



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe en final EIC-Lanamme-INF-1764-2022

Informe de Auditoría Técnica

Seguimiento a la evaluación de la calidad de los materiales y de los procesos constructivos del proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal – Cañas



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

Julio, 2023





<p>1. Informe final EIC-Lanamme-INF-1764-2022</p>	<p>2. Copia No. 1</p>	
<p>3. Título y subtítulo: Seguimiento a la evaluación de la calidad de los materiales y de los procesos constructivos del proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal – Cañas</p>	<p>4. Fecha del Informe Julio 2023</p>	
<p>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</p>		
<p>6. Notas complementarias N/A</p>		
<p>7. Resumen</p> <p><u>Sobre la calidad de los materiales:</u> Las muestras de concreto estructural, concreto para pavimento y subbase tomadas por la Verificación y por el LanammeUCR muestran una tendencia a encontrarse dentro de los límites contractuales.</p> <p>Algunos resultados obtenidos por el laboratorio de verificación de calidad, realizada por la empresa supervisora, a cargo de la Administración y por el LanammeUCR para la granulometría, plasticidad y resistencia a la compresión inconfiada a 7 días de la base granular a estabilizar, se encuentran por fuera de los límites establecidos.</p> <p>Existen diferencias entre los resultados obtenidos por la Verificación y por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión inconfiada de la base estabilizada. Estas discrepancias pueden estar fundamentadas en las diferencias en el proceso de curado y de fallas identificadas por este Equipo Auditor.</p> <p>Además, se detectaron, por parte del laboratorio de Verificación algunos incumplimientos en los parámetros volumétricos, granulometría y vacíos en núcleos en la mezcla asfáltica colocada en el proyecto.</p> <p>Por su parte, algunos tramos del pavimento de concreto hidráulico presentan un espesor por debajo de los límites establecidos.</p> <p><u>Sobre los procesos constructivos:</u> Se observaron algunas prácticas constructivas inadecuadas en la construcción del pavimento de concreto hidráulico, pasos a desnivel y de las barreras medianeras.</p> <p>Se identificaron algunos deterioros en las losas de pavimento de concreto construidas y agrietamientos en los tableros de los puentes sobre el río Higuefón, Salitral y Javillos. Los procesos de subsanación realizados se consideran adecuados.</p> <p>Las marginales del proyecto presentan deterioros debido a que la totalidad del tránsito del tronco principal circuló por ellas, sin estar diseñadas para ese uso.</p>		
<p>EIC-Lanamme-INF-1764-2022</p>	<p>Julio, 2023</p>	<p>Página 2 de 112</p>





8. Valoración de los resultados

Resultado	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.	
Hallazgo 2. Las muestras tomadas por la Verificación para la subbase colocada en el proyecto se encuentran dentro de los parámetros contractuales.	
Hallazgo 3. Se identificaron algunos incumplimientos en las muestras de base estabilizada tomadas por la Verificación y por el LanammeUCR.	
Hallazgo 4. Se identificaron algunos incumplimientos en las muestras de mezcla asfáltica tomadas por la Verificación.	
Hallazgo 5. La resistencia a la compresión a 28 días y el módulo de ruptura a 28 días de los muestreos realizados por la Verificación y por el LanammeUCR en el concreto para pavimento, muestran una tendencia a encontrarse por encima del límite contractual.	
Hallazgo 6. Algunos tramos del pavimento de concreto hidráulico presentan un espesor por debajo del límite inferior establecido.	
Observación 1. Se evidenciaron algunas prácticas constructivas inadecuadas en la construcción del pavimento del concreto. Sin embargo, la mayoría de estas prácticas se corrigieron en el transcurso del proyecto.	
Observación 2. Se identificaron algunos deterioros en las losas de pavimento de concreto construidas. No obstante, se realizaron procesos de reparación para estos deterioros.	



<p>Observación 3. Se identificaron agrietamientos en los tableros de los puentes sobre el río Higuero, Salitral y Javillos. Los procesos de subsanación realizados se consideran adecuados.</p>		
<p>Hallazgo 7. Se evidenciaron algunos incumplimientos en los pasos a desnivel del proyecto.</p>		
<p>Observación 4. Las marginales del proyecto presentan deterioros debido a que la totalidad del tránsito del tronco principal circuló por ellas, por un tiempo prolongado, sin estar diseñadas para este fin.</p>		
<p>Observación 5. Se evidenciaron agrietamientos, deterioros, deformaciones e irregularidades en las barreras del proyecto por una consistencia inadecuada del concreto.</p>		
<p>8. Palabras clave Auditoría Técnica, prácticas constructivas, seguridad vial, calidad.</p>	<p>9. Nivel de seguridad: Ninguno</p>	<p>10. Núm. de páginas 112</p>





INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA Seguimiento a la evaluación de la calidad de los materiales y de los procesos constructivos del proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal – Cañas

Departamento encargado del proyecto:

Programa de Infraestructura del Transporte PIT, MOPT

Supervisión del proyecto:

Cemosa, Geométrica y Astep Engenharia

Laboratorio de verificación de calidad:

LGC Ingeniería de Pavimentos S.A.

Empresa Contratista:

Consorcio “Ruta Interamericana Norte”, compuesto por las empresas AZVI S.A. y AZVI Chile S.A.

Laboratorio de control de calidad:

CACISA

Monto original del contrato:

US \$ 89 896 049,28

Plazo original de ejecución:

24 meses

Proyecto:

Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal - Cañas

Director General LanammeUCR:

Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD

Asesoría Legal LanammeUCR:

Lic. Giovanni Sancho Sanz

Lic. Nidia Segura Jiménez

Coordinadora de la UAT LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Equipo Auditor:

Ing. Francisco Fonseca Chaves, MBA, Auditor Técnico Líder

Ing. Fiorella Murillo Contreras, Auditora Técnica Adjunta

Ing. Alvaro Cerdas Murillo, Auditor Técnico Adjunto

Ing. Mauricio Picado Muñoz, Auditor Técnico Adjunto (ya no labora en la institución)





TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	14
2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....	14
3. OBJETIVOS DEL INFORME	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. ALCANCE DEL INFORME	15
5. METODOLOGÍA	15
6. Antecedentes.....	16
7. Descripción del proyecto.....	17
8. Audiencia preliminar EIC-Lanamme-INF-1764-2022	18
9. Resultados de la auditoría técnica.....	19
SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN EL PROYECTO	19
Hallazgo 1. La resistencia a la compresión a 28 días de las muestras tomadas por el Laboratorio de verificación de calidad y por el LanammeUCR para el concreto estructural y los morteros muestran una tendencia a encontrarse por encima del límite contractual.	20
Hallazgo 2. Las muestras tomadas por la Verificación para la subbase colocada en el proyecto se encuentran dentro de los parámetros contractuales.	23
Hallazgo 3. Se identificaron algunos incumplimientos en las muestras de base estabilizada tomadas por la Verificación y por el LanammeUCR	26
Hallazgo 4. Se identificaron algunos incumplimientos en las muestras de mezcla asfáltica tomadas por la Verificación	32
Hallazgo 5. La resistencia a la compresión a 28 días y el módulo de ruptura a 28 días de los muestreos realizados por la Verificación y por el LanammeUCR para el concreto para pavimento muestran una tendencia a encontrarse por encima del límite contractual.	44
Hallazgo 6. Algunos tramos del pavimento de concreto hidráulico presentan un espesor por debajo del límite inferior establecido.	48
SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO.....	49
Observación 2. Se identificaron algunos deterioros en las losas de pavimento de concreto construidas. No obstante, se realizaron procesos de reparación para estos deterioros.	61





Observación 3. Se identificaron agrietamientos en los tableros de los puentes sobre el río Higuerón, Salitral y Javillos. Los procesos de subsanación realizados se consideran adecuados. 71

Hallazgo 7. Se evidenciaron algunos incumplimientos en los pasos a desnivel del proyecto. 79

Observación 4. Las marginales del proyecto presentan deterioros debido a que la totalidad del tránsito del tronco principal circuló por ellas, por un tiempo prolongado, sin estar diseñadas para ello. 87

Observación 5. Se evidenciaron agrietamientos, deterioros, deformaciones e irregularidades en las barreras del proyecto por una consistencia inadecuada del concreto. 100

10. Conclusiones..... 107

 Sobre la calidad de los materiales..... 107

 Sobre las prácticas constructivas 108

11. Recomendaciones..... 109

12. Referencias 110

13. Anexos 112

 Anexo 1. Proceso de valoración de los resultados de la auditoría realizada 112

 Anexo 2. Análisis del descargo de informe preliminar EIC-LANAMME-INF-1764-2022.... 112





ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	17
FIGURA 2. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ESTRUCTURAL COLOCADO EN EL PROYECTO	21
FIGURA 3. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS MORTEROS COLOCADOS EN EL PROYECTO	21
FIGURA 4. RESULTADOS DE MUESTREOS REALIZADOS AL PUENTE SALITRAL LI. FUENTE: CR1-DI-0019-2021	22
FIGURA 5. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ESTRUCTURAL COLOCADO EN EL PROYECTO	23
FIGURA 6. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA GRANULOMETRÍA DE LA SUBBASE COLOCADA EN EL PROYECTO. GRADUACIÓN A	24
FIGURA 7. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA GRANULOMETRÍA DE LA SUBBASE COLOCADA EN EL PROYECTO. GRADUACIÓN B	24
FIGURA 8. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL LÍMITE LÍQUIDO DE LA SUBBASE COLOCADA EN EL PROYECTO	25
FIGURA 9. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL ÍNDICE PLÁSTICO DE LA SUBBASE COLOCADA EN EL PROYECTO	25
FIGURA 10. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL LÍMITE LÍQUIDO DE LA BASE GRANULAR A ESTABILIZAR	26
FIGURA 11. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR A ESTABILIZAR.....	27
FIGURA 12. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA DE LA BASE ESTABILIZADA.....	28
FIGURA 13. COMPARACIÓN ENTRE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA A LOS 7 DÍAS DE LOS MUESTREOS DE BASE ESTABILIZADA REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR Y POR LA VERIFICACIÓN.....	30
FIGURA 14. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA A LOS 7 DÍAS DE LOS MUESTREOS DE BASE ESTABILIZADA REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR CON FALLA POR ESFUERZO CONTROLADO Y DEFORMACIÓN CONSTANTE	31
FIGURA 15. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM	33
FIGURA 16. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL FLUJO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM.....	33
FIGURA 17. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL CONTENIDO DE ASFALTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5.....	34
FIGURA 18. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5.....	34
FIGURA 19. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL VMA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM.....	35
FIGURA 20. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL VFA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM.....	35
FIGURA 21. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA RAZÓN POLVO - ASFALTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM.....	36
FIGURA 22. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM. DISEÑO: 015-2019.....	36





FIGURA 23. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM. DISEÑO: CR-LAB-LIM-2021-3377B 37

FIGURA 24. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS EN NÚCLEOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM..... 38

FIGURA 25. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA ESTABILIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM 39

FIGURA 26. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL FLUJO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM 39

FIGURA 27. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL CONTENIDO DE ASFALTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM..... 40

FIGURA 28. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM 40

FIGURA 29. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL VMA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM 41

FIGURA 30. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL VFA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM 41

FIGURA 31. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA RAZÓN POLVO - ASFALTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM..... 42

FIGURA 32. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM. DISEÑO: 18-786-20..... 42

FIGURA 33. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM. DISEÑO: CR-LAB-LIM-2021-3946A 43

FIGURA 34. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS EN NÚCLEOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM..... 43

FIGURA 35. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO..... 45

FIGURA 36. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA EL MÓDULO DE RUPTURA DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO..... 45

FIGURA 37. RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO..... 46

FIGURA 38. COMPARACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS DE LAS MUESTRAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR Y LA VERIFICACIÓN..... 47

FIGURA 39. COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCIÓN A 28 DÍAS DE LAS MUESTRAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR Y LA VERIFICACIÓN..... 47

FIGURA 40. TEMPERATURA DE COLOCACIÓN DE LOS MUESTREOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR..... 48

FIGURA 41. ACONDICIONAMIENTO INADECUADO DE LA SUPERFICIE PREVIO A LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO. ESTACIONAMIENTO: 153+736 - 154+008 LD. FECHA: 30/08/2021 51

FIGURA 44. ESPACIO ENTRE LOS MOLDES DE FORMALETA Y LA SUPERFICIE DE APOYO Y FILTRACIÓN DE CONCRETO EN LOS TRABAJOS DE COLOCACIÓN MANUAL DE CONCRETO PARA PAVIMENTO 54

FIGURA 45. TEXTURIZADO DEFICIENTE EN ALGUNAS LOSAS DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO EN LAS CERCANÍAS DEL RÍO SAN MIGUEL. ESTACIONAMIENTO: 160+000. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 18/01/2021 55

FIGURA 46. RESULTADOS DEL AGARRE SUPERFICIAL MEDIDOS EN EL CARRIL EXTERNO SENTIDO LIMONAL – CAÑAS. ESTACIONAMIENTOS: 159+370 - 163+610 56

FIGURA 47. RESULTADOS DEL AGARRE SUPERFICIAL MEDIDOS EN EL CARRIL INTERNO SENTIDO LIMONAL – CAÑAS. ESTACIONAMIENTOS: 159+370 - 163+610 56





FIGURA 48. CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE SEGÚN EL VALOR DE GRIP NUMBER..... 57

FIGURA 49. DESGASTE DE LA SUPERFICIE DE RUEDO EN ALGUNAS LOSAS EN LAS CERCANÍAS DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD. ESTACIONAMIENTOS: (A) 159+500 (B) 159+900. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 15/04/2021 58

FIGURA 50. AGREGADO CALIZO EXPUESTO EN ALGUNAS LOSAS EN LAS CERCANÍAS DE LOS REDUCTORES DE VELOCIDAD COLOCADOS. ESTACIONAMIENTOS: (A) 161+000 (B) 161+300. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 15/04/2021 58

FIGURA 51. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VALOR DEL ENSAYO DEL PÉNDULO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS 60

FIGURA 52. VALOR DEL ENSAYO DEL PÉNDULO PARA LAS MEDICIONES REALIZADAS EN EL PROYECTO..... 61

FIGURA 53. EXTENSIÓN DEL CORTE DE LAS LOSAS DE LOS ESPALDONES EN LAS LOSAS DEL TRONCO PRINCIPAL. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 18/01/2021 61

FIGURA 54. AGRIETAMIENTO LINEAL. ESTACIONAMIENTOS: (A)146+800, CARRIL INTERNO Y EXTERNO, LADO IZQUIERDO (B) 162+996, CARRIL EXTERNO, LADO DERECHO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 19/04/2022 62

FIGURA 55. DESGATE, AGRIETAMIENTO LINEAL Y NÚCLEO SIN RELLENAR. ESTACIONAMIENTO: 150+508, CARRIL INTERNO, LADO IZQUIERDO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 19/04/2022 62

FIGURA 56. AGRIETAMIENTO LINEAL CON APARENTE PÉRDIDA DE SOPORTE. ESTACIONAMIENTO: 160+624, CARRIL EXTERNO E INTERNO, LADO DERECHO. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 19/04/2022 63

FIGURA 57. DAÑO EN EL SELLO POR REPARACIÓN DE JUNTA. ESTACIONAMIENTOS: (A) 147+404, CARRIL INTERNO, LADO DERECHO (B) 148+004, CARRIL INTERNO, LADO DERECHO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 19/04/2022 63

FIGURA 58. AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN. ESTACIONAMIENTO: 149+800 – 149+828, CARRIL INTERNO Y EXTERNO, LADO DERECHO. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 19/04/2022 64

FIGURA 59. FRACTURA DE JUNTA. ESTACIONAMIENTO: (A) 156+404, CARRIL EXTERNO, LADO IZQUIERDO (B) 158+316, CARRIL INTERNO, LADO DERECHO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 19/04/2022..... 64

FIGURA 60. DESNIVEL DE HASTA 1 CM. ESTACIONAMIENTOS: (A) 164+200, CARRIL EXTERNO, LADO IZQUIERDO (B) 146+228, CARRIL EXTERNO, LADO DERECHO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 19/04/2022 65

FIGURA 61. CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN EN LAS JUNTAS POR FALTA DE SELLADO. ESTACIONAMIENTO: (A) 149+000 (B) 149+000 (C) 150+550 (D) 153+800..... 66

FIGURA 62. FRACTURA DE ESQUINA. ESTACIONAMIENTO: 163+012, CARRIL INTERNO, LADO IZQUIERDO. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 19/04/2022..... 67

FIGURA 63. REPARACIÓN DE FRACTURA DE JUNTA. ESTACIONAMIENTO: 156+000, LADO DERECHO. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 18/05/2022 68

FIGURA 64. SELLADO DE GRIETAS. ESTACIONAMIENTO: 160+300, TERCER CARRIL, LADO IZQUIERDO. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 18/05/2022..... 69

FIGURA 65. DEMOLICIÓN DE LOSA DE PAVIMENTO DE CONCRETO. ESTACIONAMIENTO: 160+600, LADO IZQUIERDO. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 18/05/2022 69

FIGURA 66. CEPILLADO DEL PAVIMENTO PARA CORRECCIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL. ESTACIONAMIENTO: 148+300, LADO DERECHO. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 22/07/2022 70

FIGURA 67. AGRIETAMIENTOS EN EL TABLERO DEL PUENTE AGUAS ABAJO SOBRE EL RÍO SALITRAL. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 24/08/2020 71

FIGURA 68. SELLADO DE LOS AGRIETAMIENTOS EN EL TABLERO DEL PUENTE AGUAS ABAJO SOBRE EL RÍO SALITRAL. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 19/09/2020..... 71

FIGURA 69. AGRIETAMIENTOS EN EL TABLERO DEL PUENTE AGUAS ARRIBA SOBRE EL RÍO SALITRAL. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 19/09/2020 72





FIGURA 70. SELLADO DE LOS AGRIETAMIENTOS EN EL TABLERO DEL PUENTE AGUAS ARRIBA SOBRE EL RÍO SALITRAL. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 16/11/2020..... 73

FIGURA 71. PROPAGACIÓN DE LOS AGRIETAMIENTOS EN EL TABLERO DEL PUENTE AGUAS ABAJO SOBRE EL RÍO SALITRAL. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 16/11/2020..... 73

