107.05 del CR-2010 además de la sección 402 sobre el diseño de mezcla asfáltica por método Superpave®. Únicamente para el diseño de mezcla 01-0157-2022 no se determinó el factor de pago (FP) para el mes de febrero del 2022, ya que los informes de las muestras de verificación con los que se contaron fueron únicamente dos, lo cual es inferior a la cantidad de muestras requeridas para determinar el FP.

- Tamaño Nominal 12,7 mm

Se encuentra una condición de rechazo para el porcentaje de vacíos de aire (ver Figura 27), porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA) (ver Figura 28) y los vacíos llenos de asfalto (VFA) (ver Figura 29) para el lote de muestras correspondientes al mes de octubre del 2021 del diseño 1876-2021.

La Administración indicó que en cuanto al informe 01-1876-2021, se utilizó únicamente en el paño de prueba del 27 de octubre de 2021 y éste no cumplió con los resultados de calidad, por lo que la obra sería demolida. Además, la nota de UNOPS 96800/221004/DF/204 del 04 de octubre del 2022 indica que “de acuerdo con la Subcláusula 7.6 del Contrato, se le indicó al Contratista que todos los lotes de mezcla cuyo estado es “rechazo” deben ser retirados y reemplazados con mezcla asfáltica que cumpla con los parámetros de calidad y desempeño especificados en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto”.



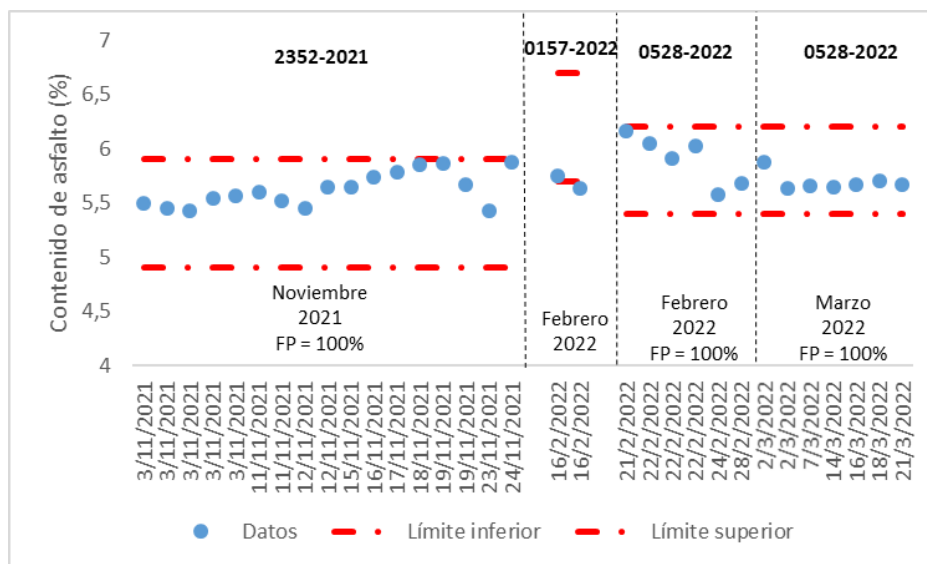
El informe 01-2352-2021 de diseño de mezcla, firmado el 8 de noviembre de 2021 refiere que la razón polvo/asfalto se puede encontrar entre 0,8 – 1,6; sin embargo, la actualización correspondiente del CR-2010 en la Tabla 402-03 indica que la misma debe ser 0,6 – 1,3; por lo que se considera como máximo lo estipulado en la normativa (CR-2010 y sus actualizaciones).

Además, de acuerdo con el informe de diseño de mezcla 01-2352-2021, el cual se complementa con el informe 01-2517-2021, para el mes de noviembre 2021 se presentó pago reducido, lo mismo que para el mes de marzo 2022 para el diseño 01-0528-2022.

Lo anterior es consistente con lo referido en el oficio de la Unidad Ejecutora POE-09-2022-0575 con fecha del 05 de octubre 2022 y la nota de UNOPS con referencia 96800/221004/DF/204 del 04 de octubre 2022, se indicó que

- a. Mezcla de 12,7 mm colocada durante el mes de noviembre de 2021: el factor de pago correspondiente es de 0,925. En este caso, se evidenciaron incumplimientos a los rangos de tolerancia de la granulometría en la mezcla asfáltica.
- b. Mezcla de 12,7 mm colocada durante los meses de febrero y marzo de 2022: el factor de pago correspondiente es de 0,795. En este caso se evidenció incumplimiento al requerimiento de %VFA.

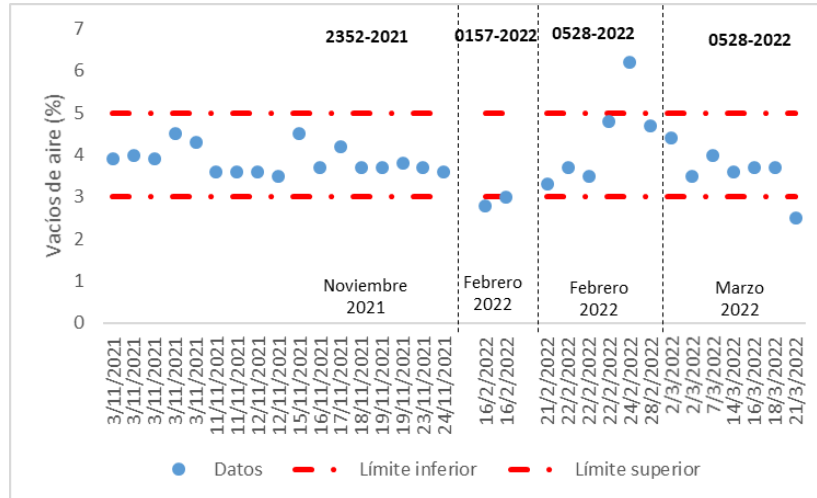
Figura 26. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para el Contenido de Asfalto.



Tal como se puede apreciar en la Figura 26 los resultados de los resultados de contenido de asfalto para la mezcla de 12,7 mm se encontraron dentro de los rangos de diseño para los distintos diseños de mezcla.

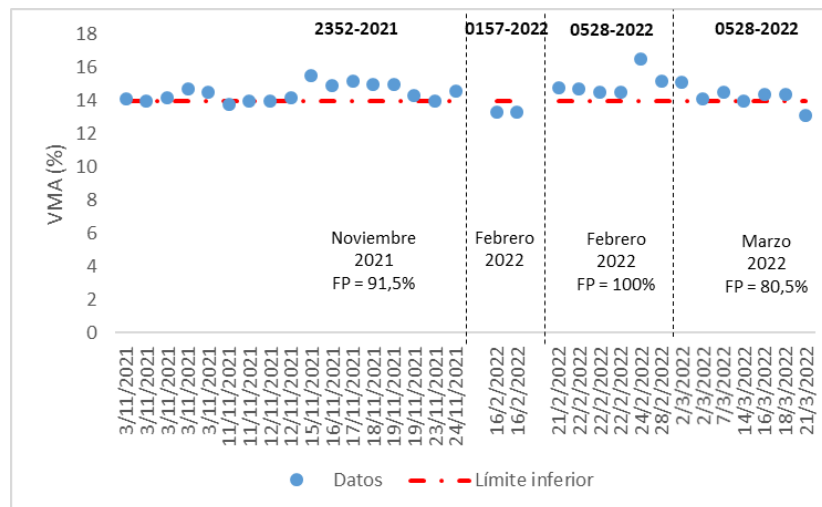


Figura 27. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos de Aire.



De acuerdo con la Figura 27 en relación con los vacíos de aire en la mezcla asfáltica de 12,7 mm, para el diseño 2352-2021 la mezcla presentó cumplimiento. El diseño 0157-2022 cuenta con dos resultados, de los cuales uno de los mismos no cumplió ya que los vacíos fueron inferiores al 3 % y el otro resultado estuvo en el límite inferior. Y en cuanto al diseño 0528-2022 presentó un valor de incumplimiento superior al 5 % de vacíos y otro inferior al 3 %, con la mayoría de los resultados dentro de los rangos de cumplimiento.

Figura 28. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos en el Agregado Mineral.

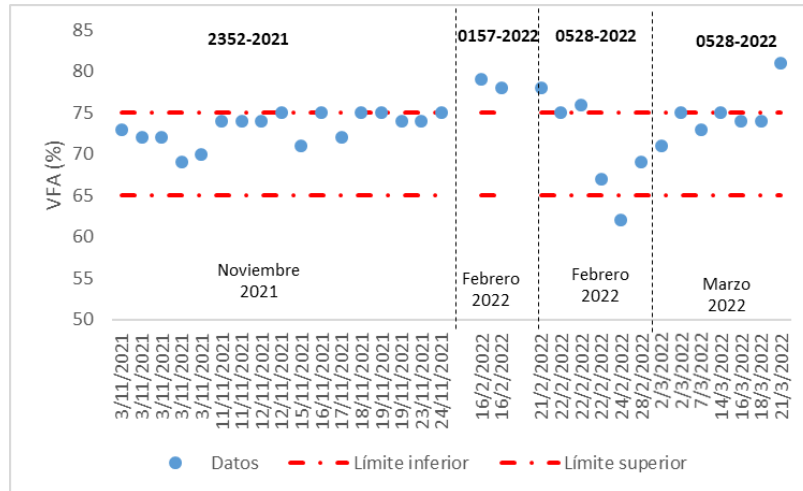


Como se aprecia en la Figura 28 los vacíos en el agregado mineral (VMA) del diseño 2352-2021 se encontraron cercanos al límite mínimo de 14 %. El diseño 0157-2022 tuvo incumplimiento en sus dos resultados. Y el diseño 0528-2022 presentó cumplimiento con un único resultado de incumplimiento inferior al 14 %.



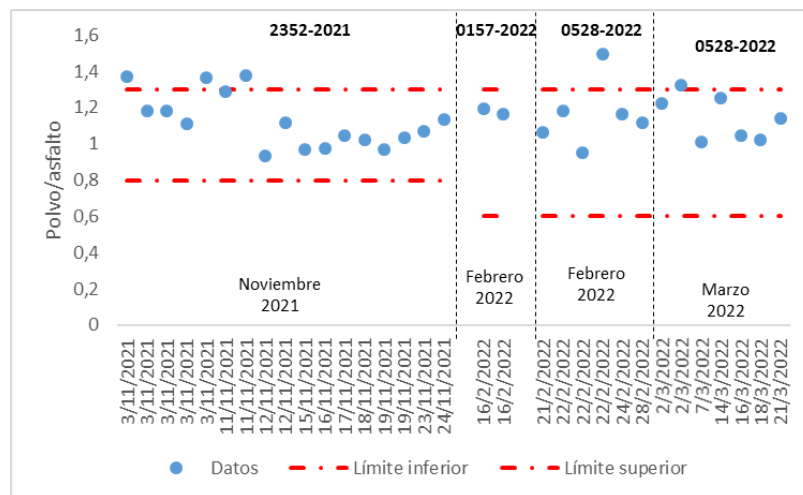


Figura 29. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos Llenos de Asfalto.



En relación con la Figura 29, se presentan los resultados de los vacíos llenos de asfalto (VFA) para las muestras de la verificación. Los resultados del diseño 2352-2021 presentaron cumplimiento dentro de los límites de la especificación. El diseño 0157-2022 incumplió para los dos datos. Y el diseño 0528-2022 tuvo 13 resultados, de los cuales uno incumplió siendo menor al límite inferior y tres incumplieron al ser mayores al límite superior.

Figura 30. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para la Relación Polvo/Asfalto.



De acuerdo con la Figura 30 con los resultados de la relación polvo/asfalto, el diseño 1876-2021 2352-2021 presenta un valor en el límite superior y tres resultados superiores, con la mayoría de los datos en los rangos de cumplimiento. Del diseño 0157-2022 tiene dos resultados y ambos cumplieron. Y el diseño 0528-2022 tiene una tendencia al cumplimiento en sus resultados, con dos incumplimientos por encima del límite superior.





Sobre los resultados obtenidos se advierte sobre la posible incidencia en la estabilidad del material, posibles problemas de exudación del asfalto y susceptibilidad a la deformación permanente, lo anterior conforme a lo señalado LM-PI-AT-021-14, donde se indica que para valores de VFA de alrededor de un 80 % para condiciones de tránsito alto se podrían presentar este tipo de deterioros.

En cuanto a los factores de pago estimados por el Equipo Auditor según los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la mezcla asfáltica de 12, 7 mm colocada en el proyecto, los mismos se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Análisis Estadístico para la MAC de 12,7 mm Ensayada por la Verificación, Muestreados entre Octubre 2021 y Marzo 2022

Parámetro	Contenido asfalto (%)	Vacíos aire (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo/asfalto
Límite superior	5,9	5,0	-	75	1,3
Límite inferior	4,9	3,0	14,0	65	0,6
Octubre 2021					
Promedio (\bar{X})	5,9	No aplica FP	12,6	No aplica FP	No aplica FP
Desviación estándar (S)	0,1		0,2		
Categoría	I		I		
Número de muestras (n)	5,0		5,0		
Límite superior de especificación (LSE)	5,9		-		
Límite inferior de especificación (LIE)	4,9		14,0		
Índice de calidad superior (Q_s)	0,03		-		
Índice de calidad inferior (Q_i)	15,74		-6,57		
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	0,997		0,000		
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	0,997		99,003		
Porcentaje total defectuoso (%)	1,994		99,003		
Factor de pago (%)	100,0		Rechazar		
Noviembre 2021					
Promedio (\bar{X})	5,6	No aplica FP	14,5	No aplica FP	No aplica FP
Desviación estándar (S)	0,2		0,5		
Categoría	I		I		
Número de muestras (n)	17,0		17,0		
Límite superior de especificación (LSE)	5,9		-		
Límite inferior de especificación (LIE)	4,9		14,0		
Índice de calidad superior (Q_s)	1,81		-		
Índice de calidad inferior (Q_i)	4,67		0,93		
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	4,537		0,000		
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	0,087		19,073		
Porcentaje total defectuoso (%)	4,624		19,073		
Factor de pago (%)	100,0		91,5		

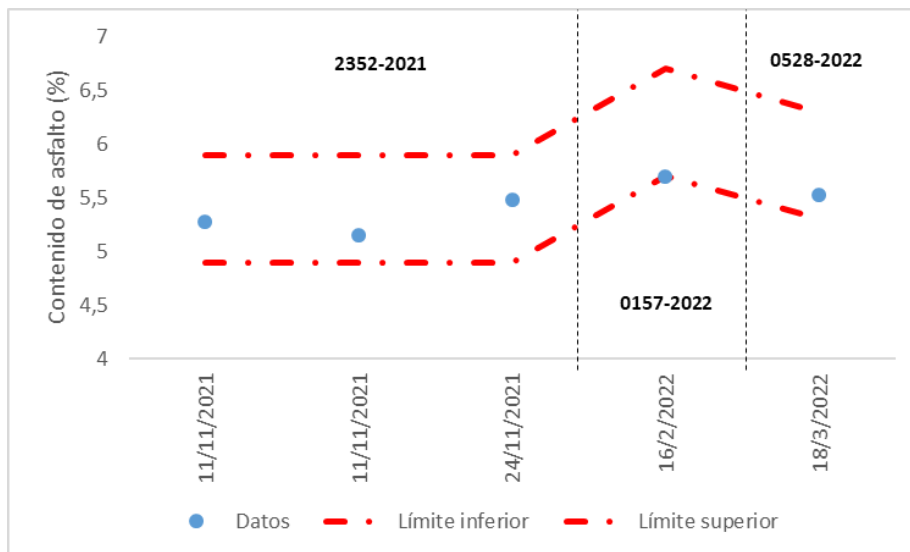


Febrero 2022, Diseño 01-0157-2022					
No aplica FP, n<5					
Febrero 2022, Diseño 01-0528-2022					
Promedio (\bar{X})	5,9	No aplica FP	15,0	No aplica FP	No aplica FP
Desviación estándar (S)	0,2		0,8		
Categoría	I		I		
Número de muestras (n)	6,0		6,0		
Límite superior de especificación (LSE)	6,3		-		
Límite inferior de especificación (LIE)	5,3		14,0		
Índice de calidad superior (Q _s)	1,77		-		
Índice de calidad inferior (Q _i)	2,65		1,35		
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	7,026		0,000		
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	2,271		11,745		
Porcentaje total defectuoso (%)	9,297		11,745		
Factor de pago (%)	100,0		100,0		
Marzo 2022					
Promedio (\bar{X})	5,7	No aplica FP	14,2	No aplica FP	No aplica FP
Desviación estándar (S)	0,1		0,6		
Categoría	I		I		
Número de muestras (n)	7,0		7,0		
Límite superior de especificación (LSE)	6,3		-		
Límite inferior de especificación (LIE)	5,3		14,0		
Índice de calidad superior (Q _s)	7,16		-		
Índice de calidad inferior (Q _i)	4,66		0,37		
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	0,997		0,000		
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	0,997		36,915		
Porcentaje total defectuoso (%)	1,994		36,915		
Factor de pago (%)	100,0		80,5		

En cuanto a los muestreos del LanammeUCR para la mezcla asfáltica en caliente de tamaño nominal 12,7 mm, estos resultados están de acuerdo con el comportamiento observado para las muestras revisadas de la Supervisión en cuanto al incumplimiento de los vacíos de aire (ver Figura 32), VMA (Ver Figura 33) y VFA (Ver Figura 34) y relación polvo/asfalto (Ver Figura 35). La mayoría de los incumplimientos se presentan en la muestra asociada al diseño 0157-2022 en febrero 2022.

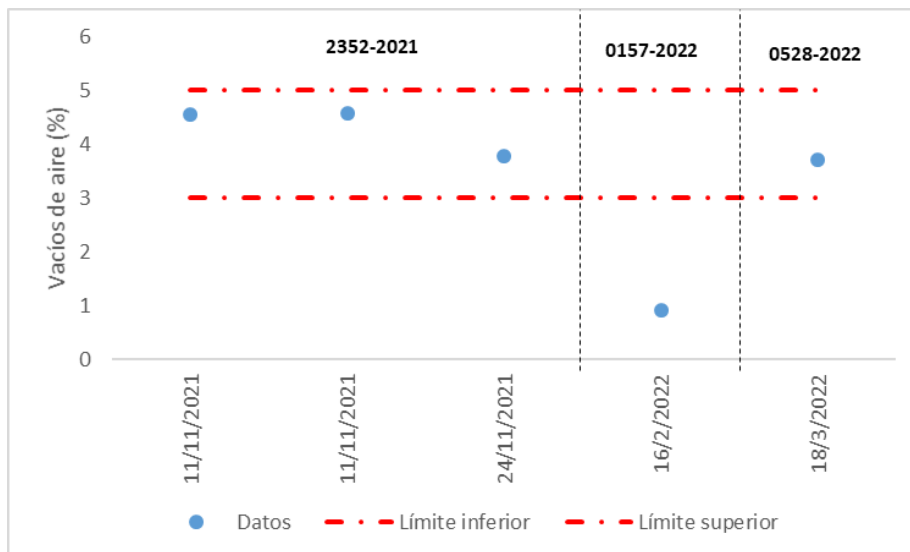


Figura 31. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para el Contenido de Asfalto.



En cuanto al contenido de asfalto de las muestras de mezcla asfáltica de 12,7 mm ensayadas por el LanammeUCR, en la Figura 31 se muestra cumplimiento para todas las muestras en todos los diseños correspondientes.

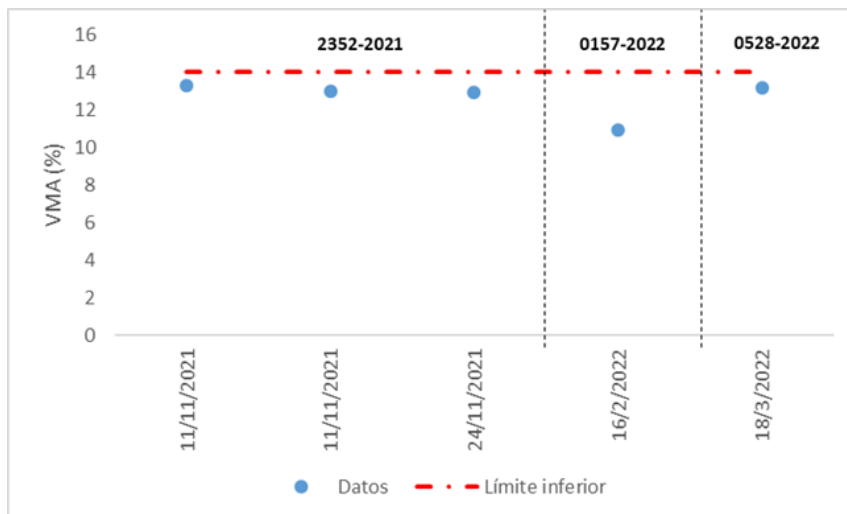
Figura 32. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos de Aire.



Tal como se puede apreciar en la Figura 32, los vacíos de aire en la MAC de 12,7 mm ensayada por el LanammeUCR presentaron cumplimiento para la mezcla asociada con el diseño 2352-2021. Para el diseño 0157-2022 la mezcla asfáltica incumplió y para el diseño 0528-2022 cumplió con el parámetro.

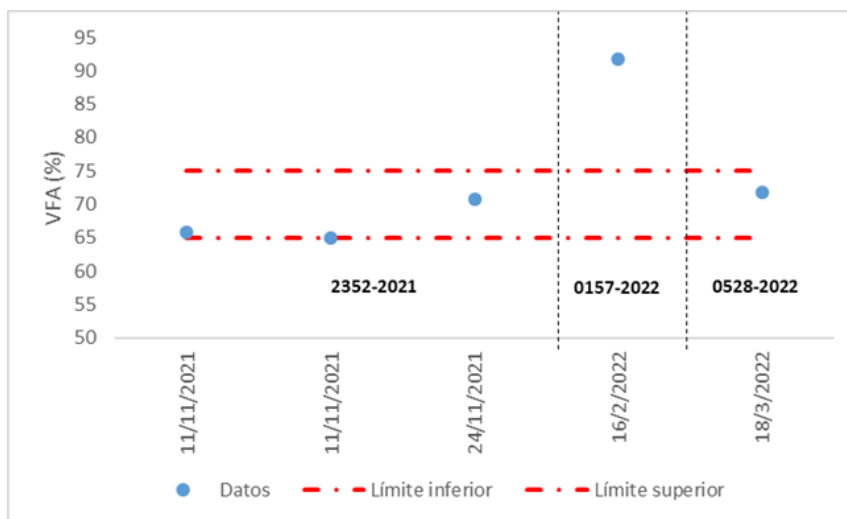


Figura 33. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos en el Agregado Mineral.



De acuerdo con la Figura 33 todas las muestras de mezcla asfáltica de 12,7 mm ensayadas por el LanammeUCR incumplen los vacíos en el agregado mineral (VMA), ya que el límite mínimo es 14 % y todos los resultados son inferiores.

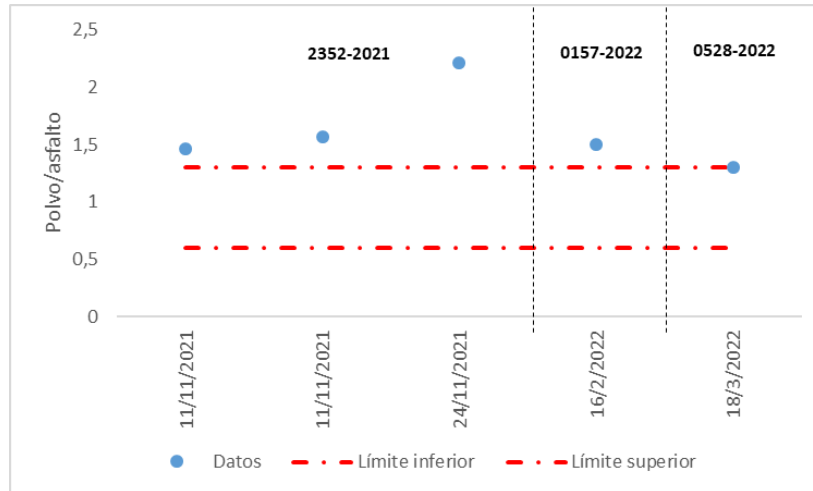
Figura 34. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos Llenos de Asfalto.



En relación con la Figura 34 y los resultados de los vacíos llenos de asfalto, se puede apreciar que los resultados para la mezcla del diseño 2352-2021 presentan cumplimiento y 2 de 3 resultados se ubican próximos al límite inferior. El resultado del diseño 0157-2022 presenta incumplimiento, ya que supera el límite máximo de la especificación. Y el resultado asociado al diseño 0528-2022 satisface los requerimientos y se encuentra dentro de los rangos solicitados.



Figura 35. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por el LanammeUCR para la Relación Polvo/Asfalto.

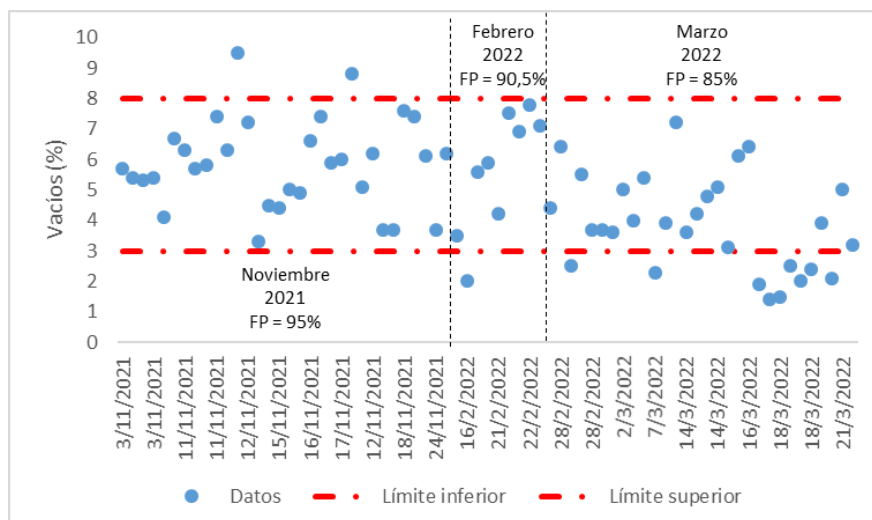


De acuerdo con la Figura 35 y los resultados de la razón polvo/asfalto, la mezcla asfáltica del diseño 2352-2021 presenta cumplimiento para 2 de 3 de los resultados. El incumplimiento se da con un valor por encima del límite superior.

En cuanto a los resultados de las mezclas con los diseños 0157-2022 y 0528-2022 ambos satisfacen los requerimientos.

Para la evaluación del proceso de calidad de la compactación en sitio de la mezcla asfáltica se utilizó la metodología de determinación de porcentaje de vacíos en núcleos extraídos en sitio (ver Figura 36). Los resultados revisados de la Supervisión comprenden del mes de noviembre 2021, febrero y marzo 2022.

Figura 36. Resultados de MAC TMN 12,7 mm Reportados por la Verificación para el Porcentaje de Vacíos en Núcleos.





Como se aprecia en la Figura 36 la mayoría de los resultados de los vacíos en núcleos de la mezcla asfáltica de 12,7 mm colocada presenta cumplimiento y se presentan los factores de pago asociados para cada mes. En el mes de noviembre 2021, se tiene una totalidad de 32 muestras, de las cuales dos presentan incumplimiento.

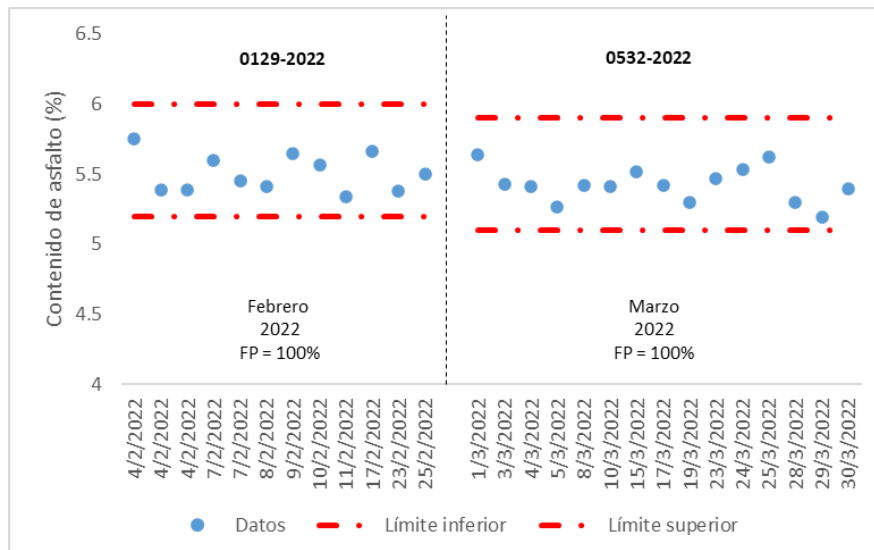
En cuanto al mes de febrero 2022, para un total de 9 muestras, una incumple. Y en el mes de marzo 2022, hay un total de 30 datos, con 9 datos con incumplimiento.

El incumplimiento de este parámetro implica que la mezcla fue más compactada durante la colocación (cuando los vacíos son menores) o bien, menos compactada en sitio (cuando los vacíos son mayores). La idea de la ejecución del paño de prueba es conocer el patrón adecuado de compactación para alcanzar los porcentajes de vacíos de colocación y prever que la mezcla sea colocada con los vacíos esperados de lo contrario, podría comprometerse el desempeño de la carpeta durante la puesta en operación.