FIGURA 72. DISTRIBUCIÓN DE LOS AGRIETAMIENTOS EN EL TABLERO AGUAS ABAJO SOBRE EL RÍO SALITRAL. FECHA DE LA MEDICIÓN: 02/03/2021 – 11/03/2021 75

FIGURA 73. DISTRIBUCIÓN DE LOS AGRIETAMIENTOS EN EL TABLERO AGUAS ARRIBA SOBRE EL RÍO SALITRAL. FECHA DE LA MEDICIÓN: 02/03/2021 – 11/03/2021 76

FIGURA 74. PROTOCOLO DE REPARACIÓN DEL TABLERO DEL PUENTE AGUAS ABAJO SOBRE EL RÍO SALITRAL.. 77

FIGURA 75. AGRIETAMIENTOS EN EL TABLERO DEL PUENTE AGUAS ARRIBA SOBRE EL RÍO HIGUERÓN. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 27/05/2021 78

FIGURA 76. AGRIETAMIENTOS EN EL TABLERO DEL PUENTE AGUAS ABAJO SOBRE EL RÍO JAVILLOS. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 27/05/2021 78

FIGURA 77. SEPARACIÓN DE JUNTAS DE LOS PANELES DEL MURO DE RELLENO REFORZADO DEL PASO ASERRADERO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 31/01/2022 79

FIGURA 78. EROSIÓN EN LOS TALUDES DEL PASO A DESNIVEL ASERRADERO POR FALTA DE PROTECCIÓN. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 25/02/2022 80

FIGURA 79. TUBOS DE DRENAJE CORTOS EN EL PASO A DESNIVEL ASERRADERO QUE DESCARGAN SUS AGUAS A LA SUBESTRUCTURA Y AL PASO INFERIOR. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 24/03/2022 81

FIGURA 80. SECCIÓN DE LA PLANTA GENERAL DEL PASO A DESNIVEL ASERRADERO HOJA 6.2.3. FECHA: FEBRERO 2021 81

FIGURA 81. DETERIOROS OBSERVADOS EN LOS PANELES DE CONCRETO DE LOS MUROS DE RELLENO REFORZADO EN EL PASO A DESNIVEL SAN MIGUEL. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 31/01/2022 82

FIGURA 82. APERTURA EXCESIVA EN LOS PANELES DE LA FACHADA DEL MURO DE SUELO REFORZADO DEL PASO A DESNIVEL SAN MIGUEL. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 31/01/2022 82

FIGURA 83. INCLINACIÓN VERTICAL DE LAS PAREDES DEL MURO DE RELLENO REFORZADO DEL PASO A DESNIVEL SAN MIGUEL. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 31/01/2022 83

FIGURA 84. DESALINEAMIENTO DE COLUMNA DE PANELES DEL MURO DE RELLENO REFORZADO EN EL PASO A DESNIVEL SAN MIGUEL PRODUCTO DEL ASENTAMIENTO. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 31/01/2022 83

FIGURA 85. AGRIETAMIENTOS EN LOS TUBOS DE ALCANTARILLA EN EL PASO A DESNIVEL SAN MIGUEL. FECHA DE LA FOTOGRAFÍA: 31/01/2022..... 84

FIGURA 86. DETERIOROS PRESENTES EN LA MARGINAL 2 LADO IZQUIERDO DEL PROYECTO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 28/01/2022 88

FIGURA 87. DETERIOROS PRESENTES EN LA MARGINAL 6 LADO IZQUIERDO DEL PROYECTO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 28/01/2022 88

FIGURA 88. DETERIOROS PRESENTES EN LA MARGINAL 8 LADO DERECHO DEL PROYECTO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 28/01/2022 89

FIGURA 89. ESTIMACIÓN DE LOS EJES EQUIVALENTES DE CARGA (ESAL) PARA LAS MARGINALES DEL PROYECTO 90

FIGURA 90. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL IZQUIERDO DE LA MARGINAL 2..... 93

FIGURA 91. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL DERECHO DE LA MARGINAL 2..... 94

FIGURA 92. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL IZQUIERDO DE LA MARGINAL 6..... 95





FIGURA 93. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL DERECHO DE LA MARGINAL 6..... 96

FIGURA 94. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL IZQUIERDO DE LA MARGINAL 8..... 97

FIGURA 95. CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LAS SECCIONES EVALUADAS EN EL CARRIL DERECHO DE LA MARGINAL 8..... 98

FIGURA 96. AGRIETAMIENTOS EN LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR CONSTRUIDAS EN EL PROYECTO. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 05/05/2022 100

FIGURA 97. EVIDENCIA DE FILTRACIÓN DE AGUA (MANCHAS DE ÓXIDO) POR LOS AGRIETAMIENTOS DE LAS BARRERAS. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 05/05/2022 101

FIGURA 98. DETERIOROS EN ALGUNAS BARRERAS CONSTRUIDAS. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 05/05/2022 101

FIGURA 99. AGRIETAMIENTOS EN EL CONCRETO FRESCO DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN CONSTRUIDAS EL 5 DE MAYO DE 2022. ESTACIONAMIENTO: 157+100 102

FIGURA 100. REPARACIÓN POR VÍA MANUAL DE LA ALTURA DE LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN CONSTRUIDAS EL 5 DE MAYO DE 2022. ESTACIONAMIENTO: 157+100..... 102

FIGURA 101. ACABADO IRREGULAR EN LAS BARRERAS DE CONTENCIÓN CONSTRUIDAS EL 5 DE MAYO DE 2022 103

FIGURA 102. REPARACIONES DE LOS AGRIETAMIENTOS EN LAS BARRERAS. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 23/06/2022..... 104

FIGURA 103. MANTO DE CURADO COLOCADO SIN COBERTURA TOTAL NI HOMOGÉNEA EN ALGUNAS BARRERAS CONSTRUIDAS. FECHA DE LAS FOTOGRAFÍAS: 05/05/2022 105

FIGURA 104. BARRERAS CONSTRUIDAS EN EL ESTACIONAMIENTO 155+700 CON APARENTE PÉRDIDA DE PASTA 106





ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA.....	16
TABLA 2. ELEMENTOS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CON RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MENOR A LA REQUERIDA CONTRACTUALMENTE SEGÚN LOS RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN.....	22
TABLA 3. MUESTREOS REALIZADOS POR LA VERIFICACIÓN CON UNA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA A 7 DÍAS POR FUERA DE LOS LÍMITES CONTRACTUALES.....	28
TABLA 4. FACTOR DE PAGO OBTENIDO POR EL EQUIPO AUDITOR SEGÚN LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO	31
TABLA 5. FACTOR DE PAGO OBTENIDO POR EL EQUIPO AUDITOR SEGÚN LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR LA VERIFICACIÓN PARA MEZCLA ASFÁLTICA COLOCADA EN EL PROYECTO.....	44
TABLA 6. TRAMOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO CON UN ESPESOR POR DEBAJO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS SEGÚN LOS RESULTADOS DE LA VERIFICACIÓN	48
TABLA 7. VISITAS REALIZADAS POR EL EQUIPO AUDITOR A LOS FRENTE DE COLOCACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	50
TABLA 9. LÍMITES PARA LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS SEGÚN LA SECCIÓN 501.4 DE LA OM3	50
TABLA 9. CONDICIONES METEOROLÓGICAS MEDIDAS POR EL EQUIPO AUDITOR EN LOS FRENTE DE COLOCACIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO	51
TABLA 10. CICLO DE PAVIMENTACIÓN REGISTRADO EL 30 DE AGOSTO DE 2021 POR EL EQUIPO AUDITOR. ESTACIONAMIENTO: 153+736 - 154+008 LD	53
TABLA 11. NO CONFORMIDADES EMITIDAS POR LA SUPERVISIÓN DEBIDO A DETERIOROS EN EL PAVIMENTO DE CONCRETO	70
TABLA 12. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y ABERTURA DE GRIETAS EN LOS TABLEROS DE LOS PUENTES SOBRE EL RÍO SALITRAL	74
TABLA 13. VALORES OBTENIDOS PARA LA DIFERENCIA DE VERTICALIDAD OBSERVADA POR CADA 3 M DE ALTURA PARA CARA DEL MURO DE RELLENO REFORZADO DEL MURO MARGEN DERECHA.....	86
TABLA 14. CONFIGURACIÓN DE GEÓFONOS PARA LA MEDICIÓN DEL CUENCO DE DEFLEXIONES.....	90
TABLA 15. CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN LOS INDICADORES DE CONDICIÓN ESTRUCTURAL	92





INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Seguimiento a la evaluación de la calidad de los materiales y de los procesos constructivos del proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal – Cañas

1. FUNDAMENTACIÓN

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 plan anual de la Unidad de Auditoría Técnica 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.” (Lo subrayado no es del texto original)

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 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.

3. OBJETIVOS DEL INFORME

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de los materiales empleados y los procesos constructivos llevados a cabo en el proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal - Cañas, con el fin de fiscalizar la eficiencia en la ejecución del proyecto y controlar los riesgos potenciales.





OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de los materiales empleados en el proyecto de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto.
- Evaluar los procesos constructivos del proyecto de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.

4. ALCANCE DEL INFORME

Este informe compila las evidencias que el Equipo Auditor ha recopilado a lo largo de la ejecución de la auditoría realizada al proyecto “Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal – Cañas”. El periodo abarcado en este informe es el comprendido entre los meses de junio de 2020 y diciembre de 2022. No obstante, a lo largo de la ejecución de la auditoría, el Equipo Auditor ha emitido varios oficios y notas informe, en aras de comunicar oportunamente estas evidencias.

Es importante mencionar que el periodo de ejecución del proyecto no ha concluido al momento de emitir este informe, por lo que, de ser necesario, esta Unidad de Auditoría Técnica puede emitir informes posteriores con las evidencias recopiladas en el periodo de ejecución restante.

El alcance del estudio consistió en el análisis de la calidad de los materiales empleados en la construcción del proyecto y la evaluación de los procesos constructivos.

Para la evaluación de la calidad de los materiales empleados en el proyecto, se analizaron los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación y por el LanammeUCR para el concreto estructural, material de subbase, base estabilizada, mezcla asfáltica y concreto para pavimento. En cuanto a la evaluación de las prácticas constructivas, esto se realizó mediante visitas a campo, de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.

Cabe destacar que, la auditoría técnica que realiza el LanammeUCR es una auditoría externa, con fundamento a las tareas encomendadas por la Ley 8114, por lo que 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.

Asimismo, según lo determina la ley citada es función del MOPT analizar, con las partes involucradas, las consecuencias expuestas en los hallazgos y observaciones incluidas en este informe de auditoría técnica.

5. METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, con el fin de, identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del proyecto, así como los aspectos positivos evidenciados en dicho proceso.





Las actividades que fueron desarrolladas por el Equipo Auditor consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo, hacer una revisión de los documentos del proyecto, programar muestreos a los materiales y analizar los resultados de los ensayos desarrollados a lo largo de la ejecución del proyecto, por parte del LanammeUCR y el laboratorio de verificación de la calidad.

6. ANTECEDENTES

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 Tabla 1, se muestran los oficios y las notas informe que han sido enviados durante la ejecución de la auditoría.

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

Oficio	Fecha de emisión	Asunto	Oficio de respuesta de la administración
LM-IC-D-0636-2020	14/08/2020	Remisión informe de ensayo	DM-2020-3263
LM-IC-D-0743-2020	28/08/2020	Remisión informe de ensayo	DM-2020-3446
LM-IC-D-0922-2020	26/10/2020	Observaciones sobre las obras de drenaje	DM-2021-2102
LM-IC-D-1038-2020	26/11/2020	Análisis de la calidad de los materiales	DM-2021-2040
LM-IC-D-0006-21	04/01/2021	Solicitud de información	DM-2021-2098
LM-IC-D-0080-2021	27/01/2021	Observaciones de las obras	DM-2021-2125
LM-EIC-D-0348-2021	21/04/2021	Agrietamientos Salitral	DM-2021-2561
LM-EIC-D-0384-2021	12/05/2021	Remisión resultados IRI y GRIP	DM-2021-2598
LM-EIC-D-0470-2021	07/06/2021	Condición de los puentes del proyecto	DM-2021-3354
LM-EIC-D-0741-2021	25/08/2021	Remisión de informes de ensayo y solicitud de información	DM-2021-4916
EIC-Lanamme-928-2021	22/10/2021	Solicitud de información	DM-2021-6423
EIC-Lanamme-1043-2021	06/12/2021	Verticalidad de los muros	DM-2021-6588
EIC-Lanamme-1081-2021	15/12/2021	Remisión de informes de ensayo	No requiere
EIC-Lanamme-38-2022	13/01/2022	Cunetas peligrosas y solicitud de información	DM-2022-0312
EIC-Lanamme-143-2022	21/02/2022	Condición de calles marginales	DM-2022-0847
EIC-Lanamme-300-2022	01/04/2022	Remisión resultados péndulo inglés	DM-2022-1615
EIC-Lanamme-292-2022	08/04/2022	PD San Miguel, Aserradero, Cross hole	DM-2022-2073
EIC-Lanamme-417-2022	16/05/2022	Barreras de contención vehicular	DM-2022-2416
EIC-Lanamme-500-2022	09/06/2022	Análisis de la calidad de los materiales	DM-2022-3040
EIC-Lanamme-524-2022	16/06/2022	Resultados FWD marginales	DM-2022-3049
EIC-Lanamme-554-2022	24/06/2022	Resultados auscultación visual	DM-2022-3270
EIC-Lanamme-704-2022	16/08/2022	Alcantarillas PD San Miguel	DM-2022-4142
EIC-Lanamme-896-2022	12/10/2022	Solicitud de información	DM-PACAS-2022-0043



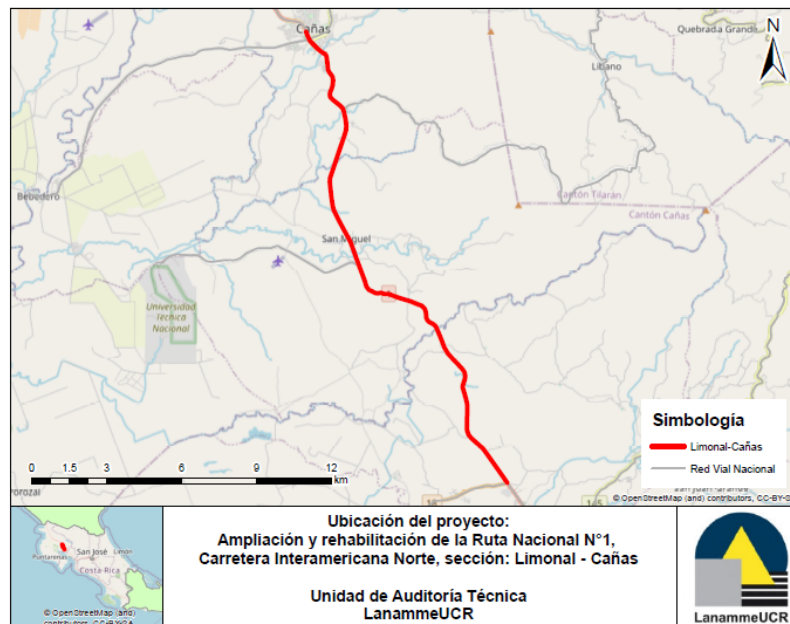
Adicionalmente, previo a la emisión del presente informe, el Equipo Auditor ya había emitido el informe LM-INF-IC-D-0009-2020: “Evaluación de los estudios preliminares, la calidad de los materiales y los procesos constructivos del proyecto: Ampliación y rehabilitación de la Ruta Nacional N°1, Carretera Interamericana Norte, sección: Limonal - Cañas” (ver informe en: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/2133>).

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objeto del contrato es realizar la ampliación de la calzada actual y la rehabilitación del pavimento existente en la Ruta Nacional N°1, en la sección comprendida entre Limonal y Cañas. La obra se desarrolla entre el entronque de la Ruta Nacional N°1 y la Ruta Nacional N°18 y la ciudad de Cañas (ver Figura 1). El proyecto tiene una longitud aproximada de 20,1 km e incluye las siguientes actividades:

- Reconstrucción de la calzada existente.
- Construcción de una nueva calzada de 2 carriles.
- Construcción del Intercambio de Limonal (Intersección con la Ruta Nacional N°18).
- Construcción de cinco puentes nuevos de 4 carriles cada uno sobre los ríos: Desjarretado, Lajas, Higuerón, San Miguel y Javillos y dos puentes nuevos de 3 carriles cada uno sobre el río Salitral.
- Construcción de dos pasos inferiores (San Miguel y La Gotera).
- Construcción de vías marginales.
- Construcción de 8 puentes peatonales.
- Construcción de pasos de fauna silvestre, arborícolas y terrestres.

Figura 1. Ubicación del proyecto





8. AUDIENCIA PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-1764-2022

Como parte de los procedimientos de auditoría técnica, mediante el oficio EIC-Lanamme-123-2023 del 20 de febrero de 2023, se envió el presente informe en versión preliminar (identificado como EIC-Lanamme-INF-1764-2022) 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, este plazo finalizó el 13 de marzo de 2023.

Adicionalmente, el día viernes 24 de febrero 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 los aspectos contenidos en el mismo. A esta actividad asistieron los siguientes participantes:

Mario Campos Vega	Subdirector Unidad Asesora
César Blanco Alvarado	Consultor de calidad Unidad Supervisora
Luis Chavarría Bravo	Consultor de calidad Unidad Supervisora
José Aguilar	Ingeniero de obra Unidad Supervisora
Edwin Corrales Calderón	Ingeniero de obra Unidad Supervisora
Wens Rodríguez	Ingeniero de obra Unidad Supervisora
Cristian Sandoval Espinoza	Ingeniero de apoyo Unidad Asesora
Hernando Hidalgo Venegas	Ingeniero analista Unidad Ejecutora
Raúl Morales	Ingeniero Unidad Ejecutora
Mario Muñoz	Ingeniero estructural Unidad Supervisora
Wendy Sequeira Rojas	Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR
Francisco Fonseca Chaves	Auditor técnico LanammeUCR
Álvaro Cerdas Murillo	Auditor técnico LanammeUCR
Fiorella Murillo Contreras	Auditora técnica LanammeUCR

Como descargo al informe en versión preliminar EIC-LANAMME-INF-1764-2022, el martes 7 de marzo, se recibe vía correo electrónico el oficio DM-PACAS-2023-0124, remitido por el Ing. Mario Campos Vega, en el que se adjunta el oficio CR1-DI-0273-2023 (de fecha 22 de febrero de 2023), donde la Supervisora brinda descargo al informe.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en mención (ver Anexo 2) y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe EIC-Lanamme-INF-1764-2022 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

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el Equipo Auditor en este informe de auditoría técnica, se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales participantes, testimonios del auditado, el estudio de los resultados de las mediciones realizadas 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.

Por lo tanto, las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas, planteando acciones correctivas y preventivas, que eviten el riesgo potencial de incumplimiento.

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN EL PROYECTO

Como parte de la auditoría al proyecto se procedió a analizar la calidad de los materiales utilizados en el proyecto. El plazo del análisis abarca los meses comprendidos entre abril de 2020 y diciembre de 2021.

Para el concreto estructural se analizaron los parámetros: temperatura de colocación, asentamiento y resistencia a la compresión simple a los 28 días. En el concreto para pavimento se analizaron los parámetros: temperatura de colocación, asentamiento, espesores, resistencia a la compresión simple a los 28 días y módulo de ruptura a los 28 días. En el caso del concreto lanzado y de los morteros se analizó únicamente la resistencia a la compresión a los 28 días.

Para la mezcla asfáltica en caliente se analizaron los parámetros: granulometría, VFA, VMA, polvo/asfalto, porcentaje de vacíos, contenido de asfalto, estabilidad, flujo y vacíos en núcleos. Para los parámetros granulometría, porcentaje de vacíos, contenido de asfalto y vacíos en núcleos se determinó el factor de pago según la sección 107.05 del Cartel de Licitación del proyecto. Los límites para la mezcla asfáltica de 12,5 mm se obtuvieron de los diseños 015-2019 (junio 2020) y CR-LAB-LIM-2021-3377b (a partir de julio 2021). Los límites para la mezcla asfáltica de 19 mm se obtuvieron de los diseños 18-786-20 (hasta julio 2021) y CR-LAB-LIM-2021-3946a (a partir de julio 2021).

Para la subbase se analizaron los parámetros: índices de plasticidad y granulometría. Para la granulometría se determinó el factor de pago según la sección 107.05 de CR-2010.





Para la base estabilizada con cemento se analizó la granulometría, índices de plasticidad, espesores y la resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días. Los límites para la granulometría se obtuvieron de los diseños 18C-350-2020 (80% San Miguel y 20% Rey de la Tierra), 18-722-20 (Tres Hermanos), LABG-2385-2020 (70% Tres Hermanos 30% San Buena), LABG-21-1199 (90% Tres Hermanos 10% Pijije), LIM-21/3445 (San Buena), CR-LAB.LIM-2021-6810a (Rey de la tierra) y CR-LAB-LIM-2021-6325 (Ciruelas). Para los parámetros granulometría y resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días también se determinó el factor de pago según la sección 107.05 del Cartel de Licitación del proyecto.

También se analizaron los resultados obtenidos por el LanammeUCR para la subbase, base estabilizada, mezcla asfáltica, concreto estructural y concreto para pavimento.

En el oficio LM-IC-D-1038-2020 (de fecha 26/11/2020), se comunicó a la Administración los resultados del análisis realizado para el periodo comprendido entre los meses de abril a agosto de 2020. La Administración brindó respuesta a este oficio mediante el oficio DM-2021-2040 (de fecha 15/01/2021), en el cual adjunta el oficio CR1-DI-0019-2021 (de fecha 07/01/2021), donde la Supervisión del proyecto brinda descargo a lo indicado en el oficio LM-IC-D-1038-2020.

En el oficio EIC-Lanamme-500-2022 (de fecha 09/06/2022), se comunicó a la Administración los resultados del análisis realizado para el periodo comprendido entre los meses de setiembre de 2020 y diciembre de 2021. La Administración brindó respuesta a este oficio mediante el oficio DM-2022-3040 (de fecha 06/07/2022), en el cual adjunta el oficio CR1-DI-0843-2022 (de fecha 01/07/2022), donde la Supervisión del proyecto brinda descargo a lo indicado en el oficio EIC-Lanamme-500-2022.

HALLAZGO 1. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS DE LAS MUESTRAS TOMADAS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD Y POR EL LANAMMEUCR PARA EL CONCRETO ESTRUCTURAL Y LOS MORTEROS MUESTRAN UNA TENDENCIA A ENCONTRARSE POR ENCIMA DEL LÍMITE CONTRACTUAL.

Con relación a los resultados de ensayos realizados por el laboratorio de verificación, las figuras 2 y 3, muestran la resistencia a la compresión a 28 días, según la siguiente descripción; la Figura 2. corresponde al muestreo del concreto de 180 kg/cm², 225 kg/cm², 280 kg/cm², 350 kg/cm², 600 kg/cm² y 700 kg/cm², y en la Figura 3 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión a 28 días en las muestras de los morteros empleados en el proyecto.





Figura 2. Resultados obtenidos por la Verificación para la resistencia a la compresión del concreto estructural colocado en el proyecto

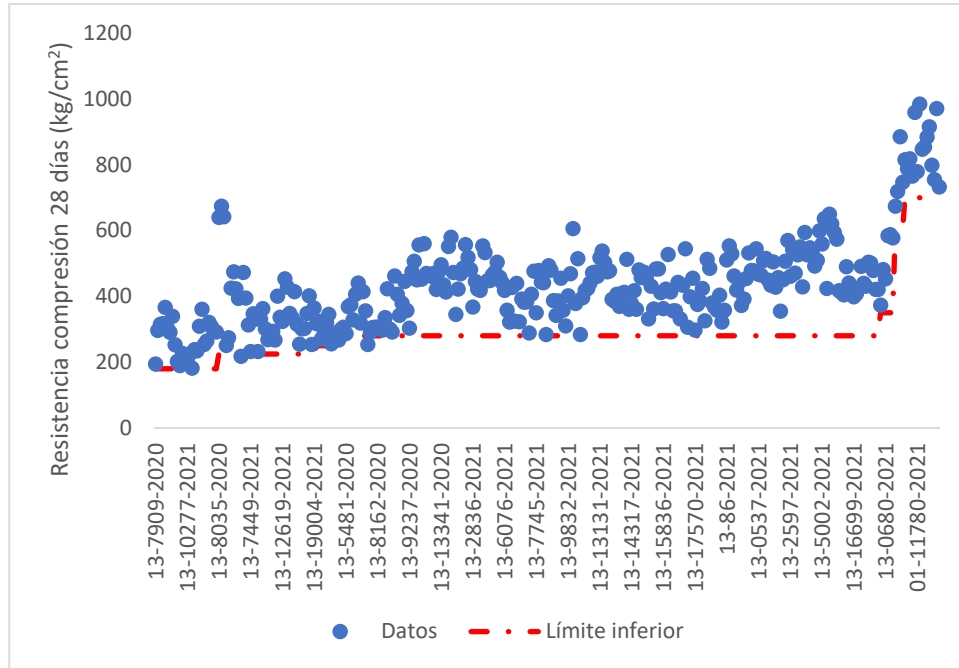
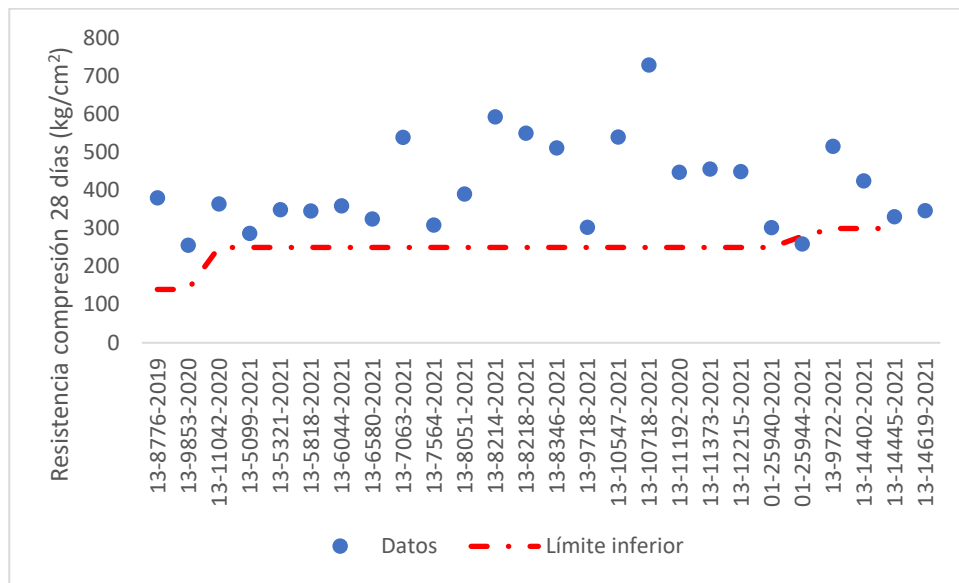


Figura 3. Resultados obtenidos por la Verificación para la resistencia a la compresión de los morteros colocados en el proyecto



Los resultados obtenidos por la Verificación muestran una tendencia a encontrarse dentro de los parámetros contractuales, sin embargo, los elementos listados en la Tabla 2 no alcanzaron la resistencia requerida contractualmente, siendo menor a la especificada.





Tabla 2. Elementos de concreto estructural con resistencia a la compresión menor a la requerida contractualmente según los resultados de la Verificación

Elemento	Fecha de muestreo	Resistencia a la compresión obtenida (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión requerida (kg/cm ²)
Tablero Salitral LI ¹	05/06/2020	272,3	280
Tablero Salitral LI ¹	05/06/2020	267,7	280
Diafragma B2 Lajas LD	20/08/2020	253,7	280
Arqueta 145+600 LD	22/02/2021	218,3	225

Al respecto de estos resultados, en el oficio CR1-DI-0019-2021 (de fecha 07/01/2021), la Supervisión indica que para las muestras del 05/06/2020 se acogió a lo establecido en la sección 26.12.3.1 del ACI 318-19: “(1) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a la resistencia especificada a la compresión ($f'c$), (2) Ningún resultado del ensayo de resistencia es menor que $f'c$ en más de 3.5 MPa por debajo cuando $f'c$ es 35 MPa o menos; o en más de $0.10 \cdot f'c$ por debajo cuando $f'c$ es mayor a 35 MPa” (ver Figura 4).

Figura 4. Resultados de muestreos realizados al puente salitral LI. Fuente: CR1-DI-0019-2021

N° Muestreos Fecha de muestreo: 2020-06-05	Resultados a Compresión a 28 días (kg/cm ²) *	Promedio de resultados a 28 días (kg/cm ²)
Muestra 1	269	272
	277	
	271	
Muestra 2	346	322
	290	
	330	
Muestra 3	262	267
	272	
	269	
Promedio aritmético de tres Muestras	287	287

*Fallas de tres cilindros de 150 x 300 mm para determinar el cumplimiento del concreto para cada muestra.

Lo expuesto por la Supervisión respecto a las muestras correspondientes al tablero Salitral LI es correcto y satisface lo expuesto en la sección 26.12.3.1 del ACI-318-19.

Respecto a la muestra correspondiente a la arqueta 145+600 LD, en el oficio CR1-DI-0843-2022 (de fecha 01/07/2022), la Supervisión indica que la muestra alcanzó un 97% de la resistencia requerida. Además, indica que considera que uno de los especímenes presenta un dato atípico, por lo que deciden no considerar este dato dentro de la evaluación de la resistencia a la compresión para la estructura y con ello se determina la aceptación de la misma.

En la Figura 5, se muestran los resultados obtenidos por el LanammeUCR para el concreto estructural colocado en el proyecto, cuyos resultados se encuentran por encima de la resistencia mínima requerida contractualmente, a excepción de la losa de arqueta en el

¹ El tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral fue demolido parcialmente por agrietamientos en el mismo.

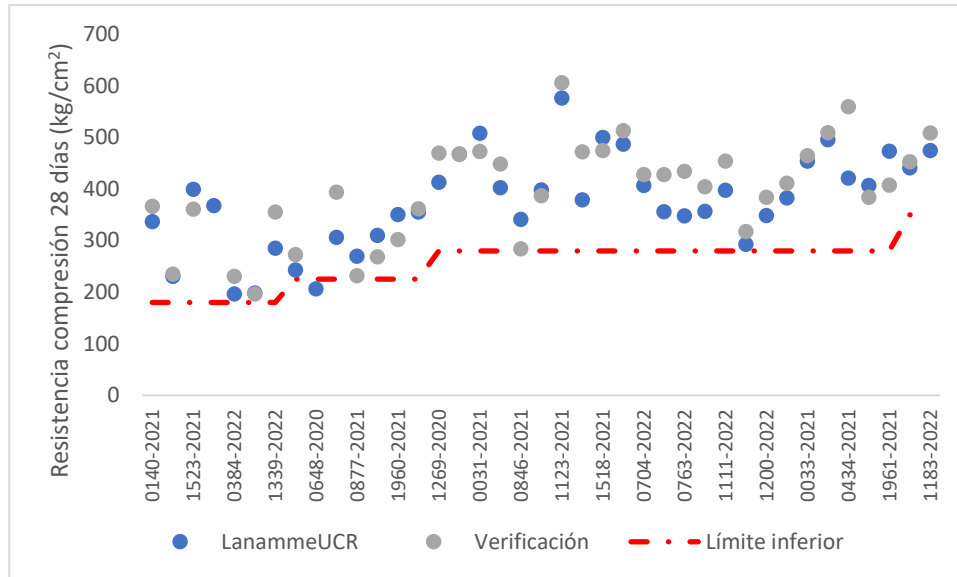




estacionamiento 158+727 (fecha de muestreo 24/06/2020 y resistencia a la compresión a 28 días de 206,7 kg/cm²).

Como se observa en la Figura 5, los resultados obtenidos por el LanammeUCR muestran un patrón similar a los obtenidos por la Verificación.

Figura 5. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión del concreto estructural colocado en el proyecto



HALLAZGO 2. LAS MUESTRAS TOMADAS POR LA VERIFICACIÓN PARA LA SUBBASE COLOCADA EN EL PROYECTO SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS CONTRACTUALES.

Todos los resultados obtenidos por la Verificación para la granulometría (ver Figura 6 y Figura 7), límite líquido (ver Figura 8) e índice de plasticidad (ver Figura 9) de la subbase colocada en el proyecto se encuentran dentro de los parámetros contractuales.





Figura 6. Resultados obtenidos por la el Laboratorio de verificación de calidad, para la granulometría de la subbase colocada en el proyecto. Graduación A

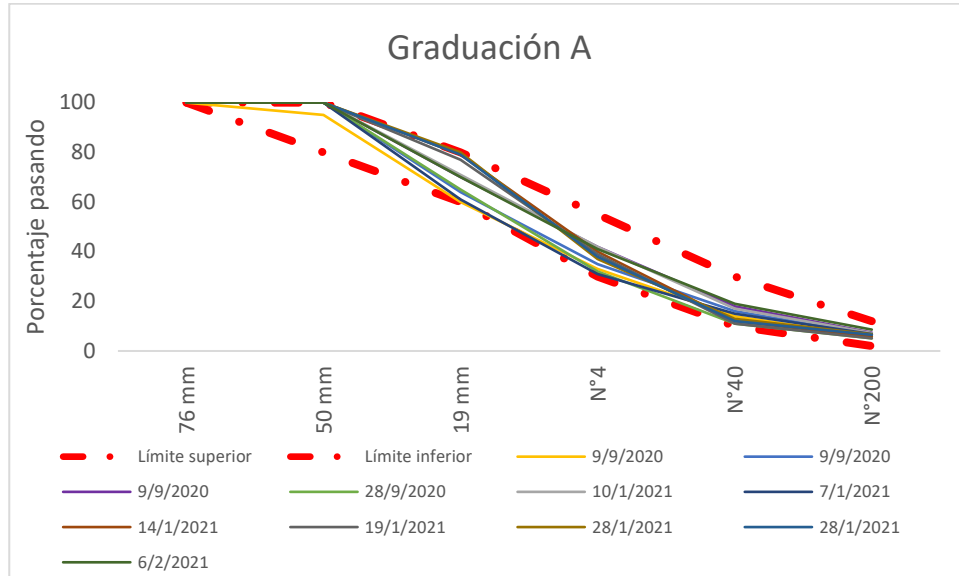


Figura 7. Resultados obtenidos por la Verificación para la granulometría de la subbase colocada en el proyecto. Graduación B

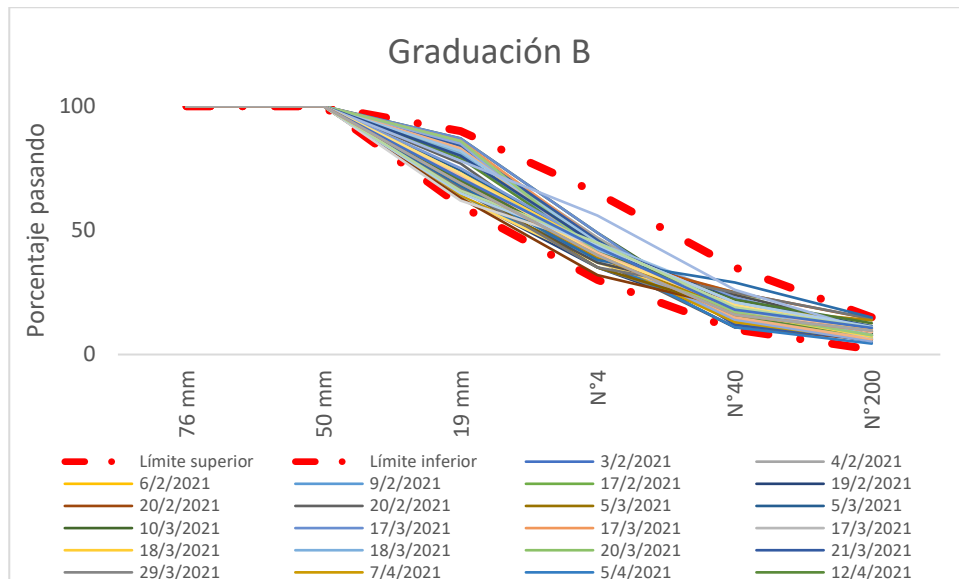




Figura 8. Resultados obtenidos por la Verificación para el límite líquido de la subbase colocada en el proyecto