- Tamaño Nominal 19,0 mm

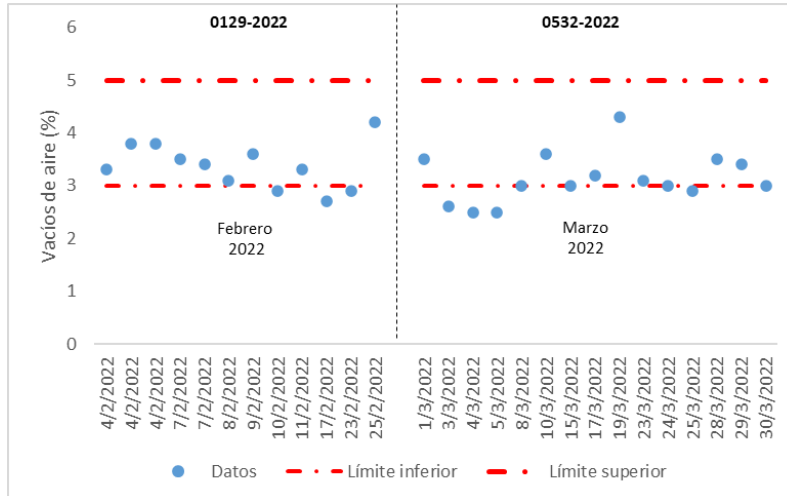
Se encuentra una condición de rechazo para el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA) (ver Figura 39) para el lote de muestras correspondientes al mes de marzo del 2022 del diseño 0532-2021 además de una tendencia al incumplimiento del límite superior del parámetro de VFA (ver Figura 40) e incumplimiento al límite inferior de los vacíos de aire en la mezcla (ver Figura 47).

Figura 37. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para el Contenido de Asfalto.



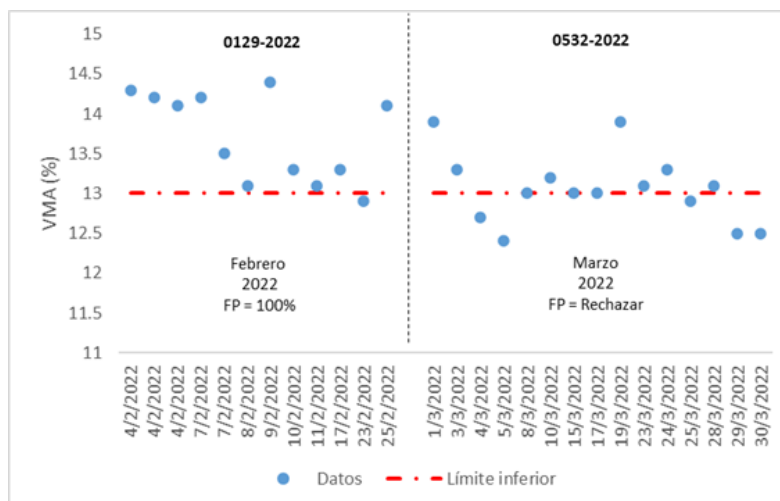
En relación con la Figura 37, se presentan los resultados de los ensayos de verificación para el contenido de asfalto en la mezcla asfáltica de 19 mm. Los datos presentan cumplimiento ya que todos los resultados se encuentran dentro de los límites especificados.

Figura 38. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos de Aire.



En la Figura 38 se presentan los resultados de los vacíos de aire en la mezcla asfáltica de 19 mm. Tal como se puede apreciar, en el mes de febrero tres de 12 resultados están fuera de los límites requeridos, ya que son menores al límite inferior. En cuanto los resultados del mes de marzo, hay una totalidad de 15 muestras, de las cuales cuatro no satisfacen los requerimientos porque se encuentran por debajo del límite inferior.

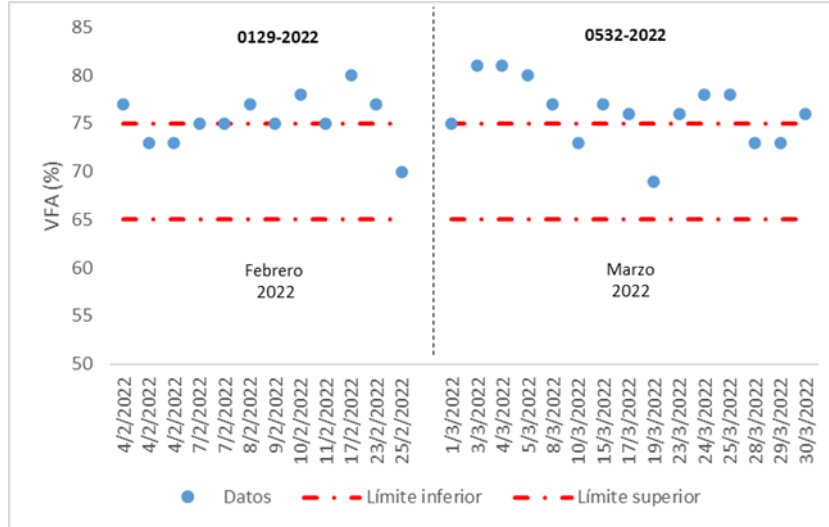
Figura 39. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos en el Agregado Mineral.



De acuerdo con la Figura 39 con los vacíos en el agregado mineral (VMA), en el mes de febrero únicamente una muestra incumple, al encontrarse ligeramente por debajo del límite inferior. Y en el mes de marzo de 15 muestras en total, diez cumplen, por lo que cinco incumplen. Así 66,67% de la mezcla asfáltica de 19 mm muestreada en marzo por la verificación presenta cumplimiento y se encuentran por encima del límite inferior.



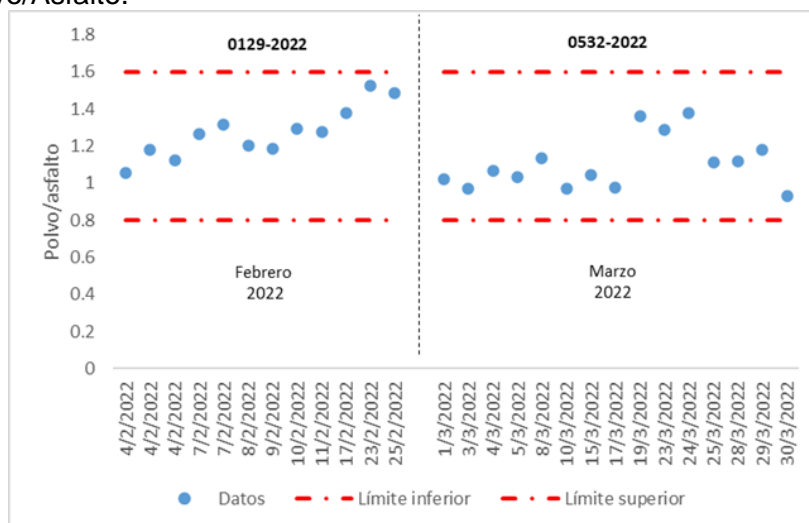
Figura 40. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para los Vacíos Llenos de Asfalto.



Como se puede apreciar en la Figura 40 donde se presentan los vacíos llenos de asfalto (VFA) de la mezcla de 19 mm ensayada por la verificación, en el mes de febrero hay un total de 12 muestras de las cuales siete satisfacen los requerimientos y cinco no los satisfacen. Las muestras que no cumplen se encuentran por encima del límite superior para este tipo de mezclas.

En cuanto al mes de marzo, se trata de un total de 15 muestras, cinco cumplen y diez incumplen. Las muestras con incumplimiento tienen un VFA mayor al límite superior. Así, el 66,67% de la mezcla asfáltica de 19 mm muestreada en marzo por la verificación presenta incumplimiento.

Figura 41. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por la Verificación para la Relación Polvo/Asfalto.





En cuanto a la Figura 41 con la relación polvo/asfalto para la mezcla de 19 mm ensayada por la verificación, se tiene cumplimiento para la totalidad de las muestras, igualmente en febrero y marzo los resultados se encontraron en el rango de cumplimiento.

En cuanto a los factores de pago estimados por el Equipo Auditor según los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la mezcla asfáltica de 19 mm colocada en el proyecto, los mismos se presentan en la Tabla 17.

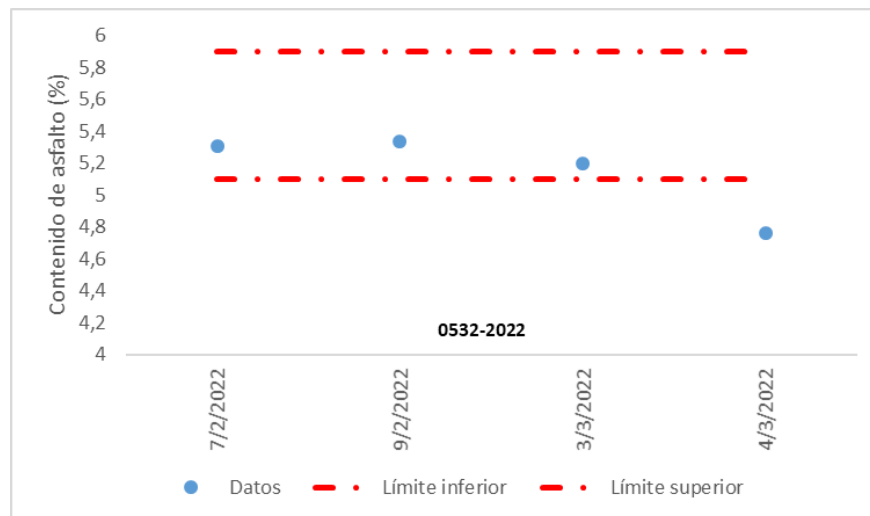
Tabla 17. Factor de Pago para la MAC de 19 mm Ensayada por la Verificación, Muestreados entre Febrero y Marzo 2022

Parámetros	Contenido asfalto (%)	Vacíos aire (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo/asfalto
Límite superior	6,0	5,0	-	75	1,6
Límite inferior	5,2	3,0	13,0	65	0,6
Febrero 2022					
Promedio (\bar{X})	5,5	No aplica FP	13,7	No aplica FP	No aplica FP
Desviación estándar (S)	0,1		0,6		
Categoría	I		I		
Número de muestras (n)	12,0		12,0		
Límite superior de especificación (LSE)	6,0		-		
Límite inferior de especificación (LIE)	5,2		13,0		
Índice de calidad superior (Q_s)	3,66		-		
Índice de calidad inferior (Q_i)	2,28		1,28		
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	0,191		0,000		
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	2,294		11,862		
Porcentaje total defectuoso (%)	2,485		11,862		
Factor de pago (%)	100,0		100,0		
Marzo 2022					
Promedio (\bar{X})	5,4	No aplica FP	13,1	No aplica FP	No aplica FP
Desviación estándar (S)	0,1		0,4		
Categoría	I		I		
Número de muestras (n)	15,0		15,0		
Límite superior de especificación (LSE)	5,9		-		
Límite inferior de especificación (LIE)	5,1		13,0		
Índice de calidad superior (Q_s)	3,83		-		
Índice de calidad inferior (Q_i)	2,58		0,12		
Porcentaje estimado de obra fuera de LSE (PS)	0,108		0,000		
Porcentaje estimado de obra fuera de LIE (PI)	1,156		46,088		
Porcentaje total defectuoso (%)	1,264		46,088		
Factor de pago (%)	100,0		Rechazar		



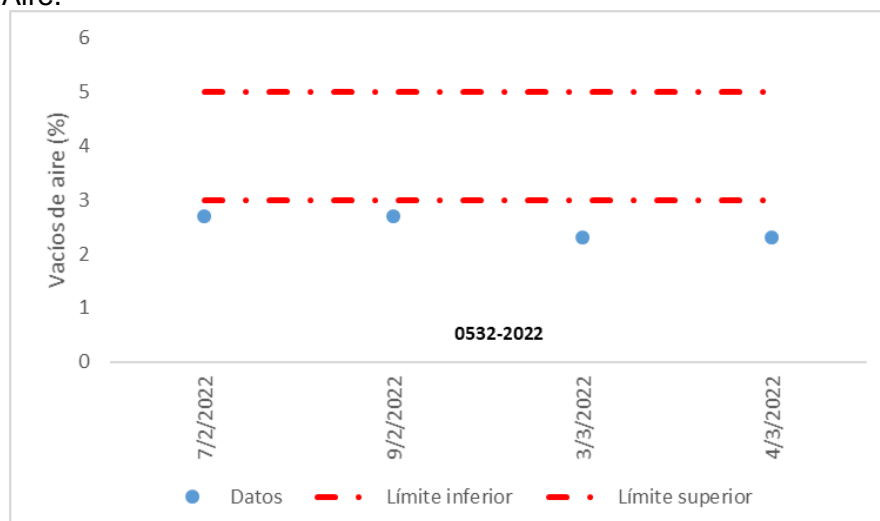
El LanammeUCR realizó ensayos para la mezcla asfáltica en caliente de tamaño nominal 19,0 mm, estos resultados coinciden con el comportamiento observado para las muestras revisadas de la verificación en cuanto al contenido de asfalto (ver Figura 42), del VMA (ver Figura 44) y otros incumplimientos de parámetros volumétricos como VFA (ver Figura 45), vacíos de aire (ver Figura 43) y razón polvo/asfalto (ver Figura 46).

Figura 42. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para el Contenido de Asfalto.



De acuerdo con la Figura 42 se puede apreciar que, para la mezcla asfáltica de 19 mm ensayada por el LanammeUCR, el contenido de asfalto presenta cumplimiento para tres de cuatro resultados, de forma que una muestra no cumple, ya que el contenido de asfalto es menor que el límite inferior.

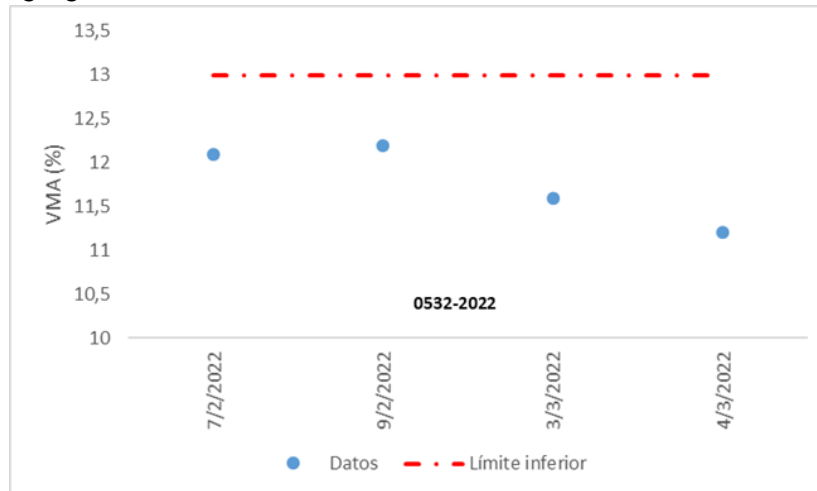
Figura 43. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos de Aire.