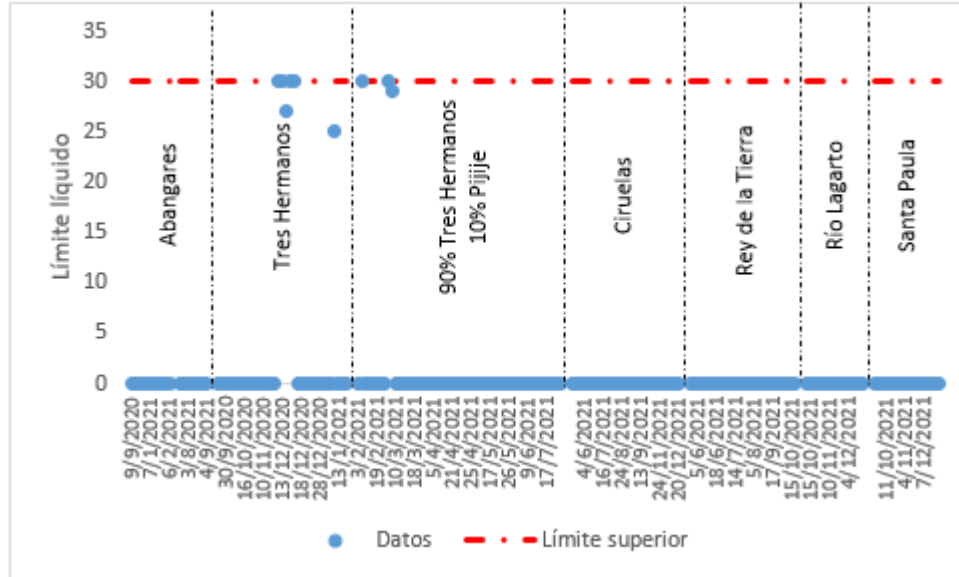
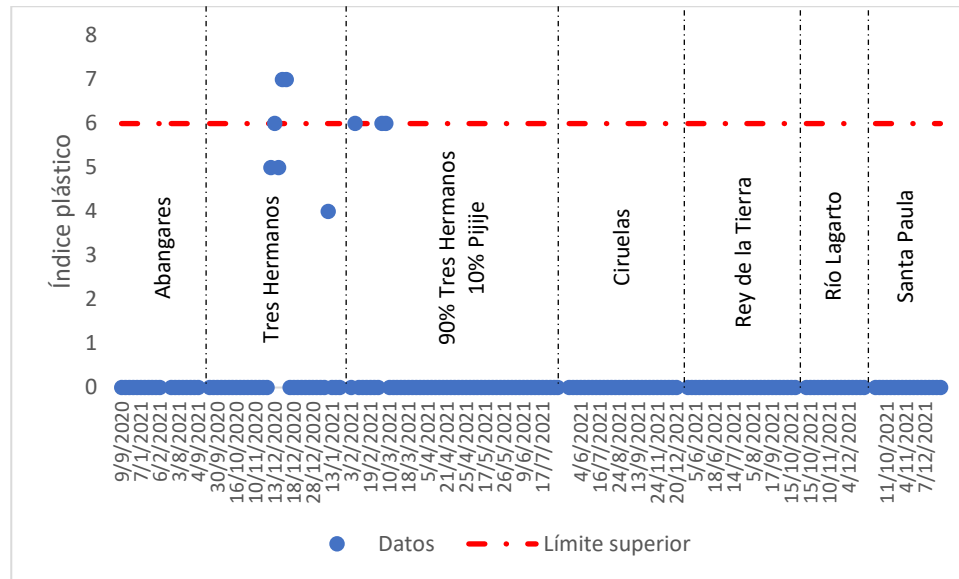


Figura 9. Resultados obtenidos por la Verificación para el índice plástico de la subbase colocada en el proyecto²



² El índice plástico puede ser aceptado hasta un 7% si el porcentaje pasando el tamiz #40 es inferior a 15%. En el caso de las muestras con fuente Tres Hermanos con un índice de plasticidad de 7% (15/12/2020 y 16/12/2020), el porcentaje pasando el tamiz #40 es de 10% en ambos casos.





HALLAZGO 3. SE IDENTIFICARON ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LAS MUESTRAS DE BASE ESTABILIZADA TOMADAS POR LA VERIFICACIÓN Y POR EL LANAMMEUCR

- Granulometría de la base granular a estabilizar

Según los resultados de la Verificación, algunas de las muestras de la base granular a estabilizar, tomadas en octubre de 2020 (fuente: Tres Hermanos) y diciembre de 2021 (fuente: San Buena), tienen una granulometría por fuera de las tolerancias establecidas en el diseño de base estabilizada correspondiente. Todas las demás muestras tomadas por la Verificación tienen una granulometría dentro de las tolerancias establecidas en el diseño de base estabilizada correspondiente.

El LanammeUCR realizó muestreos de la granulometría de la base estabilizada con fuente 80% San Miguel 20% Rey de la Tierra el 06/05/2020 y de la fuente San Buena los días 24/06/2021, 25/11/2021 y 08/12/2021. Únicamente el muestreo realizado el 24/06/2021 se encuentra dentro de las tolerancias establecidas en el diseño correspondiente.

- Plasticidad de la base granular a estabilizar

Según los resultados de la Verificación, las muestras tomadas los días 15, 27 y 29 de diciembre de 2021 (fuente: San Buena) tienen un índice de plasticidad por fuera de los parámetros contractuales (ver Figura 11). Todos los demás resultados obtenidos por la Verificación se encuentran dentro de los límites contractuales (ver Figura 10 y Figura 11).

Figura 10. Resultados obtenidos por la Verificación para el límite líquido de la base granular a estabilizar

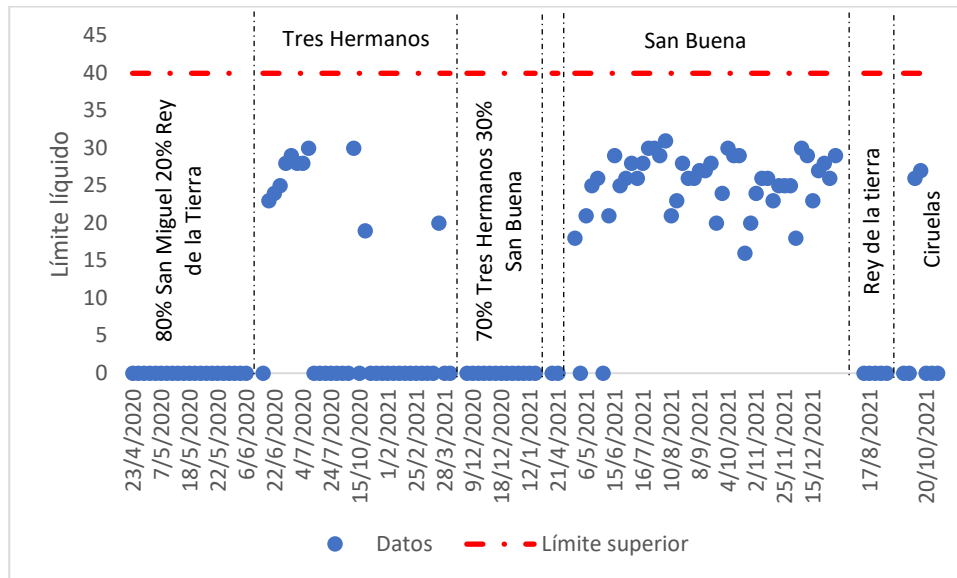
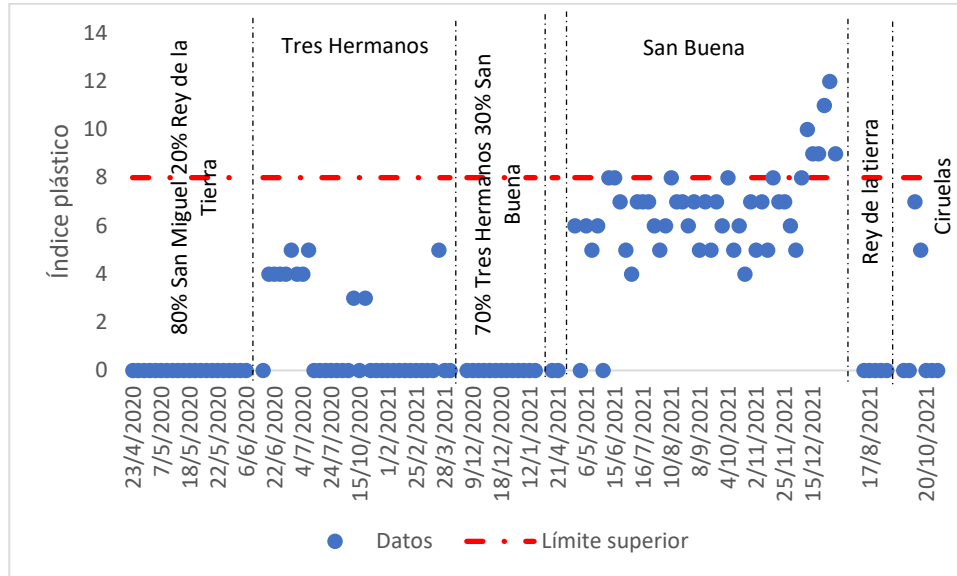




Figura 11. Resultados obtenidos por la Verificación para el índice de plasticidad de la base granular a estabilizar



En el oficio CR1-DI-0843-2022, la Supervisión indica que esta situación ya había sido detectada por la Unidad Supervisora y ante los incumplimientos señalados, la medida implementada fue detener la producción de la base estabilizada de la fuente San Buena; y, por medio del oficio CR1-DI-0052-2022, se le ordenó al Contratista la reparación de los tramos.

Las muestras tomadas por el LanammeUCR los días 6 de mayo de 2021 (fuente: 80% San Miguel 20% Rey de la Tierra) y 24 de junio de 2021 (fuente: San Buena) tienen una plasticidad dentro de los parámetros contractuales.

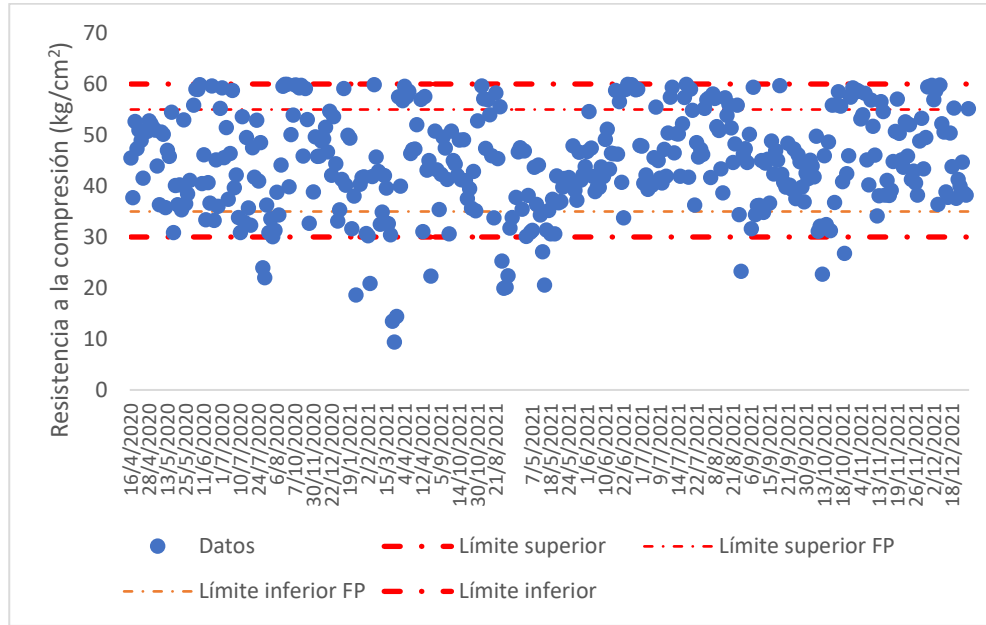
- Resistencia a la compresión inconfiada a 7 días de la base estabilizada con cemento

Los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación se muestran en la Figura 12.





Figura 12. Resultados obtenidos por la Verificación para la resistencia a la compresión inconfiada de la base estabilizada



En la Tabla 3, se exponen los tramos donde las muestras tomadas por la Verificación tienen una resistencia a la compresión inconfiada a 7 días por fuera de los límites contractuales (30 – 60 kg/cm²). Adicionalmente, se indica el proceso de subsanación realizado para cada uno de estos tramos, según lo indicado por la Supervisión en el oficio CR1-DI-0843-2022.

Tabla 3. Muestreos realizados por la Verificación con una resistencia a la compresión inconfiada a 7 días por fuera de los límites contractuales

Ubicación	Fuente	Fecha del muestreo	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Notificación del incumplimiento	Proceso de subsanación realizado
150+710 - 150+810 LI	Tres Hermanos	30/7/2020	24,0	No conformidad N°71	Se realizó su demolición y reconstrucción.
148+570 - 148+660 LD	Tres Hermanos	2/8/2020	22,1	No conformidad N°71	Se realizó su demolición y reconstrucción.
0+510 LD	90% Albosa – 10% Ciruelas	7/2/2021	20,9	No Conformidad N°91	El tramo se reconstruyó el 16/03/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 30,5 kg/cm ²
0+240 – 0+290 LD CE Intercambio Limonal	70% Albosa – 30% San Buena	6/3/2021	18,6	Acta de Calidad N°13	El tramo se reconstruyó el 07/04/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 46,4 kg/cm ²
145+600 – 145+650 LD	90% Albosa – 10% Ciruelas	21/3/2021	13,5	Acta de Calidad N°13	El tramo se reconstruyó el 06/04/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 58,6 kg/cm ²
0+200 – 0+250 LD Intercambio Limonal	90% Albosa – 10% Ciruelas	21/3/2021	9,5	Acta de Calidad N°13	El tramo se reconstruyó el 07/04/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 46,4 kg/cm ²
0+590 – 0+638 LD Intercambio Limonal	90% Albosa – 10% Ciruelas	22/3/2021	14,5	Acta de Calidad N°13	2. Se realizó su demolición y reconstrucción. Oficio de cierre CR1-DI- 0411-2021
164+320 – 164+400 LI	90% Albosa – 10% Pijije	23/4/2021	22,4	No Conformidad N°120	El tramo se reconstruyó el 09/05/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 34,4 kg/cm ²



Ubicación	Fuente	Fecha del muestreo	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Notificación del incumplimiento	Proceso de subsanación realizado
165+250 LD	San Buena	11/5/2021	27,2	Acta de Calidad N°19	A la espera de realizar ensayos no destructivos (Deflectometría)
154+400 LI	San Buena	12/5/2021	20,6	Acta de Calidad N°19	A la espera de realizar ensayos no destructivos (Deflectometría)
159+750 LI	San Buena	26/8/2021	23,3	No Conformidad N°158	El tramo se reconstruyó el 11/10/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 32,2 kg/cm ²
150+000 LD	Rey de la Tierra	31/8/2021	25,3	No Conformidad N°161	El tramo se reconstruyó el 19/09/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 42,3 kg/cm ²
149+930 LD	Rey de la Tierra	1/9/2021	20,0	No Conformidad N°161	El tramo se reconstruyó el 19/09/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 42,3 kg/cm ²
149+750 – 149+820 LD	Rey de la Tierra	2/9/2021	20,2	No Conformidad N°161	3. Se realizó su demolición y reconstrucción 4. Oficio de cierre CR1-DI-0239-2022
147+010 LI	Rey de la Tierra	3/9/2021	22,4	No Conformidad N°161	El tramo se reconstruyó el 05/10/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 30,6 kg/cm ²
Marginal 6 158+760	San Buena	12/10/2021	22,8	No Conformidad N°179	5. La base estabilizada está expuesta, y a la fecha no hay ejecución de obra en este sector, por lo que no se implementado la acción correctiva correspondiente.
165+030 LI	San Buena	19/10/2021	26,8	No Conformidad N°180	El tramo se reconstruyó el 10/11/2021. Resistencia del tramo reconstruido: 56,9 kg/cm ²

-No es del conocimiento del Equipo Auditor que se haya realizado algún proceso de subsanación

En la Figura 13, se exponen los resultados de los muestreos realizados por el LanammeUCR. Como se puede observar en la Figura 13, existen diferencias entre los resultados de los muestreos realizados por el LanammeUCR y los obtenidos por la Verificación. Durante las visitas realizadas, el Equipo Auditor ha identificado diferencias en el proceso de curado y de falla de las muestras de base estabilizada que pueden estar generando estas diferencias.

En cuanto al curado de los especímenes, se ha observado que tanto el laboratorio de Autocontrol como el de Verificación de Calidad, utilizan bolsas plásticas para curar los especímenes a temperatura ambiente por 7 días. Por su parte, el LanammeUCR cura los especímenes en cámara húmeda, en concordancia con lo establecido en la sección 11.1 de la norma ASTM 1632.

Al curar los especímenes de base estabilizada con bolsas plásticas a temperatura ambiente se puede estar afectando la ganancia de resistencia de la base estabilizada, pues no se garantiza un ambiente de curado con una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa mayor al 95%, según lo establecido en la sección 5.11 de la norma ASTM 1632.

En cuanto al proceso de falla de los especímenes, se ha observado que la Verificación falla los especímenes de base estabilizada por esfuerzo controlado mientras que el LanammeUCR lo hace por deformación constante. Si bien la norma ASTM 1633 permite ambos procesos de





falla, muestreos realizados por el LanammeUCR en el proyecto parecen indicar que existen diferencias en la resistencia obtenida al realizar ambos procesos de falla. Como se observa en la Figura 14, cuando el LanammeUCR falla los especímenes por esfuerzo controlado se obtienen resultados similares a los obtenidos por la Verificación.