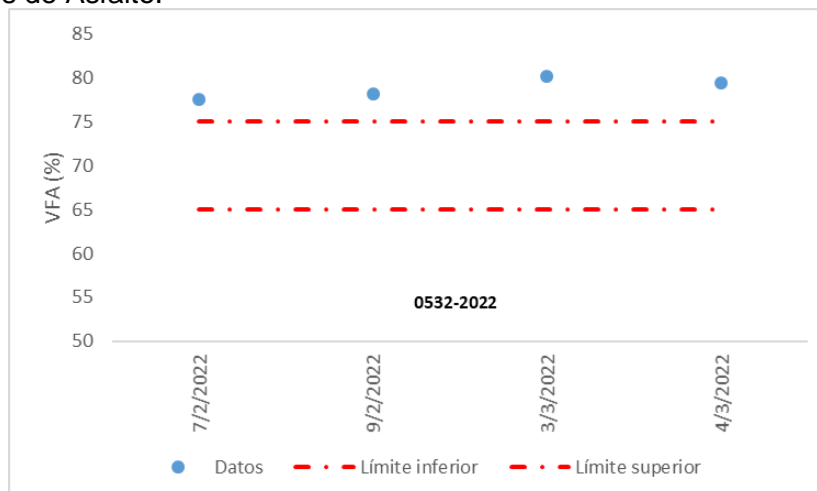
Tal como se presenta en la Figura 43 con los resultados de vacíos de aire ensayados por el LanammeUCR, la totalidad de los ensayos no satisfacen los requerimientos, ya que las cuatro son menores al límite inferior.

Figura 44. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos en el Agregado Mineral.



Como se puede observar en la Figura 44 ninguna de las cuatro muestras ensayadas por el LanammeUCR cumple con los vacíos en el agregado mineral, tal que el límite mínimo es 14 % y todas son inferiores a dicho límite.

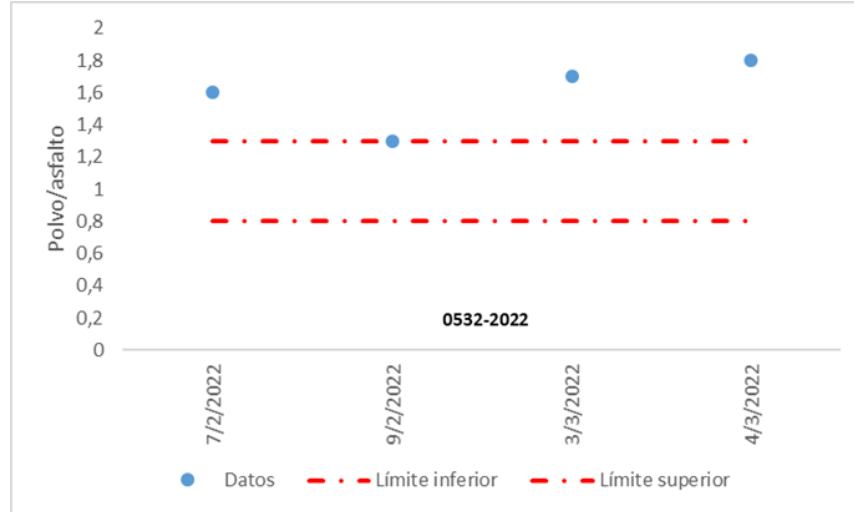
Figura 45. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para los Vacíos Llenos de Asfalto.



En relación con la Figura 45 se presentan los resultados del LanammeUCR de los ensayos de la mezcla asfáltica de 19 mm para los vacíos llenos de asfalto, donde se aprecia que todas las muestras presentan incumplimiento ya que son mayores al límite superior de la especificación.



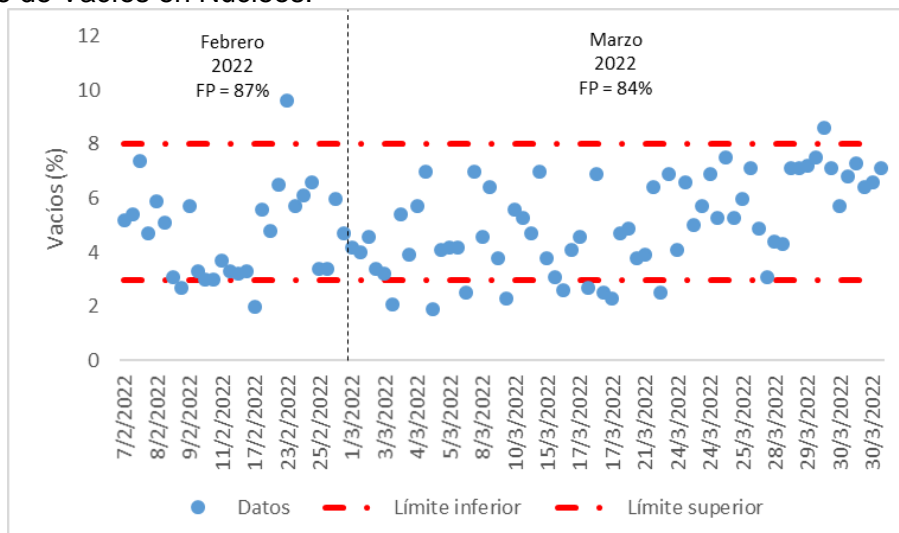
Figura 46. Resultados de MAC TMN 19,0 mm Reportados por el LanammeUCR para la Relación Polvo/Asfalto.



Tal como se puede apreciar en la Figura 46, tres de cuatro resultados de la relación polvo/asfalto de la mezcla asfáltica de 19 mm ensayada por el LanammeUCR presentó incumplimiento, tal que tres resultados son mayores al límite superior y uno se encuentra en el límite superior.

Para la evaluación del proceso de calidad de la compactación en sitio de la mezcla asfáltica se utilizó la metodología de determinación de porcentaje de vacíos en núcleos extraídos en sitio (ver Figura 47). Los resultados revisados de la Supervisión comprenden el mes de febrero y marzo 2022. Se determinó el porcentaje de vacíos en los núcleos de mezcla asfáltica.

Figura 47. Resultados de MAC TMN 19 mm Reportados por la Verificación para el Porcentaje de Vacíos en Núcleos.





Como se aprecia en la Figura 47 la mayoría de los resultados de los vacíos en núcleos de la mezcla asfáltica de 19 mm colocada presenta cumplimiento y se presentan los factores de pago asociados para cada mes.

En el mes de febrero 2022 hay un total de 28 muestras, de las cuales tres incumplen. Y en el mes de marzo 2022, hay un total de 66 datos que arrojan 10 datos con incumplimiento. En marzo la mayoría de los incumplimientos son menores al límite inferior. El incumplimiento de este parámetro implica que la mezcla fue más compactada durante la colocación (cuando los vacíos son menores) o bien, menos compactada en sitio (cuando los vacíos son mayores).

La idea de la ejecución del paño de prueba es conocer el patrón adecuado de compactación para alcanzar los porcentajes de vacíos de colocación y prever que la mezcla sea colocada con los vacíos esperados, ya que sino se puede comprometer el desempeño de la carpeta durante la fase de operación.

De acuerdo con el oficio de la Unidad Ejecutora POE-09-2022-0575 con fecha del 05 de octubre 2022 y la nota de UNOPS con referencia 96800/221004/DF/204 se indicó que

- a. Mezcla de 19,0 mm colocada durante el mes de febrero de 2022: el factor de pago correspondiente es de 0,895.
- b. Mezcla de 19,0 mm colocada entre el 1ero y 8 de marzo de 2022, es sujeto de rechazo por incumplimiento de %VAM, %VFA y porcentaje de compactación con el número de giros de diseño en el compactador giratorio SUPERPAVE.
- c. Mezcla de 19,0 mm colocada entre el 10 de marzo y 6 de abril de 2022, es sujeto de rechazo por incumplimiento de %VAM, %VFA y porcentaje de compactación con el número de giros de diseño en el compactador giratorio SUPERPAVE.

Así, se puede corroborar que lo indicado en el oficio es congruente con lo hallado por el LanammeUCR en los ensayos de la mezcla asfáltica de 19 mm.

En el descargo POE-09-2023-0198 la Administración indicó lo siguiente:

Respecto al rechazo de la mezcla de 19.0 mm colocada en los meses de marzo y abril, UNOPS realizó un análisis exhaustivo para determinar cuál era la alternativa de intervención más efectiva para el proyecto, tomando en consideración criterios técnicos, financieros, contractuales y de calidad en el largo plazo; por lo que se presentaron tres alternativas para aprobación ante el Comité Director de Proyecto conformado para el MdA del cual forma parte este proyecto, y la decisión tomada fue avalada por el Gerente de la Unidad Ejecutora.

EIC-Lanamme-INF-0450-2023	Diciembre, 2023	Página 67 de 96
---------------------------	-----------------	-----------------



Se acordó en dicho Comité, que la opción más adecuada para el proyecto es mantener la mezcla colocada en sitio aplicando un factor de pago mínimo de 0.75 y, adicionalmente, el Contratista presentará una garantía de calidad por dos años a nombre de CONAVI por la totalidad de la mezcla, la cual podrá ser utilizada para cubrir cualquier deterioro o problema que pueda surgir en el periodo.

Los argumentos presentados no son de recibo para el equipo auditor ya que contravienen la normativa contractual tal que se ha demostrado mediante el análisis estadístico que el material se encuentra en zona de rechazo, por lo que no se debió permitir que se mantenga colocado en el proyecto.

Esto de acuerdo con la sección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo), en el C) Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Tomo 7 de los documentos del proyecto y el CR-2010, en este caso, en su actualización 2018, donde se indica claramente:

Un lote que contenga un porcentaje de material fuera de especificaciones con el factor de pago más bajo, cayendo en la porción objetada de la Tabla 107-02 Factor de calidad o de pago, debe ser rechazado. Debe removerse de la obra todo el material rechazado, sin embargo, lo ideal es que se detecte el rechazo antes de que el material sea incorporado en el proyecto. (Subrayado no es parte del original).

Así se puede ver que, de acuerdo con las especificaciones en la materia, que el procedimiento estipulado corresponde a remover el material rechazado o llevarlo a un estado de conformidad, ya que el mismo no cumple con lo estipulado en los requisitos de la obra y se trata de material nuevo y defectuoso.

Si bien la mezcla está en condición de rechazo, UNOPS ha decidido aun así proceder con el pago a razón de 0,75 y una garantía de calidad de dos años. Es criterio del equipo auditor que una garantía de dos años no asegura el desempeño del pavimento para el periodo de vida de diseño del mismo, que según los documentos del proyecto son 20 años; de esta forma no son de recibo los argumentos presentados. Así mismo, como parte de la generalidad de la obra, se debe contar con una garantía de calidad que asegure la misma, y la mezcla debería estar contemplada dentro de la ya existente, por lo cual esta segunda garantía podría ser redundante o innecesaria.

Finalmente, es criterio del equipo auditor que, así como se considera pertinente y adecuado que se estiman los factores de pago para los meses en los que el material se presentaba aceptación para el caso de la mezcla de 19mm de los meses de marzo y abril se debe aplicar de la misma manera la metodología indicada en los documentos contractuales la cual indicaba rechazo para este material.



SOBRE EL DESEMPEÑO DEL PAVIMENTO

HALLAZGO 6: SE EVIDENCIÓ EL CUMPLIMIENTO DE LOS CUATRO CARRILES DEL TRONCO PRINCIPAL DEL PROYECTO EN VALORES INDIVIDUALES DE IRI Y MEDIA FIJAS, A EXCEPCIÓN DE LA MEDIA FIJA DE IRI DEL CARRIL EXTERNO EN EL SENTIDO GUADALUPE-SAN PEDRO EL CUAL PRESENTÓ INCUMPLIMIENTO

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 7 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.

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.

Tabla 18. Especificación IRI cumplimiento de promedio de diez valores de IRI. Fuente: MOPT, 2015.

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

Para la evaluación de la condición de regularidad superficial de la estructura de pavimentos del tronco principal (eje 1) de la obra nueva, el LanammeUCR realizó el 22 de abril de 2022 el ensayo de medición del perfil longitudinal individual cada 100 m para los 4 carriles del proyecto, dos en el sentido San Pedro - Guadalupe y dos en el sentido Guadalupe - San Pedro. Los resultados del ensayo de IRI se recopilan en el informe EIC-Lanamme-INF-0574-2022.

Posteriormente, el día 20 de mayo de 2022 se realizó una medición adicional del parámetro de IRI en todos los carriles, esto debido a que se presentaron inconvenientes con el software utilizado en la medición de IRI del informe EIC-Lanamme-INF-0574-2022. El



informe EIC-Lanamme-INF-0669-2022 recopila los resultados obtenidos para la segunda medición del 20 de mayo de 2022.

Ambos informes, de acuerdo a la Ley 8114,, fueron remitidos a la Unidad Ejecutora mediante el oficio EIC-Lanamme-805-2022 con fecha 27 de septiembre de 2022.

En relación con la evaluación realizada se debe indicar que la misma consideró como longitud total evaluada la comprendida entre los estacionamientos 0+000 (línea del tren en San Pedro) y 0+830 (puente sobre el río Torres), es decir un total de 830 m.

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.

Para de la evaluación del parámetro de IRI, UNOPS y la Unidad Ejecutora determinaron las siguientes singularidades en los oficios POE-09-2022-0208 del 05 de abril de 2022 y 96800/220404/ER/087 del 04 de abril de 2022. Además, se consideraron los oficios POE-10-2021-0199 del 10 de marzo de 2021 y 96800/210222/ER/051 del 22 de febrero de 2021 del proyecto Paso a Desnivel Guadalupe para corroborar que el puente sobre el Río Torres se ubica entre los estacionamientos 0+830 y 0+900.

Las singularidades indicadas por la Administración y UNOPS se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Ubicación y descripción de las singularidades del eje 1 indicadas en los oficios POE-09-2022-0208 del 05 de abril de 2022 y 96800/220404/ER/087 del 04 de abril de 2022

Ruta Nacional No. 39 sentido San Pedro - Guadalupe		
No.	Estacionamiento	Descripción
1	0+000 al 0+040	Desvío en el inicio del proyecto
2	0+187,71	Junta del bastión No.1 del viaducto
3	0+287,65	Junta del bastión No.2 del viaducto
4	0+760 al 0+798	Desvío en fin del proyecto
Ruta Nacional No. 39 sentido Guadalupe - San Pedro		
No.	Estacionamiento	Descripción
1	0+798 al 0+760	Desvío en fin del proyecto
2	0+287,65	Junta del bastión No.2 del viaducto
3	0+187,71	Junta del bastión No.1 del viaducto
4	0+040 al 0+000	Desvío en el inicio del proyecto

Se aclara que inicialmente, para el análisis realizado por el LanammeUCR en el oficio EIC-Lanamme-805-2022 no se consideró la cuarta singularidad en el sentido San Pedro - Guadalupe (0+760 al 0+798), ya que el día de la segunda medición del IRI por parte del LanammeUCR (20 de mayo de 2022) el mismo ya estaba abierto al tránsito y no había desvío en fin del proyecto. De forma similar, en el sentido Guadalupe – San Pedro no se consideró la cuarta singularidad (0+040 al 0+000) dado que la línea de tren se encuentra



en el 0+000 y no afectaba en dicho sentido de medición. Finalmente, los valores de IRI de tramos menores a 100 m, no se consideraron en el análisis.

Posteriormente, a partir de la respuesta suministrada por la Unidad Ejecutora POEIV-BCIE/CONAVI el 05 de octubre de 2022, el Equipo Auditor consideró la inclusión de las singularidades que habían sido descartadas ante la evidencia fotográfica presentada en dicho documento.

Para el caso específico del proyecto del Paso a Desnivel de la Bandera, el Contratista se vio forzado a realizar un desvío de tránsito a través del tronco principal del proyecto, ya que no pudo redirigir el tránsito por las rampas y marginales del proyecto debido a que la expropiación de Kracovia no había sido gestionada por la Administración (ver Figura 48), lo cual incidió directamente en el método constructivo del proyecto.

Es importante aclarar que los desvíos de tránsito no están tipificados como singularidad en las evaluaciones de IRI según lo indicado en la sección 401.16 Control de regularidad (IRI), sin embargo, bajo las circunstancias y eventualidades en las que se ejecutó el proyecto, se evidencia que la forma en la que se llevó a cabo el proceso de pavimentación del proyecto fue ajena a responsabilidades del proceso de planificación del contratista, lo cual incidió en los resultados de IRI obtenidos en dicha sección.

A partir de lo anterior se consideró razonable incluir las singularidades propuestas dentro de la evaluación del parámetro de IRI.

Figura 48. Desvío de tránsito en cercanías de estacionamiento Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: UNOPS, 2022.



Se muestran a continuación los resultados del análisis de IRI realizado por el Equipo Auditor a partir de los datos de la segunda evaluación de IRI contenidos en el informe EIC-Lanamme-INF-0669-2022.



Evaluación IRI carriles en el sentido San Pedro - Guadalupe

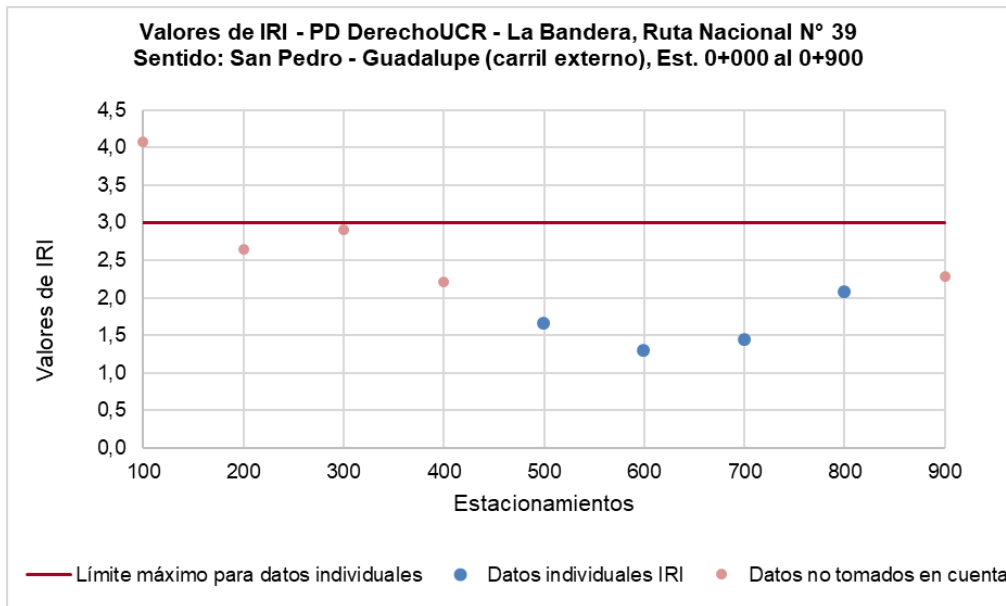
En la

Tabla 20 y Figura 49 se muestran los resultados de los valores individuales y media fija obtenidos para el carril externo en sentido San Pedro - Guadalupe. Es importante mencionar que no fueron tomados en cuenta los estacionamientos de 0+000 a 0+100, 0+100 a 0+200, 0+200 a 0+300 y 0+300 a 0+400 por la presencia de singularidades. Finalmente, el tramo de 0+800 a 0+900 no es tomado en cuenta por ser un tramo menor a 100 m.

Tabla 20. Resultados de la evaluación del IRI, carril externo, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.

Medición de IRI Ruta Nacional N° 39: La Bandera Sentido: San Pedro - Guadalupe (carril externo)					
Fecha de realización de la prueba: 20/05/2022					
Est_Ini	Est_Fin	Descripción	Valor individual (Tramo base @100 m)	Media fija	Desviación
0	100	San Pedro - Guadalupe (carril externo)	4,08	1,61	0,34
100	200	San Pedro - Guadalupe (carril externo)	2,64		
200	300	San Pedro - Guadalupe (carril externo)	2,90		
300	400	San Pedro - Guadalupe (carril externo)	2,21		
400	500	San Pedro - Guadalupe (carril externo)	1,66		
500	600	San Pedro - Guadalupe (carril externo)	1,29		
600	700	San Pedro - Guadalupe (carril externo)	1,43		
700	800	San Pedro - Guadalupe (carril externo)	2,07		
800	900	San Pedro - Guadalupe (carril externo)	2,28		
Criterio cumplimiento (Promedio media fija no mayor a 1,85, desviación estándar no mayor a 0,39)				Cumple	Cumple

Figura 49. Evaluación de valores individuales del IRI, carril externo, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.



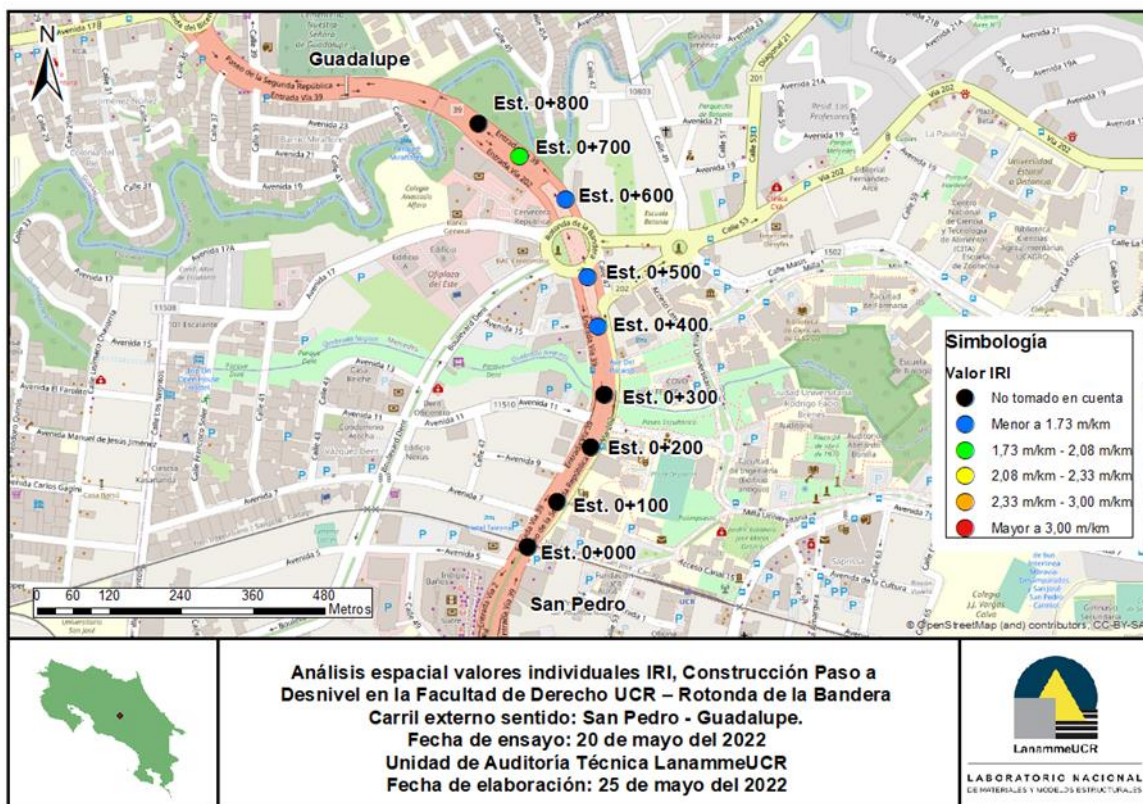
Los resultados mostrados en la

Tabla 20 y Figura 49 permiten identificar el cumplimiento de los valores individuales, media fija y desviación estándar según lo establecido en la especificación de la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente.

Es importante mencionar que el valor promedio de 1,61 y desviación estándar de 0,34 no considera el valor de IRI de las casillas en anaranjado de la Tabla 4, ya que dichos valores son considerados como singularidades.

En la Figura 50 se observa el análisis espacial de los valores individuales de IRI para el carril externo, sentido San Pedro - Guadalupe.

Figura 50. Evaluación del IRI, carril externo, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.



En la Tabla 21 y Figura 51 se muestran los resultados de los valores individuales y media fija obtenidos para el carril interno en sentido San Pedro - Guadalupe. Es importante mencionar que no fueron tomados en cuenta los estacionamientos de 0+000 a 0+100, 0+100 a 0+200, 0+200 a 0+300 y 0+300 a 0+400 por la presencia de singularidades. Finalmente, el tramo de 0+800 a 0+900 no es tomado en cuenta por ser un tramo menor a 100 m (30 m).

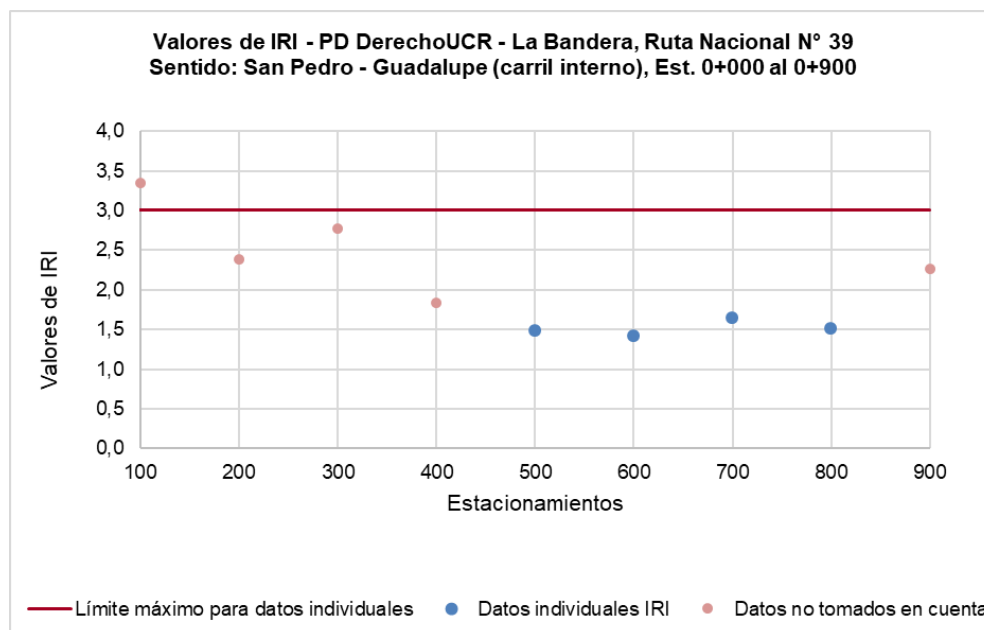
Tabla 21. Resultados de la evaluación del IRI, carril interno, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desevel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.

Medición de IRI Ruta Nacional N° 39: La Bandera					
Sentido: San Pedro - Guadalupe (carril interno)					
Fecha de realización de la prueba: 20/05/2022					
Est_Ini	Est_Fin	Descripción	Valor individual (Tramo base @100 m)	Media fija	Desviación
0	100	San Pedro - Guadalupe (carril interno)	3,35	1,51	0,10
100	200	San Pedro - Guadalupe (carril interno)	2,38		
200	300	San Pedro - Guadalupe (carril interno)	2,77		
300	400	San Pedro - Guadalupe (carril interno)	1,84		



400	500	San Pedro - Guadalupe (carril interno)	1,48		
500	600	San Pedro - Guadalupe (carril interno)	1,41		
600	700	San Pedro - Guadalupe (carril interno)	1,64		
700	800	San Pedro - Guadalupe (carril interno)	1,51		
800	900	San Pedro - Guadalupe (carril interno)	2,27		
Criterio cumplimiento (Promedio media fija no mayor a 1,85, desviación estándar no mayor a 0,39)				Cumple	Cumple

Figura 51. Evaluación de valores individuales del IRI, carril interno, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.



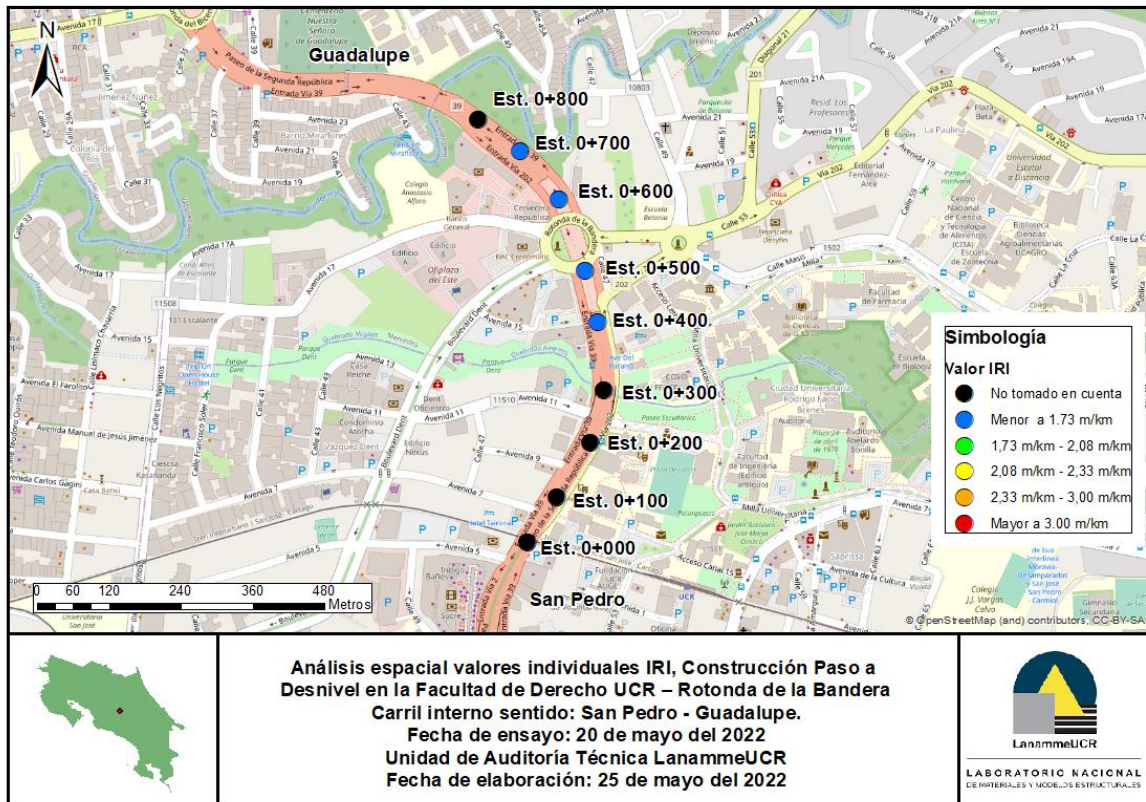
Los resultados de la Tabla 21 y Figura 51 muestran el cumplimiento de los valores individuales, media fija y desviación estándar según lo establecido en la especificación de la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente.