En el oficio CR1-DI-0843-2022, la Supervisión indica que las muestras se curan en bolsas, pero no a temperatura ambiente, pues se curan en el área de curado de los especímenes de concreto, donde se mantiene la temperatura controlada por medio de un aire acondicionado. No obstante, en la visita realizada el 07/10/2021 al laboratorio de la Verificación, se observó que las muestras de base estabilizada se curan fuera del cuarto con temperatura controlada que menciona la Supervisión. Por tanto, es criterio del Equipo Auditor que no es posible garantizar que todas las muestras se hayan curado según las condiciones controladas especificadas en ASTM 1632. Es importante aclarar que esta situación fue corregida por el Laboratorio de Verificación de Calidad implementando una cámara húmeda en el laboratorio remoto del proyecto.

Figura 13. Comparación entre resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días de los muestreos de base estabilizada realizados por el LanammeUCR y por la Verificación

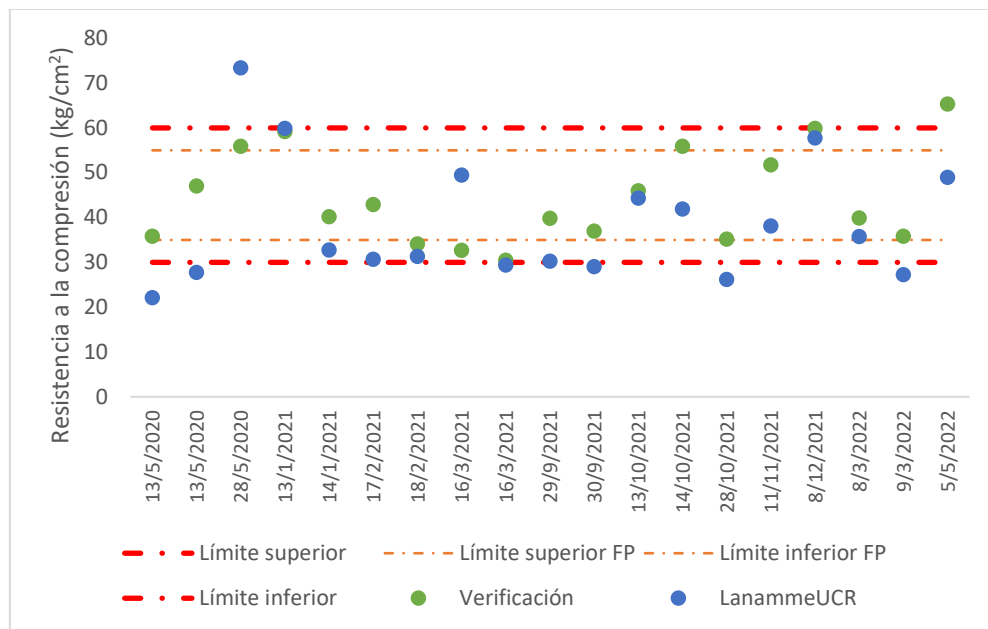
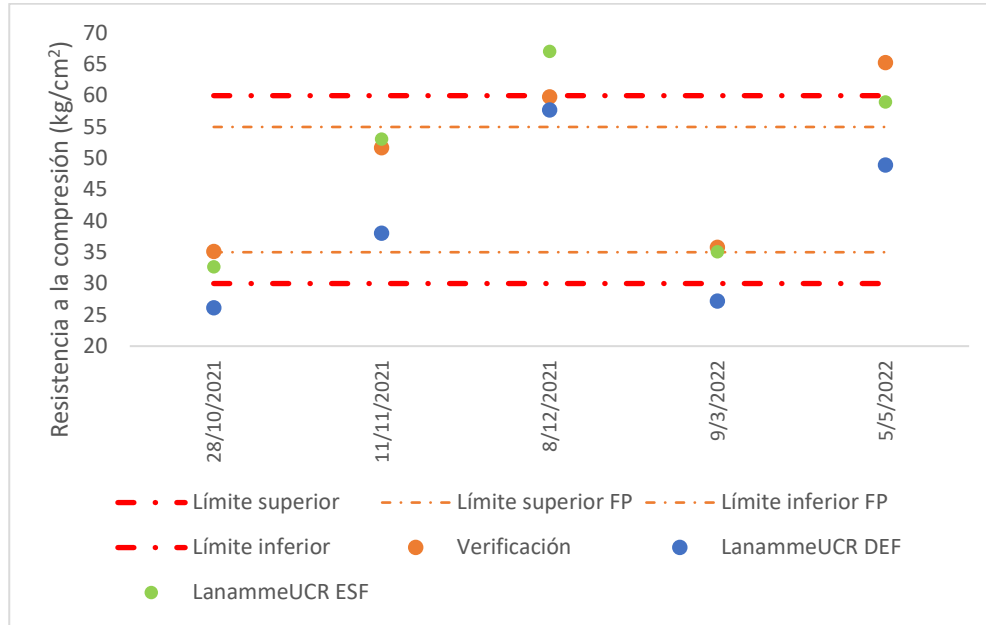




Figura 14. Resistencia a la compresión inconfiada a los 7 días de los muestreos de base estabilizada realizados por el LanammeUCR con falla por esfuerzo controlado y deformación constante



Al determinar el factor de pago según la sección 107.05 del Cartel de Licitación, los resultados obtenidos por el Equipo Auditor coinciden con los reportados en los informes del laboratorio de verificación de calidad.

Tabla 4. Factor de pago obtenido por el Equipo Auditor según los resultados obtenidos por la Verificación para la base estabilizada con cemento

Mes	Fuente	Granulometría (%)	Resistencia compresión (%)	FPQ ¹ (%)	FPC (%)	FP ² (%)
Abril - mayo 2020	80% San Miguel 20% Rey de la Tierra	100	100	100	100	100
Junio 2020	Tres Hermanos	100	99	99	100	99,3
Julio 2020	Tres Hermanos	100	100	100	100	100
Agosto 2020	Tres Hermanos	100 ³	100	100	100	100
Octubre 2020	Tres Hermanos	95	96	95	100	96,5
Diciembre 2020	70% Tres Hermanos 30% San Buena	100	100	100	100	100
Enero 2021	70% Tres Hermanos 30% San Buena	100	100	100	100	100
Febrero 2021	Tres Hermanos	100	100	100	100	100
Marzo 2021	Tres Hermanos	100	100	100	100	100
Abril 2021	90% Tres Hermanos 10% Ciruelas	100 ³	100	100	100	100





Mes	Fuente	Granulometría (%)	Resistencia compresión (%)	FPQ ¹ (%)	FPC (%)	FP ² (%)
Abril 2021	90% Tres Hermanos 10% Pijije	100 ³	100	100	100	100
Abril - mayo 2021	San Buena	100	100	100	100	100
Junio 2021	San Buena	100	100	100	100	100
Julio 2021	San Buena	100	100	100	100	100
Agosto 2021	San Buena	100	100	100	100	100
Agosto 2021	Rey de la Tierra	100	100	100	100	100
Setiembre 2021	San Buena	100	100	100	100	100
Octubre 2021	San Buena	100	100	100	100	100
Octubre 2021	Ciruelas	100	100	100	100	100
Noviembre 2021	San Buena	100	100	100	100	100
Diciembre 2021	San Buena	76	100	76	100	83,2 ⁴

¹Según la sección 107.05.03 del Cartel de Licitación, se debe considerar el parámetro que presente el mayor porcentaje de incumplimiento

²Según la sección 107.05.03.01 del Cartel de Licitación, $FP = 0,7 FPQ + 0,3 FPC$

³No aplica FPQ porque la cantidad de muestras es menor a 5

⁴Alguna de las muestras ensayadas por la Verificación tienen una plasticidad por fuera de los límites contractuales

HALLAZGO 4. SE IDENTIFICARON ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA TOMADAS POR LA VERIFICACIÓN

- Mezcla asfáltica en caliente TMN 12,5 mm

Las muestras tomadas por la Verificación para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 12,5 mm y diseño 015-2019 presentan incumplimientos en los vacíos y granulometría (ver Figura 18 y Figura 22). Los demás parámetros se encuentran dentro de lo establecido en el diseño y los requisitos establecidos contractualmente. Por su parte, todas las muestras tomadas por la Verificación para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 12,5 mm y diseño CR-LAB-LIM-2021-3377b, se encuentran dentro de los parámetros contractuales y lo establecido en el diseño (ver Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22 y Figura 23).



Figura 15. Resultados obtenidos por la Verificación para la estabilidad de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm

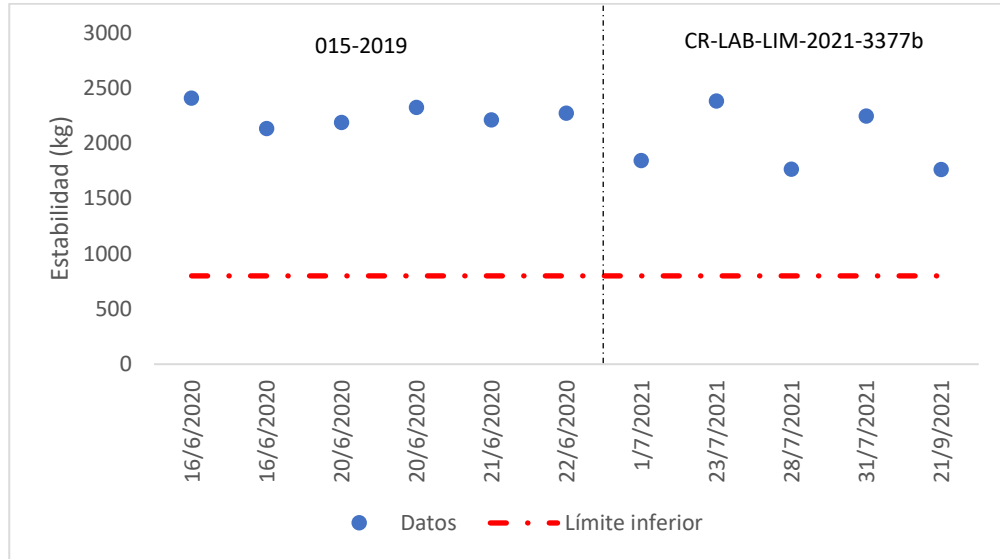


Figura 16. Resultados obtenidos por la Verificación para el flujo de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm

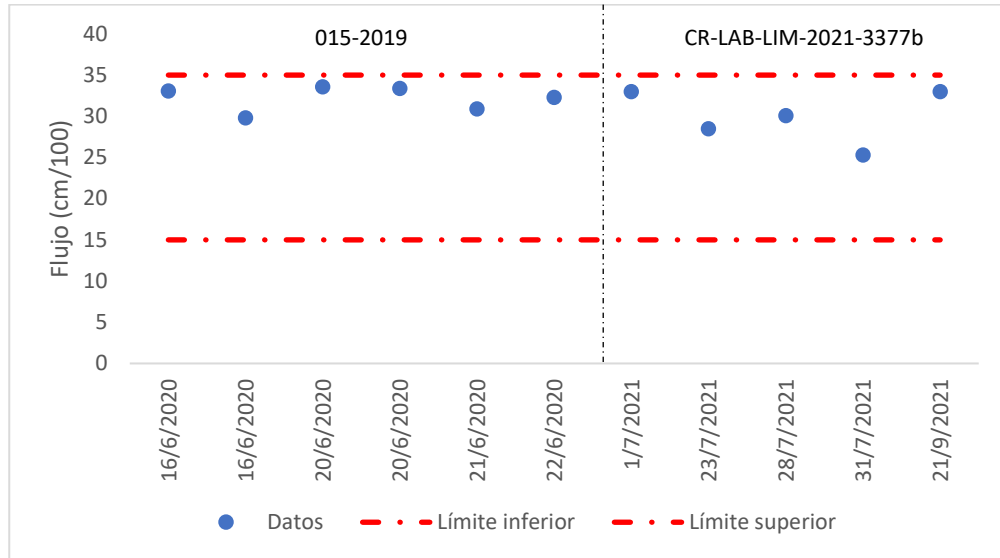




Figura 17. Resultados obtenidos por la Verificación para el contenido de asfalto de la mezcla asfáltica TMN 12,5

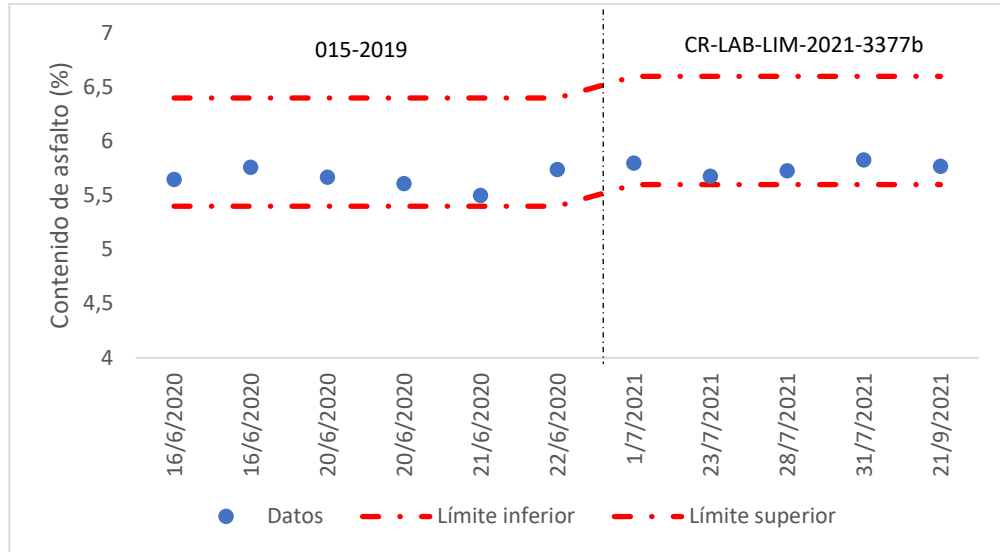


Figura 18. Resultados obtenidos por la Verificación para los vacíos de la mezcla asfáltica TMN 12,5

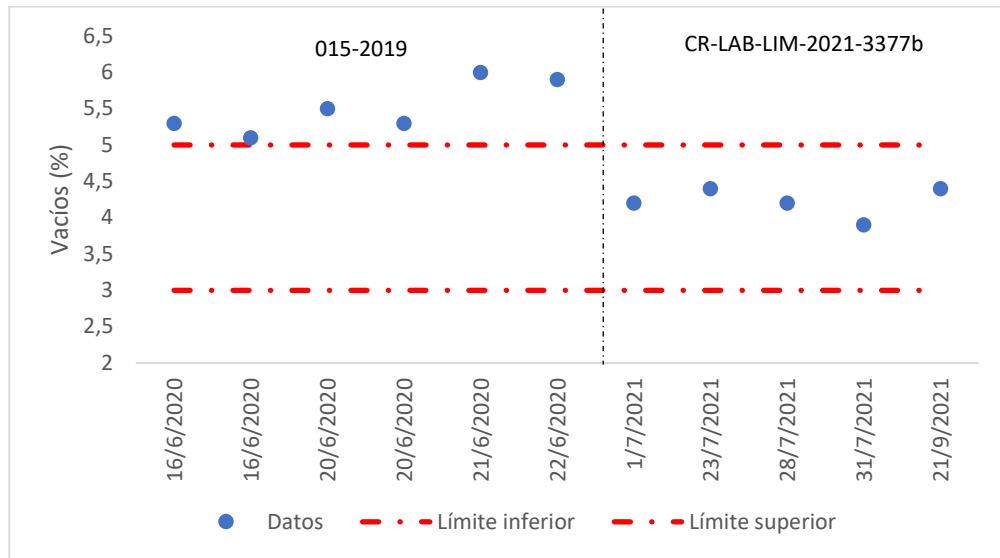




Figura 19. Resultados obtenidos por la Verificación para el VMA de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm

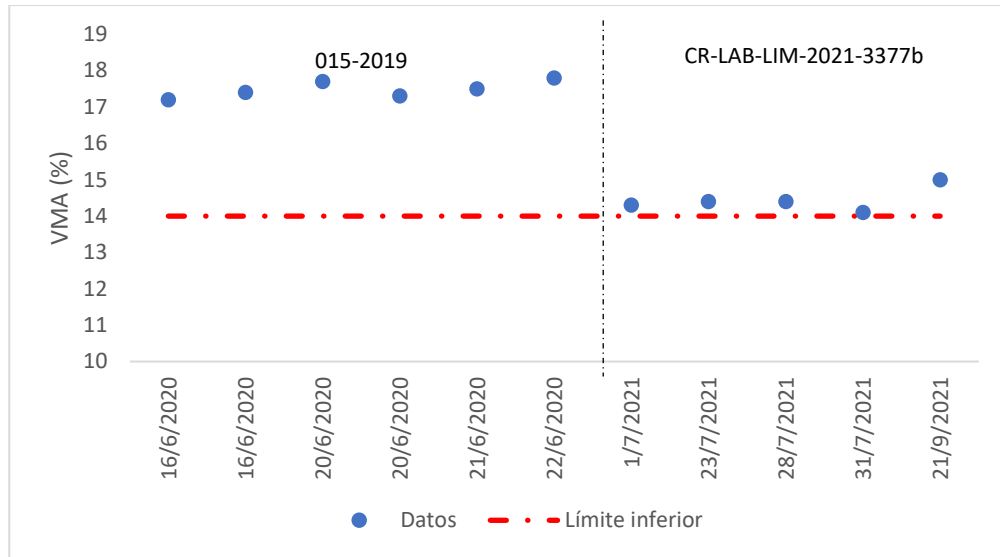


Figura 20. Resultados obtenidos por la Verificación para el VFA de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm

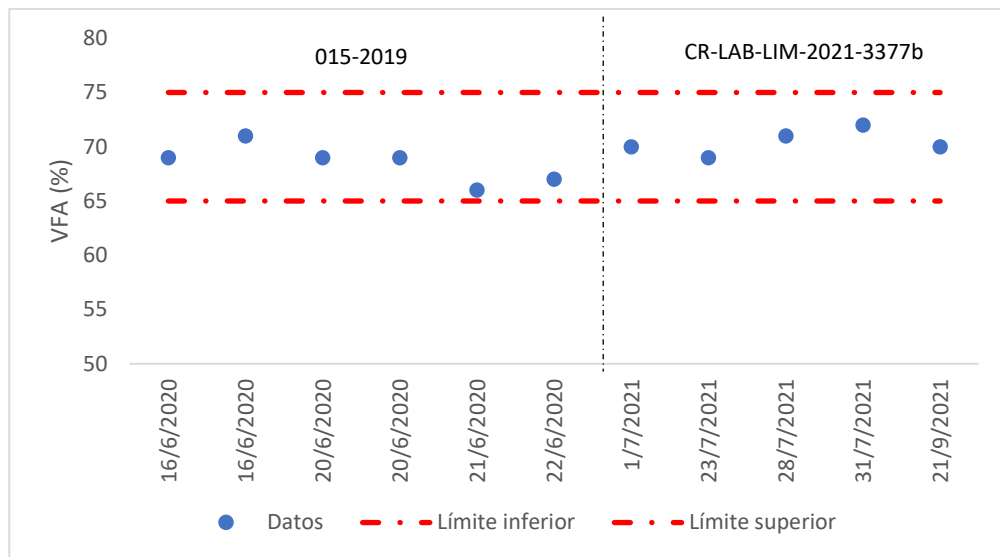




Figura 21. Resultados obtenidos por la Verificación para la razón polvo - asfalto de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm

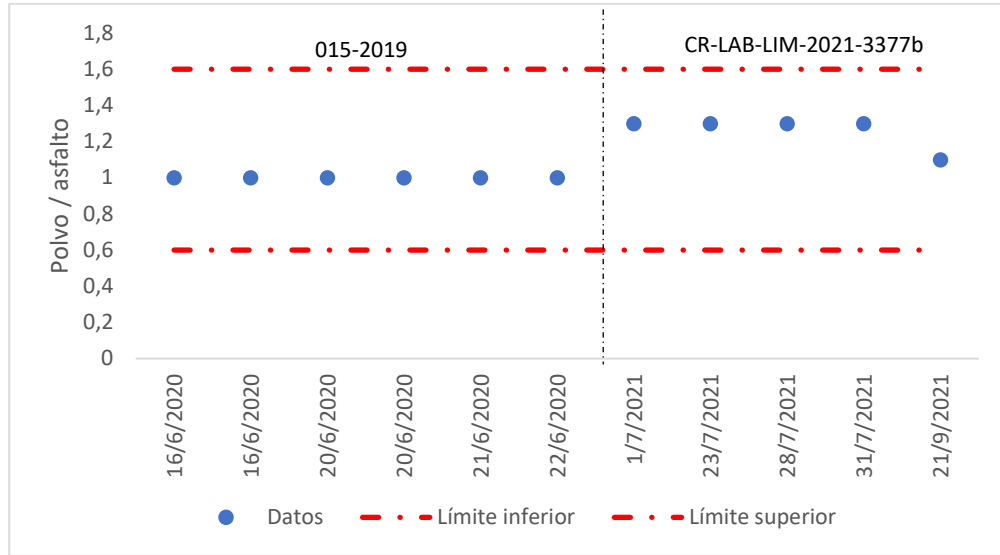


Figura 22. Resultados obtenidos por la Verificación para la granulometría de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm. Diseño: 015-2019

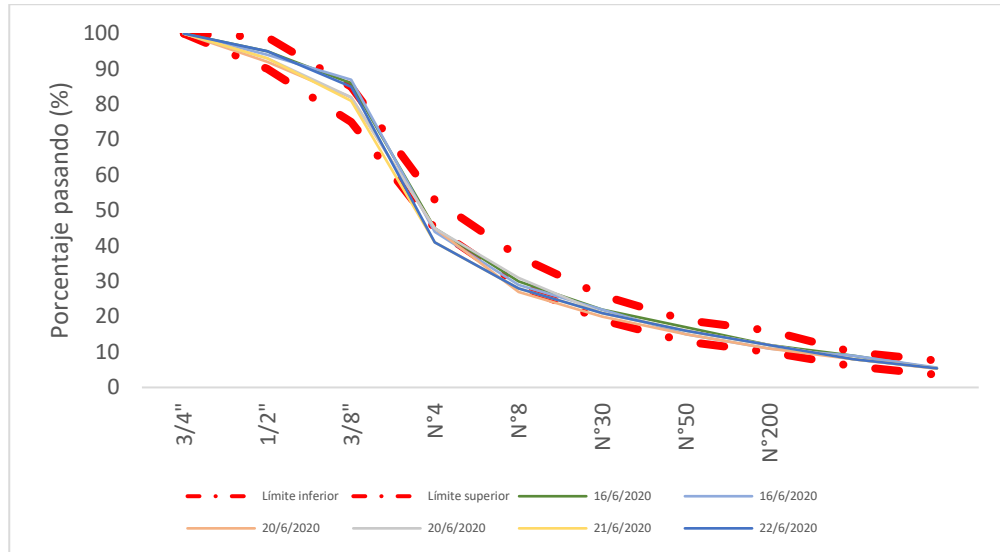
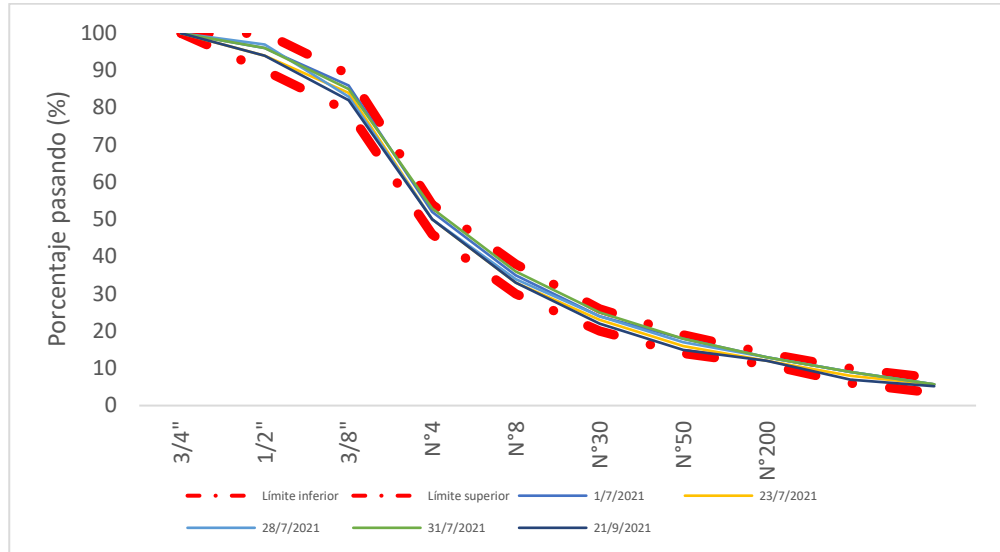




Figura 23. Resultados obtenidos por la Verificación para la granulometría de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm. Diseño: CR-LAB-LIM-2021-3377b

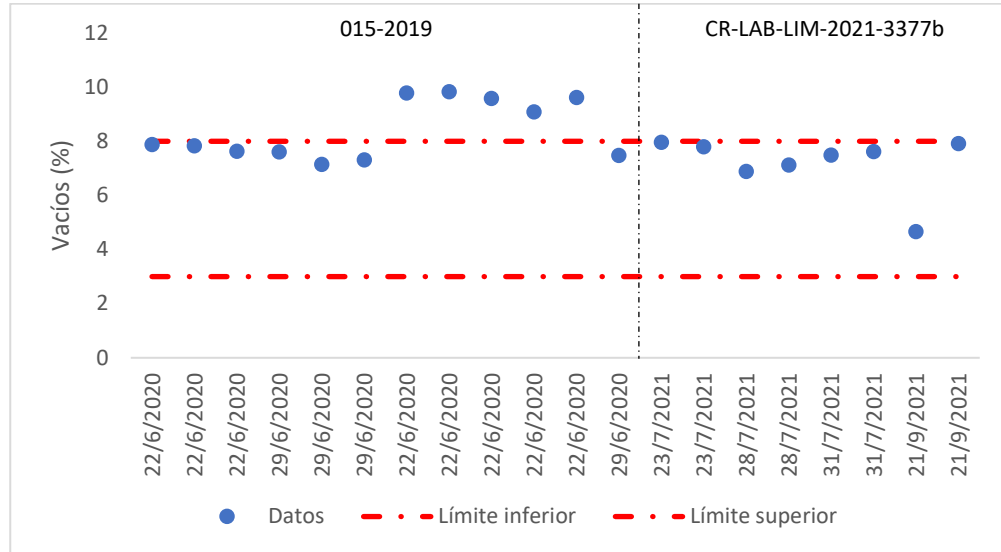


En cuanto a los vacíos en núcleos de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm, se identificaron algunos incumplimientos para la mezcla asfáltica colocada en junio de 2020 (ver Figura 24). Al determinar el factor de pago según la sección 107.05 del Cartel de Licitación, se determinó que el lote de junio de 2020 cae en la zona de rechazo. Una cantidad alta de vacíos puede generar que la mezcla sea más susceptible al desnudamiento ya que, permite el ingreso de agua con mayor facilidad. No se tiene conocimiento de las acciones tomadas por parte de la Unidad Ejecutora, con respecto a estos incumplimientos.





Figura 24. Resultados obtenidos por la Verificación para los vacíos en núcleos de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm.



- Mezcla asfáltica en caliente TMN 19 mm

Se identificaron algunos incumplimientos en el contenido de asfalto, vacíos, VFA y granulometría de las muestras tomadas por la Verificación para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 19 mm con diseño 18-786-20 (ver Figura 27, Figura 28, Figura 30 y Figura 32). Por su parte, las muestras tomadas por la Verificación para la mezcla asfáltica TMN 19 mm con diseño CR-LAB-LIM-2021-3946a muestran una tendencia a encontrarse dentro de los parámetros contractuales y lo establecido en el diseño correspondiente (ver Figura 25, Figura 26, Figura 27, Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31, Figura 32 y Figura 33).





Figura 25. Resultados obtenidos por la Verificación para la estabilidad de la mezcla asfáltica TMN 19 mm

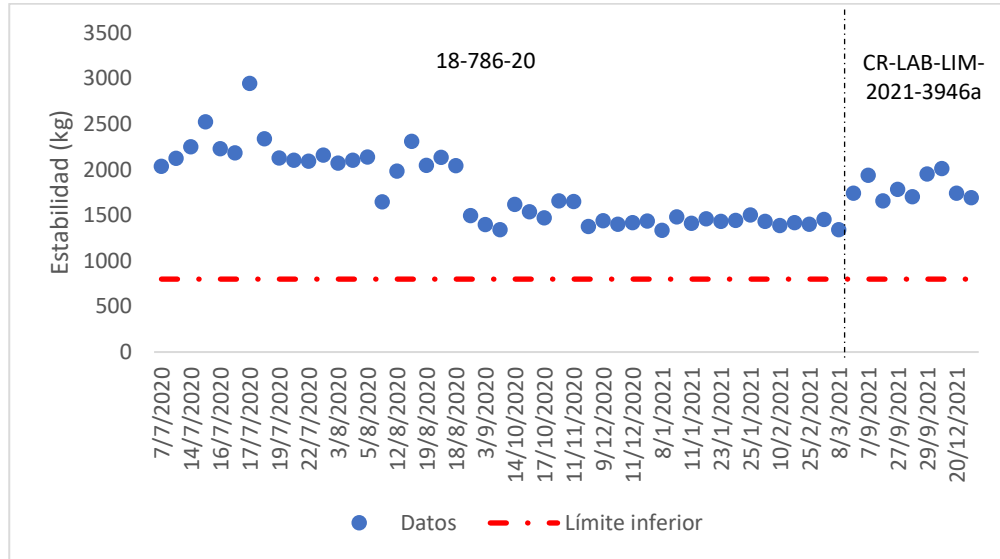


Figura 26. Resultados obtenidos por la Verificación para el flujo de la mezcla asfáltica TMN 19 mm

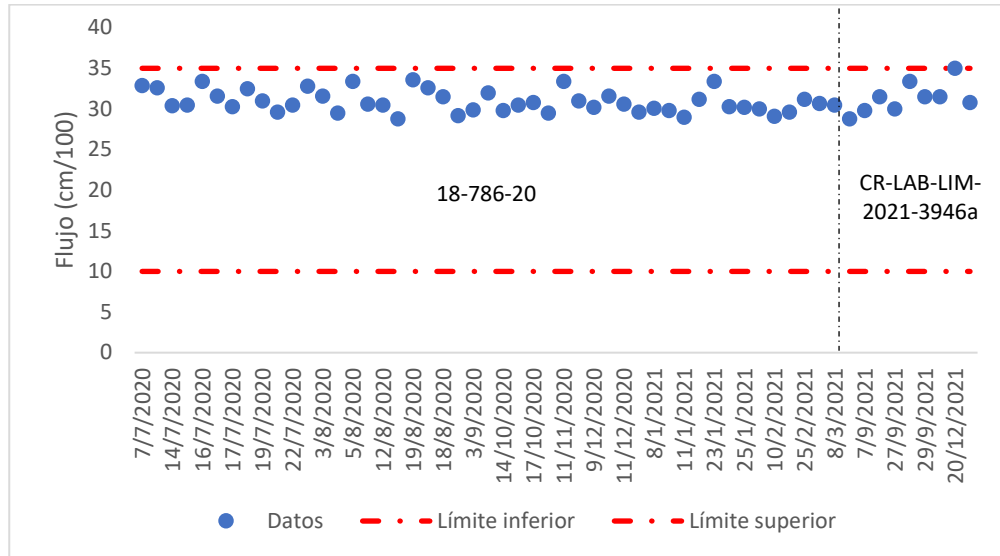




Figura 27. Resultados obtenidos por la Verificación para el contenido de asfalto de la mezcla asfáltica TMN 19 mm

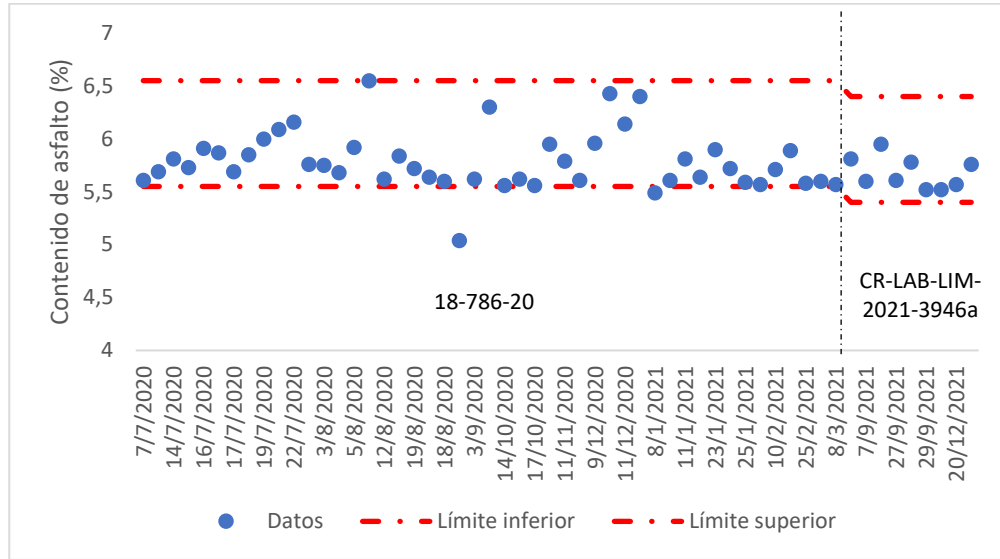


Figura 28. Resultados obtenidos por la Verificación para los vacíos de la mezcla asfáltica TMN 19 mm

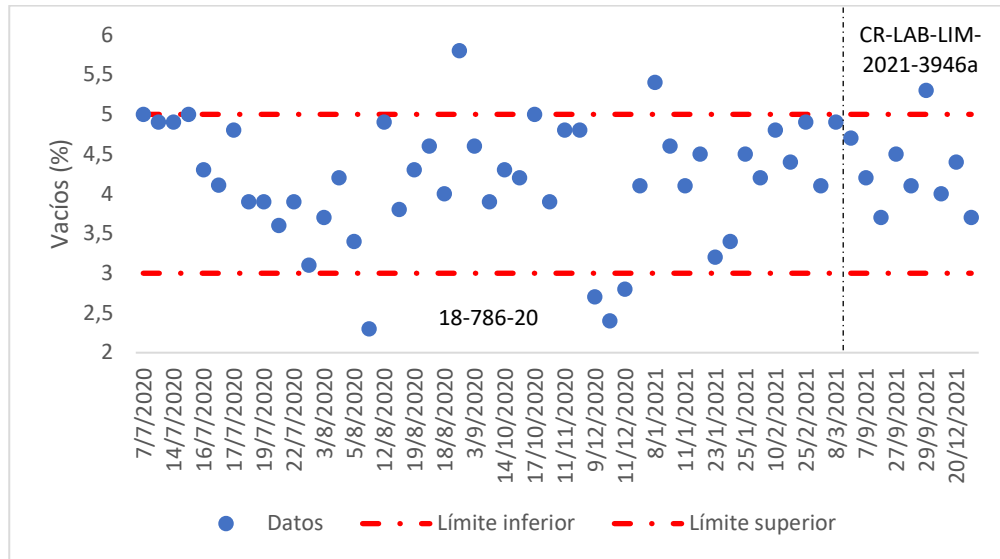




Figura 29. Resultados obtenidos por la Verificación para el VMA de la mezcla asfáltica TMN 19 mm