Es importante mencionar que el valor promedio de 1,51 y desviación estándar de 0,10 no considera el valor de IRI de las casillas en anaranjado de la Tabla 5, ya que dichos valores son considerados como singularidades. Además, se destaca la baja desviación estándar obtenida en el carril interno y la obtención de un valor de IRI bueno para ambos carriles, según la escala de evaluación de la Red Vial Nacional.

En la Figura 52 se observa el análisis espacial de los valores individuales de IRI para el carril interno, sentido San Pedro - Guadalupe.



Figura 52. Evaluación del IRI, carril interno, sentido: San Pedro - Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.



Evaluación IRI carriles en el sentido Guadalupe – San Pedro

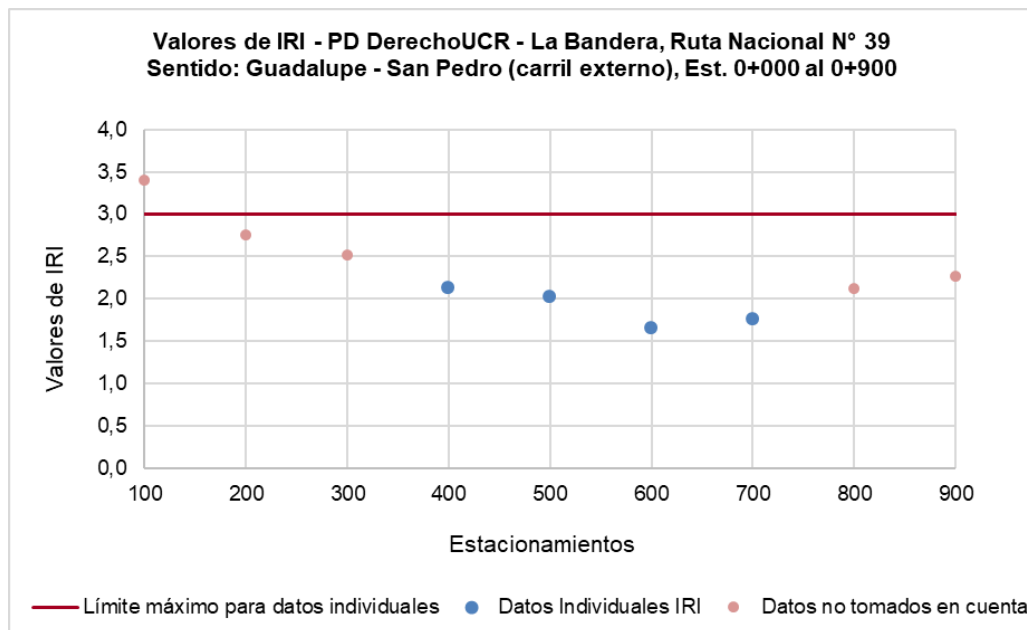
La Tabla 22 y Figura 53 presentan los resultados de los valores individuales y media fija obtenidos para el carril externo en sentido Guadalupe – San Pedro. Además, la Figura 53 presenta la verificación del cumplimiento de valores individuales. Es importante mencionar que no fueron tomados en cuenta los estacionamientos 0+800 a 0+700, 0+300 a 0+200, 0+200 a 0+100, 0+100 a 0+000 por la presencia de singularidades. Finalmente, el tramo de 0+800 a 0+900 no es tomado en cuenta por ser un tramo menor a 100 m (30 m) según la especificación.



Tabla 22. Resultados de la evaluación del IRI, carril externo, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.

Medición de IRI Ruta Nacional N° 39: La Bandera Sentido: Guadalupe - San Pedro (carril externo)					
Fecha de realización de la prueba: 20/05/2022					
Est_Ini	Est_Fin	Descripción	Valor individual (Tramo base @100 m)	Media fija	Desvia- ción
900	800	Guadalupe - San Pedro (carril externo)	2,27	1,89	0,22
800	700	Guadalupe - San Pedro (carril externo)	2,12		
700	600	Guadalupe - San Pedro (carril externo)	1,76		
600	500	Guadalupe - San Pedro (carril externo)	1,66		
500	400	Guadalupe - San Pedro (carril externo)	2,02		
400	300	Guadalupe - San Pedro (carril externo)	2,13		
300	200	Guadalupe - San Pedro (carril externo)	2,52		
200	100	Guadalupe - San Pedro (carril externo)	2,76		
100	0	Guadalupe - San Pedro (carril externo)	3,39		
Criterio cumplimiento (Promedio media fija no mayor a 1,85, desviación estándar no mayor a 0,39)				No Cumple	Cumple

Figura 53. Evaluación de valores individuales del IRI, carril externo, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.





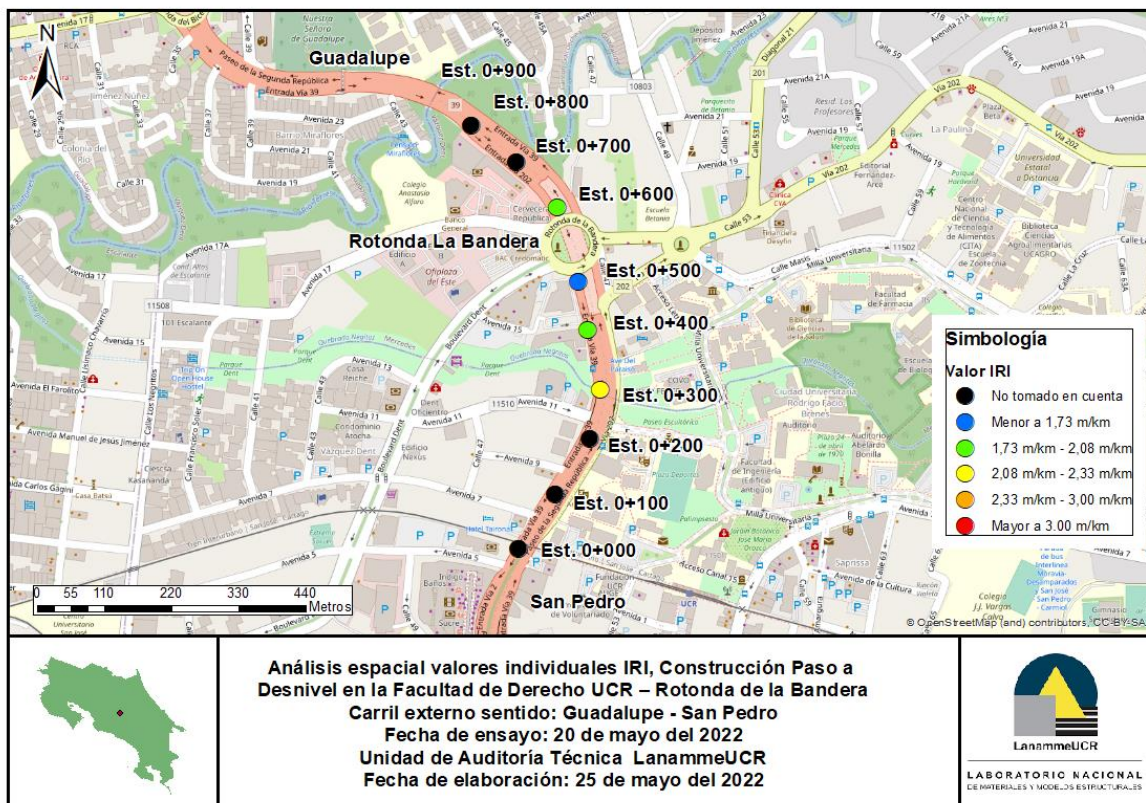
La Tabla 22 y Figura 53 representan la evaluación de los valores individuales de IRI según el valor máximo de 3,0 m/km.

En relación con los resultados, la media fija no cumple según lo establecido en la especificación de la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente. De esta forma, en cuanto a la media fija del carril externo en sentido Guadalupe – San Pedro se obtuvo un valor de 1,89 m/km, tal que este carril no cumple con la especificación de un valor máximo de media fija de 1,85 m/km.

El valor promedio de 1,89 y desviación estándar de 0,70 no consideran el valor de IRI de las casillas en anaranjado de la Tabla 22, ya que dichos valores son considerados como singularidades. Además, este carril muestra el valor más alto de la evaluación realizada en los 4 carriles del proyecto analizados.

En la Figura 54 se observa el análisis espacial de los valores individuales de IRI para el carril externo, sentido Guadalupe - San Pedro.

Figura 54. Evaluación del IRI, carril externo, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.





Finalmente, en relación con el carril interno en sentido Guadalupe – San Pedro, en la Tabla 23 y

Figura 55 se muestran los resultados de los valores individuales y media fija obtenidos para este.

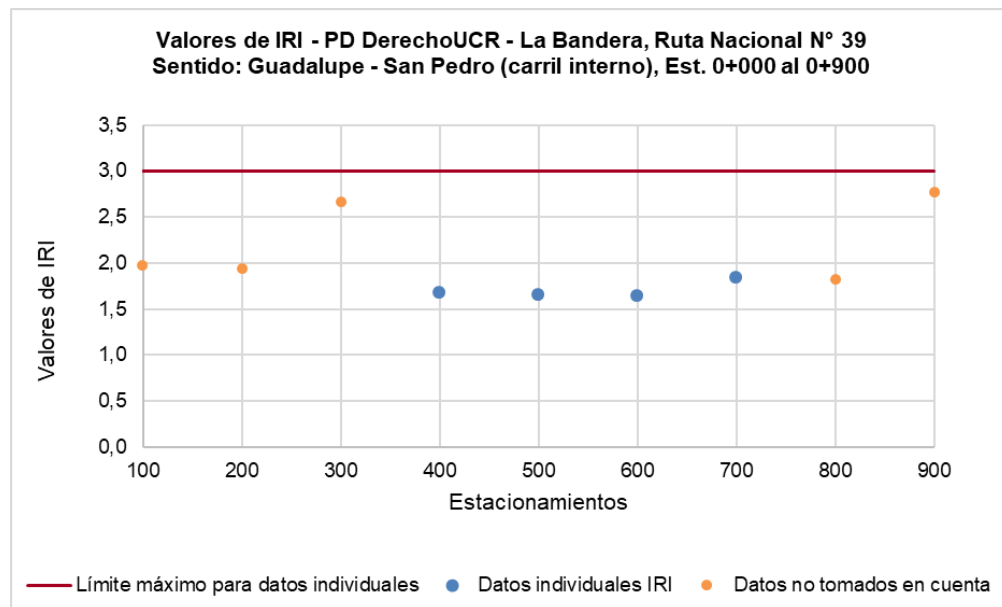
Es importante mencionar que no fueron tomados en cuenta los estacionamientos de 0+800 a 0+700, 0+300 a 0+200, 0+200 a 0+100, 0+100 a 0+00 por la presencia de singularidades. Finalmente, el tramo de 0+800 a 0+900 no es tomado en cuenta por ser un tramo menor a 100 m (30 m).

Tabla 23. Resultados de la evaluación del IRI, carril interno, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.

Medición de IRI Ruta Nacional N° 39: La Bandera					
Sentido: Guadalupe - San Pedro (carril interno)					
Fecha de realización de la prueba: 20/05/2022					
Est_Ini	Est_Fin	Descripción	Valor individual (Tramo base @100 m)	Media fija	Desviación
900	800	Guadalupe - San Pedro (carril interno)	2,77	1,70	0,09
800	700	Guadalupe - San Pedro (carril interno)	1,82		
700	600	Guadalupe - San Pedro (carril interno)	1,84		
600	500	Guadalupe - San Pedro (carril interno)	1,64		
500	400	Guadalupe - San Pedro (carril interno)	1,65		
400	300	Guadalupe - San Pedro (carril interno)	1,68		
300	200	Guadalupe - San Pedro (carril interno)	2,67		
200	100	Guadalupe - San Pedro (carril interno)	1,94		
100	0	Guadalupe - San Pedro (carril Interno)	1,97		
Criterio cumplimiento (Promedio media fija no mayor a 1,85, desviación estándar no mayor a 0,39)				Cumple	Cumple



Figura 55. Evaluación de valores individuales del IRI, carril interno, sentido: Guadalupe - San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.



Los resultados de la Tabla 23 y

Figura 55 muestran el cumplimiento de los valores individuales, media fija y desviación estándar según lo establecido en la especificación de la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en carpetas de mezclas asfálticas en caliente.

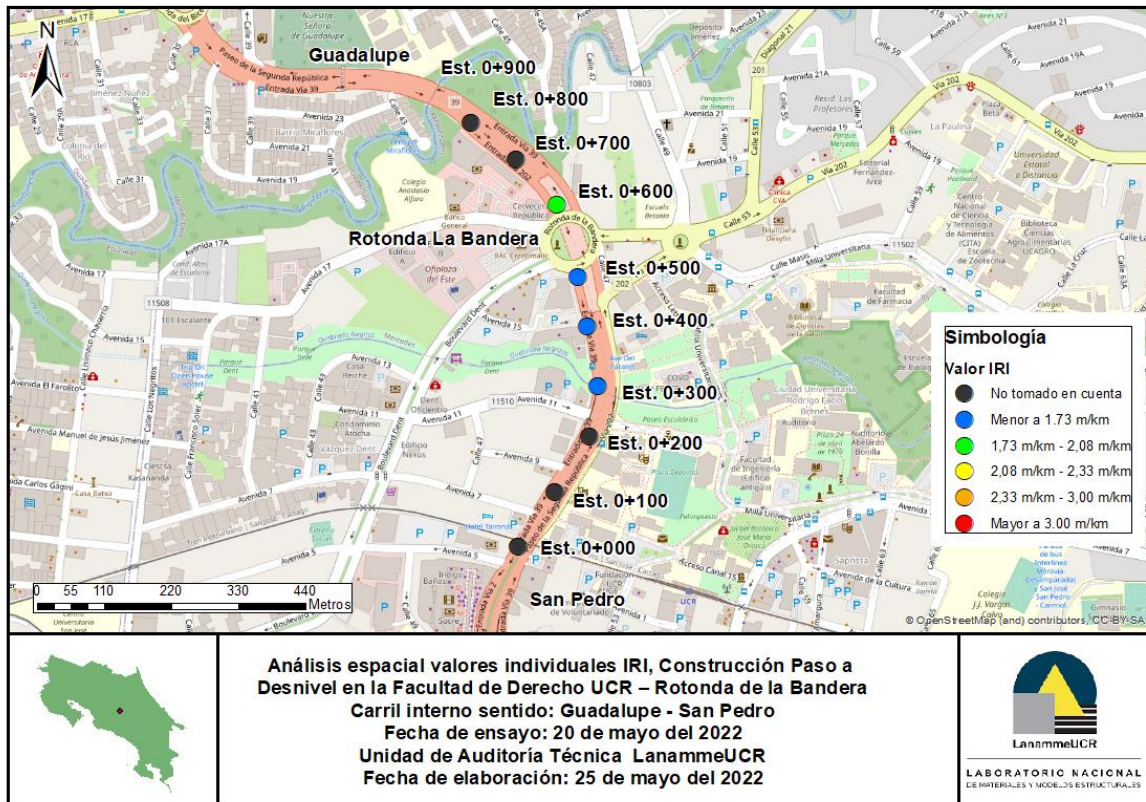


La media fija de 1,70 m/km y desviación estándar de 0,1 no consideran el valor de IRI de las casillas en anaranjado de la Tabla 23, ya que dichos valores son considerados como singularidades. Además, se destaca la baja desviación estándar obtenida en el carril interno y la obtención de un valor de IRI bueno para ambos carriles, según la escala de evaluación de la Red Vial Nacional.