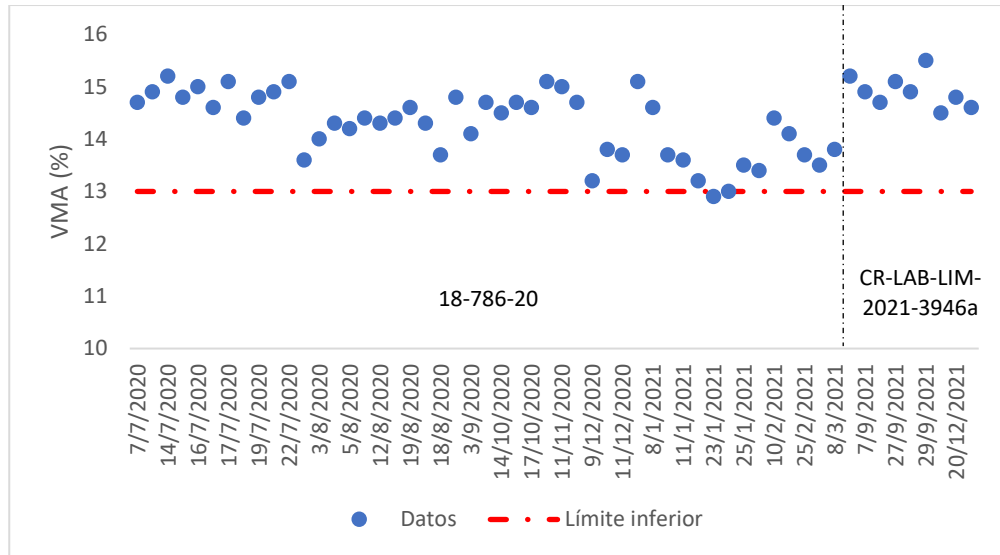


Figura 30. Resultados obtenidos por la Verificación para el VFA de la mezcla asfáltica TMN 19 mm

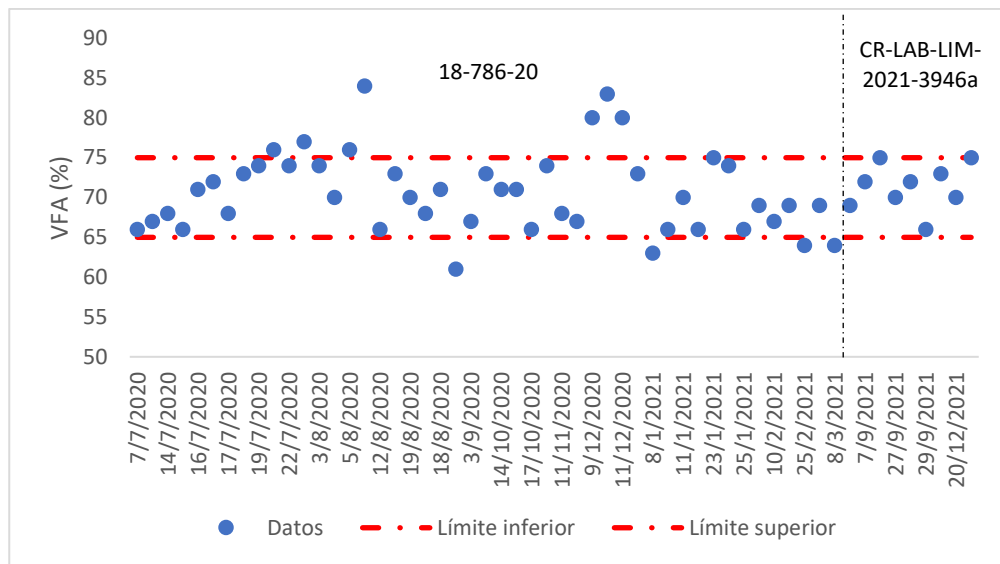




Figura 31. Resultados obtenidos por la Verificación para la razón polvo - asfalto de la mezcla asfáltica TMN 19 mm

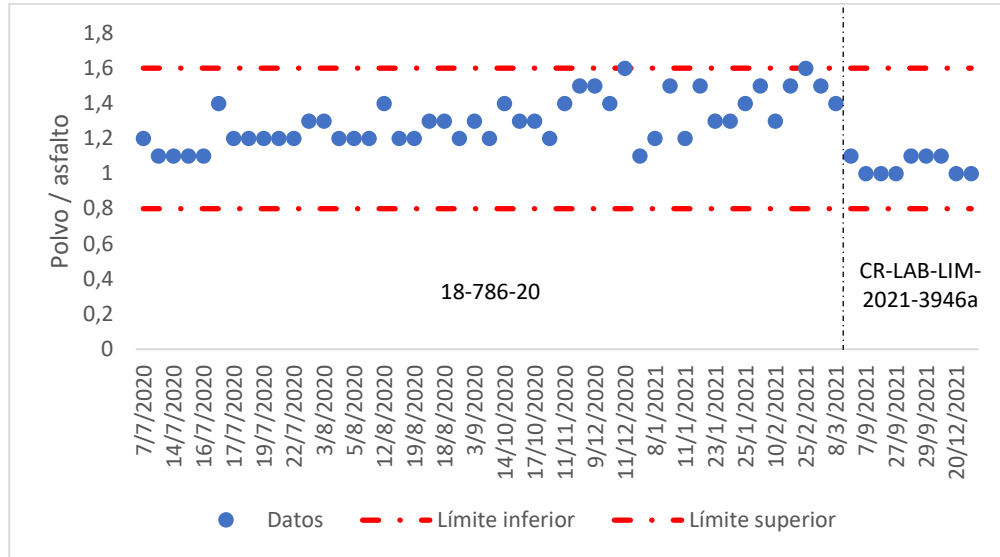


Figura 32. Resultados obtenidos por la Verificación para la granulometría de la mezcla asfáltica TMN 19 mm. Diseño: 18-786-20

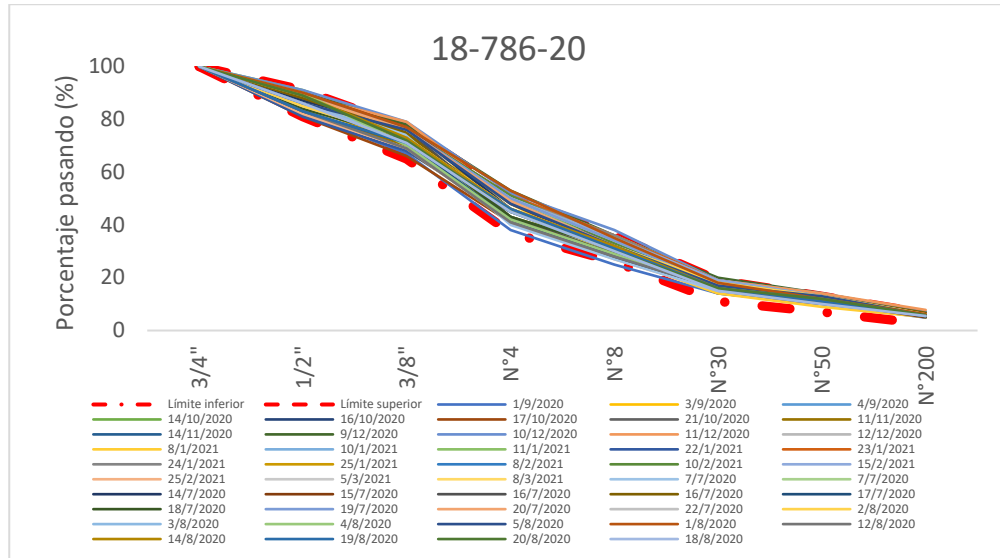
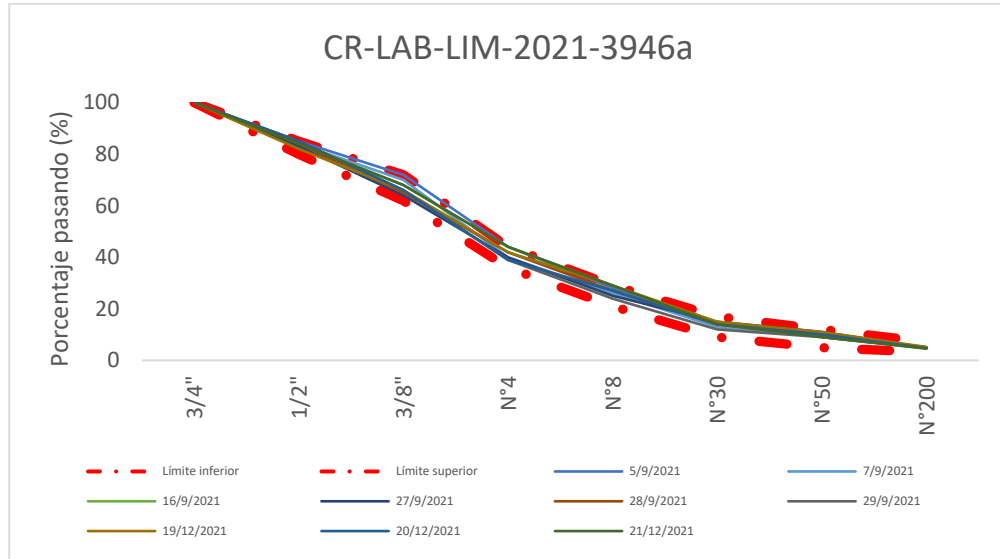


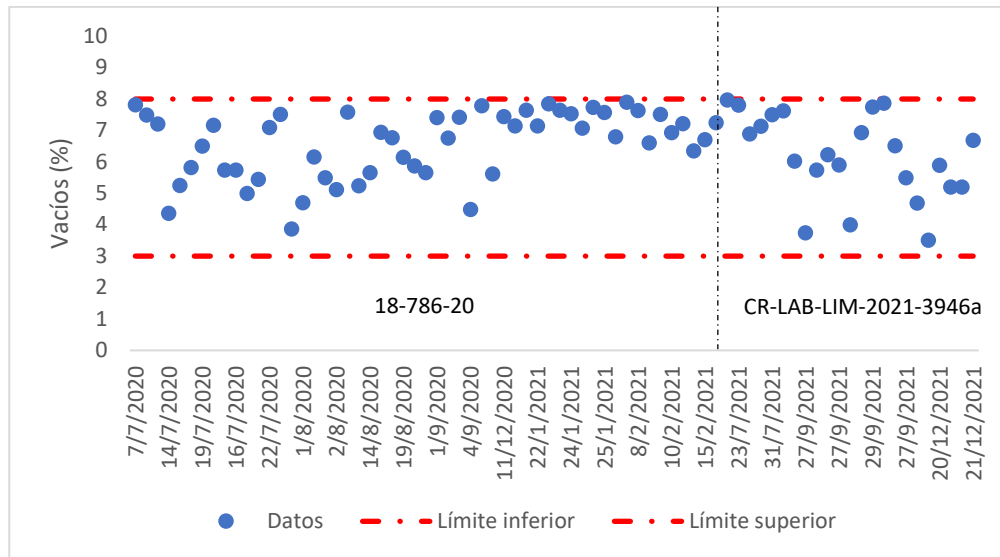


Figura 33. Resultados obtenidos por la Verificación para la granulometría de la mezcla asfáltica TMN 19 mm. Diseño: CR-LAB-LIM-2021-3946a



Los vacíos de los núcleos extraídos por la Verificación para la mezcla asfáltica TMN 19 mm muestran una tendencia a encontrarse dentro de los parámetros contractuales (ver Figura 34).

Figura 34. Resultados obtenidos por la Verificación para los vacíos en núcleos de la mezcla asfáltica TMN 19 mm



Al determinar el factor de pago según la sección 107.05 del Cartel de Licitación, los resultados obtenidos por el Equipo Auditor coinciden con los reportados en los informes del laboratorio de verificación de calidad (ver Tabla 5).





Tabla 5. Factor de pago obtenido por el Equipo Auditor según los resultados obtenidos por la Verificación para mezcla asfáltica colocada en el proyecto

Mes	Contenido de asfalto (%)	Vacíos de aire (%)	Granulometría (%)	FPQ ¹ (%)	FPC (%)	FP ² (%)
Junio 2020	100	Rechazar	Rechazar	Rechazar	Rechazar	Rechazar
Julio 2020	100	100	100	100	100	100
Agosto 2020	98	98	100	98	100	98,6 ⁴
Setiembre – octubre 2020	87	96	100	87	100 ³	90,9 ⁴
Diciembre 2020 – enero 2021	99	90	90	90	100	93 ⁴
Febrero – marzo 2021	99	100	99	99	100	99,3
Setiembre 2021	100	100	100	100	100	100

¹ Según la sección 107.05.03 del Cartel de Licitación, se debe considerar el parámetro que presente el mayor porcentaje de incumplimiento

² Según la sección 107.05.03.01 del Cartel de Licitación, $FP = 0,7 FPQ + 0,3 FPC$

³ No aplica FPC porque la cantidad de muestras es menor a 5

⁴ Hay incumplimientos en el VFA

HALLAZGO 5. LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS Y EL MÓDULO DE RUPTURA A 28 DÍAS DE LOS MUESTREOS REALIZADOS POR LA VERIFICACIÓN Y POR EL LANAMMEUCR PARA EL CONCRETO PARA PAVIMENTO MUESTRAN UNA TENDENCIA A ENCONTRARSE POR ENCIMA DEL LÍMITE CONTRACTUAL.

Los resultados obtenidos por la Verificación para la resistencia a la compresión y flexotracción a 28 días muestran una tendencia a encontrarse por encima del límite mínimo contractual (ver Figura 35 y Figura 36).

La temperatura de colocación del concreto, medida por la Verificación también muestra una tendencia a encontrarse dentro de los parámetros contractuales (ver Figura 37). Esta condición es beneficiosa para mitigar la posible aparición de agrietamientos por evaporación y contracción térmica.



Figura 35. Resultados obtenidos por la Verificación para la resistencia a la compresión del concreto para pavimento

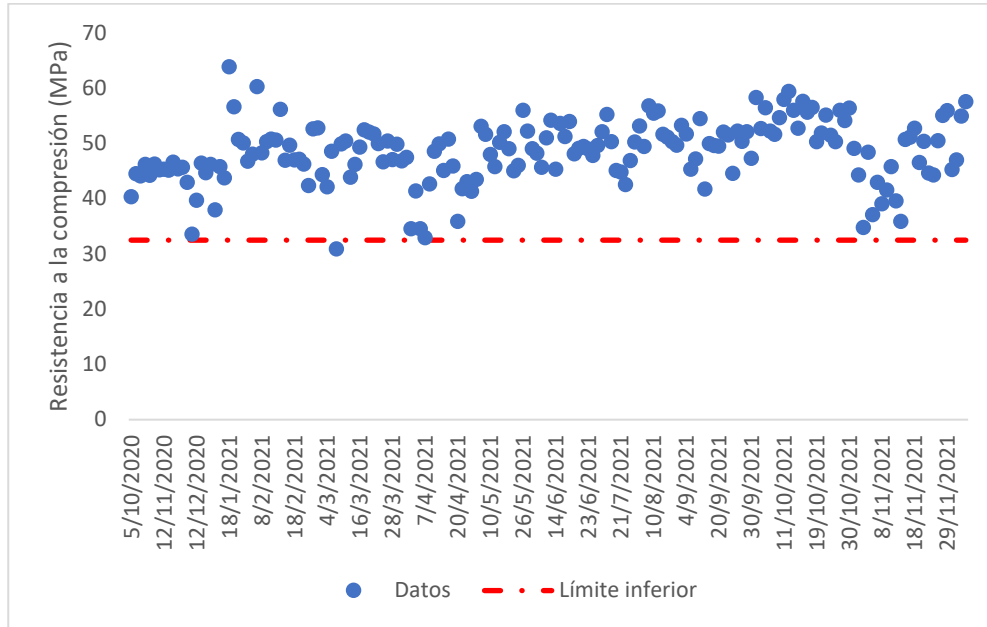


Figura 36. Resultados obtenidos por la Verificación para el módulo de ruptura del concreto para pavimento

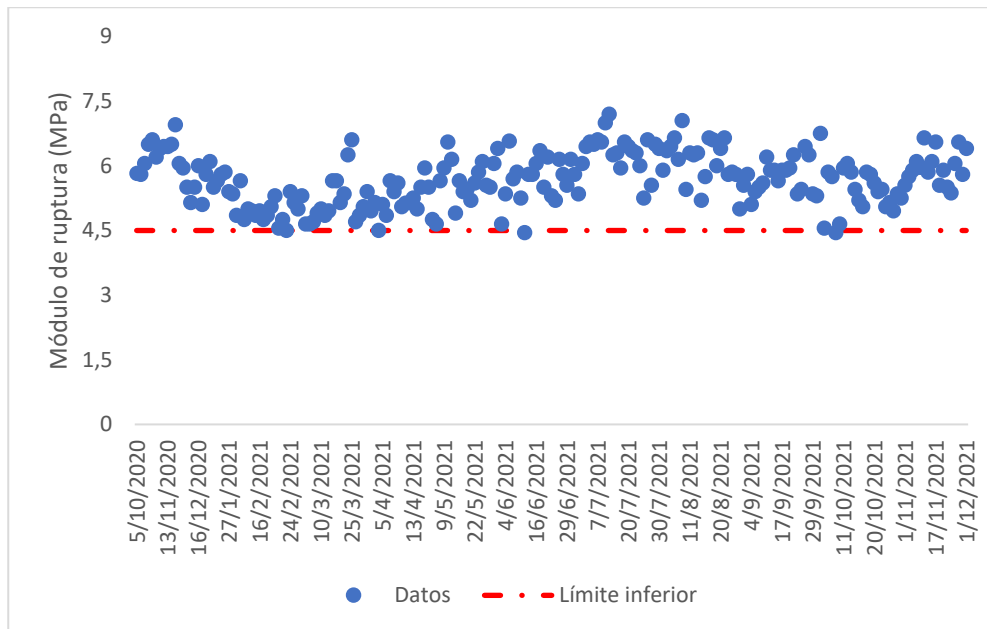
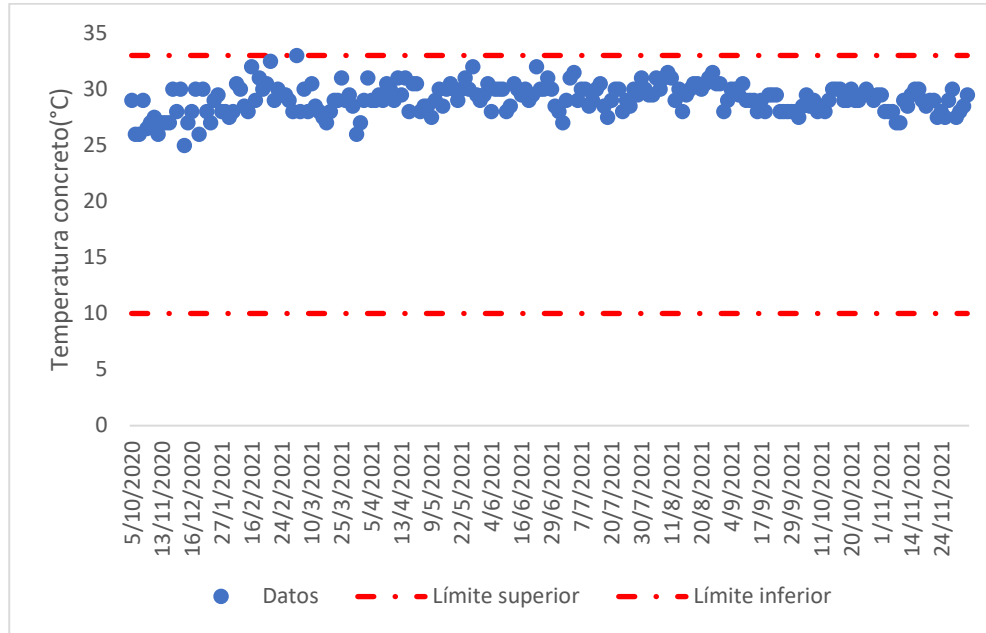




Figura 37. Resultados obtenidos por la Verificación para la temperatura de colocación del concreto para pavimento



En la Figura 38 y Figura 39, se muestran los resultados obtenidos por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión y a la flexotracción a 28 días, respectivamente. Los muestreos de pavimento de concreto hidráulico realizados por el LanammeUCR muestran una tendencia a encontrarse por encima del límite mínimo contractual.