En la

Figura 56 se observa el análisis espacial de los valores individuales de IRI para el carril interno, sentido Guadalupe – San Pedro.

Figura 56. Evaluación del IRI, carril interno, sentido: Guadalupe – San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39.



Evaluación Supervisora Regularidad Superficial Proyecto Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39.

En el oficio POE-09-2022-0575 del 05 de octubre de 2022, la Unidad Ejecutora POEIV-BCIE/CONAVI adjuntó los resultados de la evaluación IRI realizada por la Supervisora Vieto Ingenieros y Consultores, mediante el informe 22-RB3-0368-7056 del 29 de abril de 2022.

En dicho documento la Supervisora presenta el análisis de los resultados del parámetro de IRI en cada uno de los carriles del tronco principal excluyendo las singularidades definidas (ver Tabla 19).

A continuación, se presentan los resultados emitidos por la Supervisora:

Tabla 24. Resultados de la evaluación del IRI, carril interno, San Pedro-Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: Vieto Ingenieros y Consultores, 2022



Tramo evaluado en el sentido del avance de la vía.	Medición final del IRI (m/km)			Localización del inicio del tramo.	Especificación
	Huella interna m/km	Huella externa m/km	MRI m/km Promedio		IRI m/km
0+300 ~ 0+400	1,32	1,50	1,41	9 56' 14.3161" N 84 3' 15.0939" W	3,00
0+400 ~ 0+500	1,22	1,51	1,36	9 56' 17.5521" N 84 3' 15.4529" W	3,00
0+500 ~ 0+600	1,20	1,50	1,35	9 56' 22.4383" N 84 3' 17.5376" W	3,00
0+600 ~ 0+700	1,43	1,57	1,50	9 56' 22.6626" N 84 3' 17.6551" W	3,00
Promedio:			1,4	--	1,85

Tabla 25. Resultados de la evaluación del IRI, carril externo, San Pedro-Guadalupe, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: Vieto Ingenieros y Consultores, 2022

Tramo evaluado en el sentido del avance de la vía.	del IRI (m/km)			Localización del inicio del tramo.	Especificación
	Huella interna m/km	Huella externa m/km	MRI m/km Promedio		IRI 3,0 m/km
0+300 ~ 0+400	1,75	1,82	1,78	9 56' 15.5215" N 84 3' 15.0052" W	3,00
0+400 ~ 0+500	1,45	1,68	1,56	9 56' 18.6547" N 84 3' 15.5899" W	3,00
0+500 ~ 0+600	1,29	1,53	1,41	9 56' 22.0182" N 84 3' 16.9946" W	3,00
0+600 ~ 0+700	1,24	1,58	1,41	9 56' 22.2623" N 84 3' 17.1053" W	3,00
0+300 ~ 0+700	1,43	1,68	1,55	--	3,00
Promedio:			1,54	--	1,85

Tabla 26. Resultados de la evaluación del IRI, carril interno, Guadalupe-San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: Vieto Ingenieros y Consultores, 2022.



Tramo evaluado en el sentido del avance de la vía.	Medición final del IRI (m/km)			Localización del inicio del tramo.	Especificación
	Huella interna m/km	Huella externa m/km	MRI m/km Promedio		IRI 3,0 m/km
0+698.0 ~ 0+598.0	1,87	1,82	1,85	9 56' 26.3460" N 84 3' 19.8353" W	3,00
0+598.0 ~ 0+498.0	1,43	1,58	1,50	9 56' 21.4505" N 84 3' 17.0081" W	3,00
0+498.0 ~ 0+398.0	1,62	1,68	1,65	9 56' 20.4868" N 84 3' 16.7015" W	3,00
0+398.0 ~ 0+298.0	1,44	1,81	1,63	9 56' 20.2446" N 84 3' 16.6257" W	3,00
Promedio:			1,66	--	1,85

Tabla 27. Resultados de la evaluación del IRI, carril externo, Guadalupe-San Pedro, tronco principal del proyecto Paso a Desnivel la Facultad de Derecho UCR - Rotonda de la Bandera, Ruta Nacional No 39. Fuente: Vieto Ingenieros y Consultores, 2022.

Tramo evaluado en el sentido del avance de la vía.	Medición final del IRI (m/km)			Localización del inicio del tramo.	Especificación
	Huella interna m/km	Huella externa m/km	MRI m/km Promedio		IRI 3,0 m/km
0+698.0 ~ 0+598.0	1,56	1,85	1,70	9 56' 26.2791" N 84 3' 19.9020" W	3,0
0+598.0 ~ 0+498.0	1,48	1,93	1,70	9 56' 20.4180" N 84 3' 17.2015" W	3,0
0+498.0 ~ 0+398.0	2,05	2,16	2,11	9 56' 20.1585" N 84 3' 17.1535" W	3,0
0+398.0 ~ 0+298.0	2,18	2,55	2,36	9 56' 19.8990" N 84 3' 17.1054" W	3,0
Promedio:			1,97	--	1,85

En el caso de los resultados de la evaluación del parámetro de IRI realizada por la Supervisora en la Tabla 24, Tabla 25,

Tabla 26 y Tabla 27 se logra evidenciar que, al igual que en la evaluación realizada por el LanammeUCR, hay cumplimiento de los valores individuales de IRI para cada uno de los



tramos de 100m que fueron evaluados en los cuatro carriles del tronco principal, lo cual es un aspecto positivo del proceso constructivo llevado a cabo.

En lo que respecta a la estimación del IRI promedio de cada uno de los carriles evaluados, se debe indicar que los resultados obtenidos por la Supervisora muestran un patrón similar a la evaluación realizada por el LanammeUCR según se evidencia seguidamente.

Respecto el valor de IRI promedio obtenidos por la Supervisora en los carriles en el sentido San Pedro-Guadalupe se obtuvo un valor de 1,4 m/km en el carril interno y 1,54m/km en el carril externo, mientras tanto, la evaluación del LanammeUCR determinó un valor de 1,51 m/km en el carril interno y 1,61m/km en el carril externo.

En lo correspondiente al valor promedio de los carriles en el sentido Guadalupe-San Pedro, el valor promedio estimado por la Supervisora fue 1,66 m/km para el carril interno y 1,97 m/km para el carril externo, por otro lado, la evaluación del LanammeUCR determinó un valor de 1,76 m/km en el carril interno y 1,89 m/km en el carril externo.

Los resultados obtenidos de valor de IRI promedio por carril a partir del análisis realizado por la Supervisora y el LanammeUCR permiten concordar en el cumplimiento de este parámetro en tres de los cuatro carriles del proyecto. De igual manera en ambos estudios se coincide en el resultado que evidencia un incumplimiento del valor de IRI promedio en el carril externo en el sentido Guadalupe- San Pedro al obtenerse un valor superior a 1,85m/km tal cual lo establece la especificación del proyecto.

Respecto a este incumplimiento de la media fija del valor de IRI del carril externo, la Unidad Ejecutora POEIV-BCIE/CONAVI en el oficio POE-09-2022-0575, indica que el valor registrado es marginal. Además, se indica de forma textual que:

Luego de los análisis realizados por UNOPS y sus expertos en la materia, no recomiendan la intervención abrasiva en el carril para mejorar el IRI obtenido, dado el alto riesgo de que la intervención desmejore la calidad de lo presentado en campo y el desempeño de la mezcla con el paso del tiempo y se considera que estos valores no generan ningún tipo de afectación al confort del usuario, no afecta en el funcionamiento y desempeño del carril ni pone en riesgo la vida humana de los que transitan por la zona.

Respecto al criterio emitido por UNOPS y que fue compartido por la Unidad Ejecutora POEIV-BCIE/CONAVI, se debe indicar que si bien los valores de IRI promedio estimados por la Supervisora es cercano al límite máximo especificado en la sección 401.16 Control de regularidad (IRI), los mismos en ambos casos corresponden a un incumplimiento por lo cual no se debe categorizar como “marginal” y más bien, se debería proceder a solicitar la corrección puntual del tramo analizada la aplicación de un pago reducido en función de la calidad del proyecto según lo estipulado en las especificaciones del proyecto.



En relación con el incumplimiento en los estándares de calidad del parámetro de regularidad superficial, 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.

Según lo anterior, la ingeniería de proyecto tiene la obligación y responsabilidad de señalar al contratista mediante la evaluación del parámetro de IRI, sobre aquellas 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.

De tal forma, la omisión de esta responsabilidad generaría la recepción de un proyecto con un estándar de menor calidad al que se estableció y requiere conforme las necesidades públicas, lo cual podría generar una disminución de la vida útil o periodo de diseño de la estructura de pavimento, así como aumentos en costos de mantenimiento para la Administración.

Cabe mencionar que de acuerdo con el descargo de la Administración POE-09-2023-0198 refiere que “respecto al incumplimiento presentado UNOPS notificó al Contratista oportunamente sobre el incumplimiento y se toma en consideración en la estimación de los factores de pago en función de la calidad por aplicar, ya que UNOPS consultó a sus especialistas”.

10. CONCLUSIONES

A partir de los resultados evidenciados durante la ejecución de la auditoría, se emiten las siguientes conclusiones, con el propósito de aportar elementos técnicos a los procesos de mejora continua.

En este apartado se resumen las conclusiones del presente informe de Auditoría Técnica.

Es importante recalcar el hecho de que de manera oportuna a lo largo del proceso de auditoría se ha comunicado a la Administración todas las conclusiones descritas a continuación, mediante oficios o notas-informe.

- **Sobre la calidad de los materiales del proyecto**
 - Las muestras de concreto tomadas por la verificación y por el LanammeUCR, tienen una resistencia superior a la resistencia mínima establecida en los documentos contractuales.
 - Los resultados del esfuerzo a la fluencia para los diferentes diámetros de varillas de acero ensayados por el LanammeUCR se encuentran dentro de los límites, donde





únicamente una varilla #5 tuvo un resultado inferior al especificado y dos varillas #5 tuvieron resultados en el límite. Así, presentan tendencia al cumplimiento para las varillas de acero. Esto presenta similitud con los resultados obtenidos por la verificación.

- Los resultados del esfuerzo a la fluencia para los diferentes diámetros de varillas de acero ensayados por el laboratorio de verificación se encuentran dentro de los límites, por lo que cumplen con los requisitos para dicho material.
- Las varillas de distintos diámetros ensayadas por la verificación, cumplen con el esfuerzo a tracción. En cuanto a las varillas ensayadas por el LanammeUCR también cumplen con el esfuerzo a tracción.
- Los resultados de verificación y del LanammeUCR para la relación esfuerzo de tracción y fluencia en las varillas de acero son superiores al límite inferior especificado, de forma que las barras de acero ensayadas cumplen con dicha relación.
- Se evidenciaron incumplimientos en la elongación de las varillas de acero, especialmente #3 y #5, en ensayos realizados por la verificación y por el LanammeUCR. De los resultados del porcentaje de elongación de todos los diámetros muestreados por la verificación, tres muestras en la varilla #3 y una en la varilla #5 presentaron incumplimiento, con una elongación menor al límite inferior requerido. En cuanto a los resultados de los muestreos realizados por el LanammeUCR, se identificó que para la varilla #3, seis muestras presentaron incumplimiento, dos muestras dieron resultados en el límite de la especificación y las restantes dos muestras tuvieron cumplimiento. Para la varilla #5 también se presentó el incumplimiento de una muestra. Los resultados del LanammeUCR presentan resultados de elongación con similitud a la verificación en las varillas de #3 y # 4 con incumplimiento, con una elongación menor al límite inferior requerido.
- En cuanto al espaciamiento promedio de las corrugaciones en las varillas, los resultados de la verificación y del LanammeUCR, se encontraron por debajo del límite superior para los distintos diámetros de varillas, por lo que los resultados presentan cumplimiento.
- La altura promedio de las corrugaciones en los resultados de los ensayos de la verificación, tuvo dos muestras de varilla #3 que presentaron una altura de corrugación menor al límite inferior requerido, por lo que esas dos muestras presentaron incumplimiento. Las demás varillas cumplieron, ya que los resultados fueron superiores al límite inferior requerido. Los resultados del LanammeUCR para la misma variable, fueron superiores al límite inferior requerido, de forma que presentaron cumplimiento.
- El ancho del cordón de los ensayos de la verificación presentó cumplimiento generalizado en todas las muestras y todas las varillas, ya que los resultados de los ensayos se encuentran por debajo del límite superior especificado. Por parte del



LanammeUCR se presentó incumplimiento en la varilla #8, #10 y # 11, ya que los resultados obtenidos son mayores que el límite superior especificado.

- Se evidenció presencia de fisuras en un lote de varillas #5 ensayadas por el LanammeUCR.
- Se identificaron incumplimientos en las mallas N° 4 y N° 200 para el material de subbase. No cumplen las especificaciones cartelarias del material en una muestra (21-RB3-0398-7056) en el porcentaje pasando la malla N° 4, y en dos muestras (21-RB1-0003-7056 y 21-RB3-0398-7056) en la malla N° 200.
- Una muestra de subbase ensayada por la verificación superó el límite líquido máximo establecido para la subbase por lo que se trata de un incumplimiento.
- Dos muestras de subbase ensayadas por la verificación superan el límite superior del índice de plasticidad especificado para la subbase, por lo que presentan incumplimiento.
- Todas las muestras de subbase para las que la verificación ensayó el CBR cumplieron de manera satisfactoria con el límite mínimo especificado para la subbase, tal que el CBR resultante fue mayor al límite inferior.
- Se excedió la resistencia especificada de la base estabilizada con cemento hasta tres veces el valor promedio según los datos de verificación de calidad, tal que el 71,6 % de los resultados de verificación para los ensayos de la resistencia a la compresión de la base estabilizada con cemento son mayores el límite superior de la especificación, de acuerdo con los ensayos de agosto 2021 a marzo 2022.
- Se debió aserrar la base estabilizada del proyecto en razón de la condición de altas resistencias a la compresión, lo que implica grietas inducidas de forma prematura en la base estabilizada.
- No se debe considerar la técnica del prefisurado como una actividad rutinaria para solventar los controles de calidad o el no cumplimiento de las especificaciones de la base estabilizada con cemento.
- Los resultados de la verificación y del LanammeUCR para el contenido de asfalto para la mezcla de 12,5 mm se encontraron dentro de los rangos de diseño para los distintos diseños de mezcla.
- Los vacíos de aire en la mezcla asfáltica de 12,5 mm ensayada por la verificación, presentó incumplimiento en la mezcla del diseño 1876-2021, tal como se mencionó previamente, y se indicó que se removería. Para el diseño 2352-2021 la mezcla presentó cumplimiento. El diseño 0157-2022 cuenta con dos resultados, de los cuales uno de los mismos no cumplió ya que los vacíos fueron inferiores al 3 % y el otro resultado estuvo en el límite inferior. Y en cuanto al diseño 0528-2022 presentó un valor de incumplimiento superior al 5 % de vacíos y otro inferior al 3 %, con la mayoría de los resultados dentro de los rangos de cumplimiento. En cuanto a los ensayados por el LanammeUCR se presentó cumplimiento para la mezcla asociada con el diseño 2352-2021. Para el diseño 0157-2022 la mezcla asfáltica incumplió y para el diseño 0528-2022 cumplió con el parámetro.





- De lo ensayado por la verificación, los vacíos en el agregado mineral (VMA) del diseño 2352-2021 se encontraron cercanos al límite mínimo de 14 %. El diseño 0157-2022 tuvo incumplimiento en sus dos resultados. Y el diseño 0528-2022 presentó cumplimiento con un único resultado de incumplimiento inferior al 14 %. De acuerdo con la Figura 32 todas las muestras de mezcla asfáltica de 12,5 mm ensayadas por el LanammeUCR incumplieron los vacíos en el agregado mineral (VMA), ya que el límite mínimo es 14 % y todos los resultados son inferiores.
- Los vacíos llenos de asfalto (VFA) para las muestras de la verificación, los resultados del diseño 2352-2021 presentaron cumplimiento dentro de los límites de la especificación para la verificación y el LanammeUCR. El diseño 0157-2022 incumplió para los dos datos de la verificación y también para los resultados del LanammeUCR. Y el diseño 0528-2022 tuvo 13 resultados de la verificación, de los cuales uno incumplió siendo menor al límite inferior y tres incumplieron al ser mayores al límite superior, y para el mismo diseño, lo ensayado por el LanammeUCR, satisface los requerimientos y se encuentra dentro de los rangos solicitados.
- Para los resultados de la verificación la relación polvo/asfalto, el diseño 2352-2021 presentó un valor en el límite superior y tres resultados superiores, con la mayoría de los datos en los rangos de cumplimiento. Del diseño 0157-2022 se obtuvo dos resultados y ambos cumplieron. Y el diseño 0528-2022 tuvo una tendencia al cumplimiento en sus resultados, con dos incumplimientos por encima del límite superior. En cuanto a los resultados de la relación polvo/asfalto de la mezcla asfáltica del diseño 2352-2021 presenta cumplimiento para 2/3 de los resultados. El incumplimiento se da con un valor por encima del límite superior. Y para las mezclas con los diseños 0157-2022 y 0528-2022 ambos satisfacen los requerimientos.
- Los resultados de los ensayos de verificación para el contenido de asfalto en la mezcla asfáltica de 19 mm presentan cumplimiento ya que todos los resultados se encuentran dentro de los límites especificados. Por parte del LanammeUCR, el contenido de asfalto presenta cumplimiento para tres de cuatro resultados, de forma que una muestra no cumple, ya que el contenido de asfalto es menor que el límite inferior.
- Los vacíos de aire en la mezcla asfáltica de 19 mm registrados por la verificación en el mes de febrero presentan tres de 12 resultados fuera de los límites requeridos, ya que son menores al límite inferior. En marzo, hay una totalidad de 15 muestras, de las cuales cuatro no satisfacen los requerimientos porque se encuentran por debajo del límite inferior. En cuanto a los resultados del LanammeUCR, la totalidad de los ensayos no satisfacen los requerimientos, ya que las cuatro muestras son menores al límite inferior.
- Los vacíos en el agregado mineral (VMA) ensayados por la verificación en la mezcla asfáltica de 19 mm indican que en el mes de febrero únicamente una muestra incumple, al encontrarse ligeramente por debajo del límite inferior. Y en el mes de





marzo de 15 muestras en total, diez cumplen, por lo que cinco incumplen. Así el 66,67% de la mezcla asfáltica de 19 mm muestreada en marzo por la verificación presenta cumplimiento y se encuentran por debajo del límite inferior. De lo ensayado por el LanammeUCR ninguna de las cuatro muestras ensayadas cumple con los vacíos en el agregado mineral, tal que el límite mínimo es 14 % y todas son inferiores a dicho límite.

- Los vacíos llenos de asfalto (VFA) de la mezcla de 19 mm ensayada por la verificación en el mes de febrero presentan en total de 12 muestras de las cuales siete satisfacen los requerimientos y cinco no los satisfacen. Las muestras que no cumplen se encuentran por encima del límite superior para este tipo de mezclas. En cuanto al mes de marzo 2022, se trata de un total de 15 muestras, cinco cumplen y diez incumplen. Las muestras con incumplimiento tienen un VFA mayor al límite superior. Así el 66,67% de la mezcla asfáltica de 19 mm muestreada en marzo por la verificación presenta incumplimiento. En los resultados del LanammeUCR todas las muestras presentan incumplimiento ya que son mayores al límite superior de la especificación.
 - La relación polvo/asfalto para la mezcla de 19 mm ensayada por la verificación tiene cumplimiento para la totalidad de las muestras, tal que en febrero y marzo los resultados se encontraron en el rango de cumplimiento. Y tres de cuatro resultados de la mezcla asfáltica de 19 mm ensayada por el LanammeUCR presentó incumplimiento, tal que tres resultados son mayores al límite superior y uno se encuentra en el límite superior.
- **Sobre el desempeño del pavimento**
 - El análisis de valores individuales de IRI realizado por el Equipo Auditor, permitió evidenciar el cumplimiento de los tramos de 100 m evaluados en los 4 carriles del proyecto de acuerdo con la especificación de 3,0 m/km como valor máximo.
 - Se evidenció que 3 de los 4 carriles evaluados cumplieron con el valor de media fija de 1,85 m/km establecido en el cartel de licitación.
 - Se evidenció el incumplimiento de la media fija del carril externo en el sentido Guadalupe - San Pedro, sin embargo, no se registró la atención del tramo que presentó incumplimiento o el pago reducido en función de calidad por el incumplimiento registrado.
 - Se identificó concordancia en los resultados de evaluación de IRI entre la evaluación realizada por el LanammeUCR y la Supervisora.
 - La Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial del CONAVI y la Gestora del proyecto UNOPS acordaron establecer un pago reducido en función de calidad ante el incumplimiento del valor promedio de IRI del carril externo en el sentido Guadalupe – San Pedro.





11. RECOMENDACIONES

A continuación, se listan algunas recomendaciones para que sean consideradas por la Administración, con el propósito de que puedan definirse e implementarse acciones integrales a futuros proyectos de infraestructura vial.

- **Sobre la calidad de los materiales del proyecto**
 - Incrementar la frecuencia de muestreos aleatorios de las varillas de acero para determinar el cumplimiento del material.
 - Mejorar los controles de calidad en la producción de la base estabilizada con cemento para asegurar el cumplimiento de la resistencia dentro de los límites de la especificación.
 - Para futuros proyectos, implementar el Decreto Ejecutivo DE No. 40333-MOPT publicado en La Gaceta, Alcance No. 99 del 9 de mayo de 2017, de la sección 302.03 Diseño de mezcla (equivalente a BE-25) CR 2010, o según corresponda, el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2020, en la división 300, sección 302.04 Diseño de base estabilizada con cemento (equivalente a BE-25).
 - Evitar el uso rutinario de la técnica de prefisurado como medida para solventar los controles de calidad o el no cumplimiento de las especificaciones de la base estabilizada con cemento.
 - Mejorar los controles de calidad en la producción de la mezcla asfáltica en caliente.
- **Sobre el desempeño del pavimento**
 - Cumplir rigurosamente las especificaciones de la sección 401.16 Control de regularidad (IRI) en relación con las correcciones solicitadas en el caso de defectos o incumplimientos de los valores de IRI especificados.
 - Se sugiere a la Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial del CONAVI solicitar a UNOPS considerar, para futuros proyectos, dentro del monto compensatorio en el caso del incumplimiento de IRI, el costo correspondiente de mezcla asfáltica que se deberían reponer por la reparación planteada.





12. REFERENCIAS

- ASTM, Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)), D1557, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012.
- Euroestudios S.L. (2015). Proyecto de las intersecciones de la Bandera y Guadalupe, San José, Costa Rica. Proyecto de diseño de detalle.
- Gurtug, Y., & Sridharan, A. (2004). Compaction Behaviour and Prediction of its Characteristics of Fine Grained Soils with Particular Reference to Compaction Energy. *Soils and Foundations*, 44(5), 27-36. https://doi.org/10.3208/sandf.44.5_27
- Kulkarni, P.P. & Mandal. J.N. (2022). Strength evaluation of soil stabilized with nano silica-cement mixes as road construction material. *Construction and Building Materials*, 314 (2022), p. 125363. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125363>
- MOPT. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010*. San José.
- MOPT, (2017). Decreto Ejecutivo DE No. 40333-MOPT publicado en La Gaceta, Alcance No. 99 del 9 de mayo de 2017, de la sección 302.03 Diseño de mezcla (equivalente a BE-25) CR-2010.
- Nusit, K., & Jitsangiam, P. (2016). Damage Behavior of Cement-Treated Base Material. *Procedia Engineering*, 143, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.021>
- Portland Cement Association, PCA. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. (1era edición). Illinois, EE.UU.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). SDP-001-2014 Ingeniería para el diseño de detalle, presupuesto, pliegos de especificaciones técnicas y documentos para licitación de las intersecciones Garantías Sociales, La Bandera-UCR y Guadalupe. San José, Costa Rica. Documento recuperado de <https://www.ungm.org/Public/Notice/27941>
- Virginia Department of Transportation [VDOT] (2012). Minimum Requirements for Quality Assurance and Quality Control on Design Build and Public-Private Transportation Act Projects. [PDF]. VDOT Location and Design Division. Disponible en: https://www.virginiadot.org/business/resources/PPTA/Minimum_Requirements_for_QA-QC_-_January_2012.pdf
- Zvonarić, M., Barišić, I., Galić, M., & Minažek, K. (2021). Influence of Laboratory Compaction Method on Compaction and Strength Characteristics of Unbound and Cement-Bound Mixtures. *Applied Sciences*, 11(11), 4750. <https://doi.org/10.3390/app11114750>





EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves Auditor Técnico	Revisado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico	
Revisado y aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	Revisión Legal: Lic. Giovanni Sancho Sanz Coordinador de Asesoría Legal, LanammeUCR	Aprobado por: Ing. Rafael Murillo Muñoz, Ph.D., Ph.D. Director General a.i. LanammeUCR



13. ANEXOS

Anexo A. Análisis de descargo al Informe Preliminar EIC-Lanamme-0450-2023 y oficio POE-09-2023-0198 con fecha del 7 de junio de 2023, descargo al Informe Preliminar EIC-Lanamme-0450-2023.

Disponible en este enlace

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/Mb7O2HUJePqQc5G>

Anexo B. Proceso de valoración de los resultados de la auditoría realizada.

El Equipo Auditor considera todos los resultados de la auditoría incluidos en este informe como relevantes y considera que existe el riesgo potencial de que se materialice lo alertado en cada uno de ellos. No obstante, con el objetivo de brindar una herramienta para que las instituciones a las cuales el LanammeUCR debe informar sus resultados, según lo establecido en el artículo 6 de la Ley 8114, puedan priorizar la atención de las recomendaciones que surgen de los análisis desarrollados en el presente informe, se presenta la siguiente valoración de los resultados de la auditoría según su impacto, urgencia y carácter contractual.

El Equipo Auditor categorizó el impacto, la urgencia de atención de las recomendaciones y el carácter contractual según lo establecido en la Tabla B.1 para cada resultado de la auditoría de forma independiente.

El impacto corresponde a la afectación, según el criterio del Equipo Auditor, que el resultado de la auditoría encontrado generó en la calidad de la obra. La urgencia corresponde al tiempo de atención sugerido de las recomendaciones emitidas por el LanammeUCR. El carácter contractual denota si el resultado de la auditoría se basa en una cláusula de carácter contractual o si su respaldo técnico no necesariamente tiene un carácter contractual para el proyecto. También valora si su incumplimiento es parcial o total.

Tabla B.1. Valoración de los resultados de la auditoría según su impacto, urgencia y cumplimiento contractual

Categoría		Valoración
Impacto	Bajo	1
	Medio	3
	Alto	5
Urgencia ¹	Largo plazo	1
	Mediano plazo	3
	Corto plazo	5
Carácter contractual	No contractual	1
	Incumplimiento contractual parcial	3
	Incumplimiento contractual total	5



¹El corto plazo se considera un plazo menor a un año desde la emisión del informe. El mediano plazo se entiende por un plazo comprendido entre 1 y 5 años. El largo plazo se entiende por un plazo mayor a 5 años.

Posteriormente, se obtuvo el promedio de las valorizaciones obtenidas según cada categoría y se determinó la prioridad de atención sugerida para las partes interesadas según lo establecido en la Tabla B.2.

Tabla B.2. Prioridad de atención sugerida según la valoración de los resultados de la auditoría realizada por el Equipo Auditor

Prioridad de atención sugerida	Rango de valoración
Baja	1 – 2
Media	2 – 3
Alta	3 - 4
Muy alta	4 - 5

Los resultados de la auditoría positivos no se incluyen en esta valoración ya que no requieren atención inmediata por parte de la Administración ni de las instituciones establecidas en el Artículo 6 de la Ley 8114 y sus reformas.

En la Tabla B.3, se muestra la valoración de los resultados de la auditoría de este informe. También se muestra la prioridad de atención sugerida, según la escala de colores mostrada en la Tabla B.2.





Tabla B.3. Valoración de los resultados de la auditoría y priorización de atención sugerida

Hallazgo / Observación	Cumplimiento Contractual	Impacto	Urgencia	Promedio
Hallazgo 1: La resistencia a la compresión a 28 días de los muestreos realizados por la Verificación y por el LanammeUCR para el concreto estructural, muestran una tendencia a encontrarse por encima del límite contractual	1	1	1	1,0
Hallazgo 2: Se presentaron algunos incumplimientos en los parámetros de calidad de elongación, altura promedio de las corrugaciones y presencia de grietas en algunos de los lotes ensayados para las varillas #3, #4 y #5.	2	1,0	1	1,3
Hallazgo 3: Se presentó tendencia al cumplimiento en la subbase granular ensayada por la verificación en los parámetros de límite líquido, índice de plasticidad y en la granulometría en las mallas N° 4 y N° 200	1	1,0	1	1,0
Hallazgo 4: Se evidenciaron incumplimientos en la resistencia a la compresión de varios lotes de base estabilizada con cemento, respecto al límite superior establecido en la especificación del proyecto	5	3,7	1	3,2
Hallazgo 5: Se evidenciaron algunos incumplimientos en los parámetros volumétricos de las mezclas asfálticas de 12,7 y 19 mm de algunos de lotes clocados en el proyecto	3,7	3,0	1	2,6
Hallazgo 6: Se evidenció el cumplimiento de los cuatro carriles del tronco principal del proyecto en valores individuales de IRI y media fijas, a excepción de la media fija de IRI del carril externo en el sentido Guadalupe-San Pedro el cual presentó incumplimiento	2	1,3	1	1,4