Al igual que los resultados de la Verificación, la temperatura de colocación del concreto de los muestreos realizados por el LanammeUCR se encuentra dentro de los parámetros contractuales (ver Figura 40).



Figura 38. Comparación entre la resistencia a la compresión a 28 días de las muestras de pavimento de concreto hidráulico realizados por el LanammeUCR y la Verificación

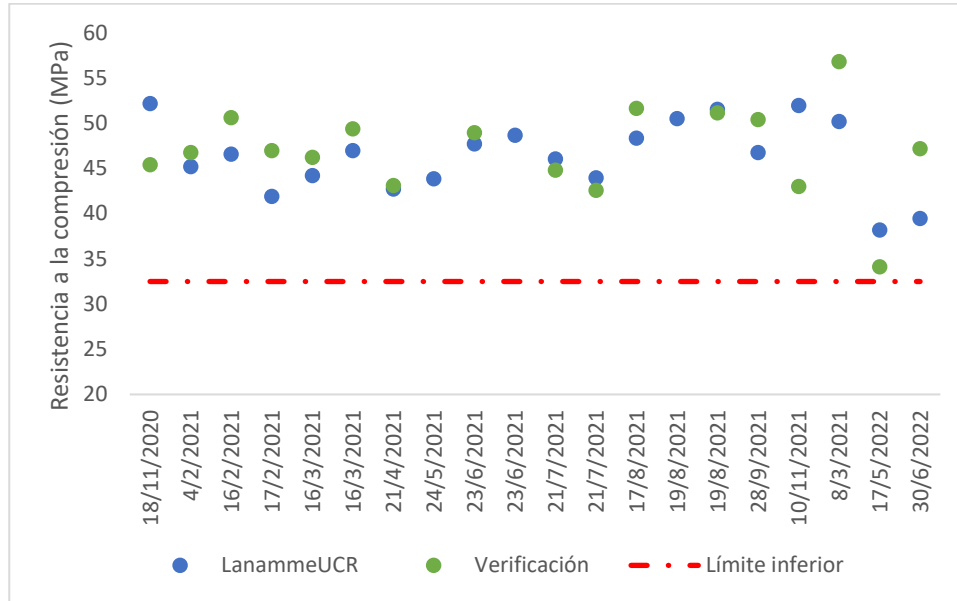


Figura 39. Comparación de la resistencia a la flexotracción a 28 días de las muestras de pavimento de concreto hidráulico realizados por el LanammeUCR y la Verificación

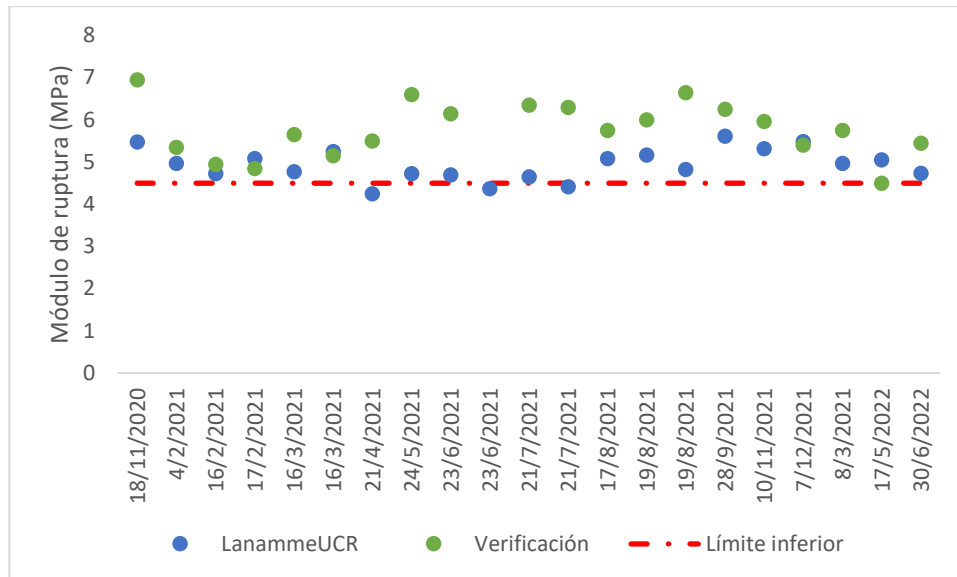
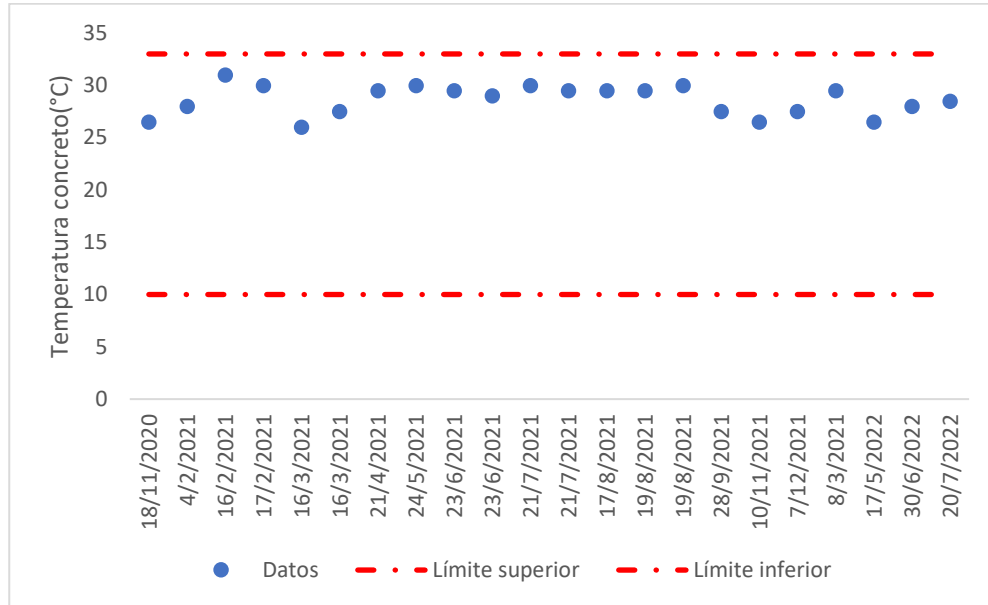




Figura 40. Temperatura de colocación de los muestreos de pavimento de concreto hidráulico realizados por el LanammeUCR



HALLAZGO 6. ALGUNOS TRAMOS DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO PRESENTAN UN ESPESOR POR DEBAJO DEL LÍMITE INFERIOR ESTABLECIDO.

Según los resultados de la Verificación, los tramos de pavimento de concreto hidráulico indicados en la Tabla 6 tienen un espesor inferior al mínimo establecido en la sección 501.4.6.2 de la Orden de Modificación No. 3 (240 mm).

Tabla 6. Tramos de pavimento de concreto hidráulico con un espesor por debajo de los límites establecidos según los resultados de la Verificación





Ubicación	Fecha de muestreo	Espesor (mm)	Notificación del incumplimiento
151+836 LD CD	11/8/2021	226	NC 151
151+880 LD CI	11/8/2021	221	NC 151
151+994 LD CD	11/8/2021	213	NC 151
151+996 LD CI	11/8/2021	226	NC 151
152+048 LD CI	11/8/2021	220	NC 151
154+096 LD CI	22/9/2021	228	NC 164
154+096 LD CI	22/9/2021	220	NC 164
154+224 LD CD	22/9/2021	232	NC 164
153+792 LD CD	1/10/2021	230	NC 174
154+532 LD CI	2/10/2021	230	NC 174
153+780 LD CD	3/10/2021	226	NC 174
153+778 LD CD	4/10/2021	224	NC 174
154+539 LI CI	5/10/2021	237	NC 174

A la fecha la Supervisora no ha aceptado las propuestas de cierre por parte del Contratista por lo que se mantienen abiertas las no conformidades según lo indicado en el oficio CR1-DI-0273-2023 del 3 de marzo del 2023.

SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO

El seguimiento de las prácticas constructivas desarrolladas en el proyecto, se realizó mediante visitas periódicas al sitio, en el periodo comprendido entre los meses de junio 2020 y diciembre de 2022.

Es importante tener presente, que este tipo de observaciones se fundamentan en normativas o especificaciones que no son 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.

OBSERVACIÓN 1. SE EVIDENCIARON ALGUNAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS INADECUADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO DEL CONCRETO. SIN EMBARGO, ALGUNAS DE ESTAS PRÁCTICAS SE CORRIGIERON EN EL TRANCURSO DEL PROYECTO.

En la Tabla 7, se muestran las visitas realizadas por el Equipo Auditor para observar las prácticas constructivas desarrolladas durante la construcción del pavimento de concreto hidráulico. Durante estas visitas se observaron las prácticas empleadas en la construcción de espaldones, tercer carril y losa principal (colocación manual y colocación con pavimentadora).





Tabla 7. Visitas realizadas por el Equipo Auditor a los frentes de colocación de pavimento de concreto hidráulico

Fecha	Ubicación
17/02/2021	160+908 - 161+108 LD
14/04/2021	0+638 LD Intercambio Limonal
28/04/2021	148+844 - 148+984 LD
27/05/2021	165+404 - 165+656 LD
23/06/2021	164+056 LD
30/07/2021	151+000 LI
17/08/2021	153+300 LD
30/08/2021	153+736 - 154+008 LD
14/09/2021	154+226 LD
28/09/2021	154+440 - 154+620 LD
13/10/2021	148+248 - 148+532 LI
27/10/2021	149+244 - 149+416 LI
25/11/2021	161+300 LI
07/12/2021	159+970 LI y 162+500 LI
08/03/2022	146+500 LD
24/03/2022	145+500 LI
20/04/2022	161+900 LI

Durante algunas de las visitas realizadas por el Equipo Auditor, se midieron las condiciones meteorológicas para verificar el cumplimiento de la sección 501.4 de la Orden de modificación N°3 (ver Tabla 8). Como se puede observar en la Tabla 9, las mediciones realizadas por el Equipo Auditor se encuentran dentro de los límites establecidos en la sección 501.4 de la Orden de modificación N°3, por lo que la colocación de concreto se realizó en condiciones aptas para mitigar la aparición de agrietamientos por temperatura y evaporación superficial.

Tabla 8. Límites para las condiciones meteorológicas según la sección 501.4 de la OM3

Parámetro	Límites
Temperatura aire	10 – 33 °C
Humedad relativa	superior a 50%
Velocidad del viento	inferior a 25 km/h
Temperatura del concreto	máximo 33°C
Tasa evaporación	1,50 kg/m ² *h





Tabla 9. Condiciones meteorológicas medidas por el Equipo Auditor en los frentes de colocación de pavimento de concreto hidráulico

Fecha	Ubicación	Temperatura aire (°C)	Humedad relativa (%)	Temperatura Concreto ¹ (°C)	Velocidad viento (km/h)	Tasa evaporación (kg/m ² *h)
17/02/2021	160+908 - 161+108 LD	27,4	60,8	31,0	-	-
28/04/2021	148+844 - 148+984 LD	28,4	69,6	28,5	3,1	0,2
30/07/2021	151+000 LI	25,3	85,3	-	4,3	-
17/08/2021	153+300 LD	27,6	78,0	29,5	0,0	0,2
30/08/2021	153+736 - 154+008 LD	25,2	85,5	30,5	2,9	0,2
14/09/2021	154+226 LD	26,6	87,9	-	0,0	-
28/09/2021	154+440 - 154+620 LD	24,4	84,0	28,0	5,2	0,3
27/10/2021	149+244 - 149+416 LI	26,6	86,0	28,5	8,9	0,3
25/11/2021	161+300 LI	26,9	66,9	28,5	6,9	0,4
07/12/2021	159+970 LI y 162+500 LI	28,0	64,6	28,0	14,6	0,6

¹Se obtuvo de los muestreos de la Verificación
(-) No se cuenta con el dato

Durante las visitas realizadas por el Equipo Auditor, se observaron las siguientes oportunidades de mejora en las prácticas constructivas realizadas y en el acabado de la losa de concreto construida:

- Humedecimiento de la base estabilizada

Durante la visita realizada el día 30 de agosto de 2021, se observó que no se estaba humedeciendo la superficie previa a la colocación del concreto para pavimento (ver Figura 41), contrario a lo establecido en la sección 501.4.5 de la Orden de modificación N°3:

"[...] Sobre la superficie aprobada para colocación de la mezcla de concreto se deberá aplicar un riego de agua para humedecerla, esto en caso de que esta no esté cubierta con una capa de material impermeabilizante (imprimación asfáltica o pavimento existente). La superficie sobre la que se coloca el pavimento de concreto deberá estar en una condición saturada que impida la absorción de agua de la mezcla que se coloque sobre ella". Figura 41. Acondicionamiento inadecuado de la superficie previo a la colocación del concreto para pavimento. Estacionamiento: 153+736 - 154+008 LD. Fecha: 30/08/2021



Esta situación fue alertada a la Supervisión en la reunión celebrada el 11 de octubre de 2021.

La Supervisión observó situaciones similares entre los estacionamientos 146+872 – 146+880 LD y 146+272 – 146+280 LI, por lo que emitió la No conformidad N°218 (de fecha 21/03/2022). Esta No conformidad fue cerrada por la Supervisión debido a que no se detectaron anomalías ni situaciones similares en posteriores colocaciones. Se debe indicar, que esto es consecuente con las visitas posteriores del Equipo Auditor, en las cuales se observó el acondicionamiento adecuado de la superficie previa a la pavimentación.

- Suministro de concreto

Durante la visita realizada el 30 de agosto de 2021, se observó un suministro de concreto lento en la alimentación de la máquina pavimentadora. Esta condición ocasionó interrupciones constantes al proceso de pavimentación (ver Tabla 10), incumpliendo lo establecido en la sección 501.4.4 de la Orden de modificación N°3:

“El contratista deberá proveer suficiente número de camiones transportadores de tal manera que se asegure un suministro de mezcla de concreto continuo y uniforme hasta el frente de colocación. Tanto la planta, como el número de camiones deberán suministrar el concreto necesario para garantizar que la pavimentadora no se detenga en la colocación del pavimento. El Ingeniero o su representante ordenarán la suspensión de los trabajos de colocación si el suministro de concreto es errático y la pavimentadora debe detener su avance en más de tres ocasiones en una hora de trabajo”.



Tabla 10. Ciclo de pavimentación registrado el 30 de agosto de 2021 por el Equipo Auditor.
Estacionamiento: 153+736 - 154+008 LD

Hora	Descripción
10:10 pm	Inicia pavimentación
10:10 pm – 10:12 pm	Pavimentación
10:12 pm – 10:14 pm	Parada (2 min)
10:14 pm – 10:17 pm	Pavimentación
10:17 pm – 10:22 pm	Parada (5 min)
10:22 pm – 10:51 pm	Pavimentación
10:51 pm – 11:07 pm	Parada (16 min)
11:07 pm – 11:09 pm	Pavimentación
11:09 pm – 11:25 pm	Parada (16 min)
11:25 pm – 11:37 pm	Pavimentación
11:37 pm – 11:54 pm	Parada (17 min)
11:54 pm – 12:05 am	Pavimentación
12:05 am – 12:20 am	Parada (15 min)

Los problemas en el suministro del concreto generaron la pérdida de consistencia del concreto y posibles afecciones a la regularidad superficial del pavimento construido.

Esta situación fue alertada a la Supervisión en la reunión celebrada el 11 de octubre de 2021.

La Supervisión identificó situaciones similares y emitió las No conformidades N°138 (164+268 - 164+348 LI), N°141 (164+940 LD y 165+656 LD) y N°197 (152+200 - 152+300 LI). Estas No conformidades fueron cerradas luego de que la Supervisora revisara mediante deflectometría, evaluación de la regularidad y extracción de núcleos que las secciones cumplen con los requisitos contractuales.

- Formaleta para la colocación manual de concreto para pavimento

Durante las visitas realizadas los días 14/04/2021, 28/04/2021, 23/06/2021, 30/07/2021 y 28/09/2021, se observó que en los trabajos de colocación manual de concreto para pavimento se utilizó una formaleta de menor tamaño que el espesor del pavimento, por lo en que ciertas secciones no existía un contacto entre los moldes de formaleta y la superficie de apoyo lo que provocó que el concreto se filtrara por estos espacios (ver Figura 44).

Esta situación no satisface lo establecido en la sección 501.4.6.3 de la Orden de modificación N°3:

*Los moldes (guías laterales) deberán ser fabricados con piezas de encofrado comerciales en perfecto estado y con los elementos que garanticen su estabilidad durante la ejecución del colado del concreto, la longitud de los encofrados no será menor de la longitud de los tableros del pavimento. **Serán de una sola pieza y tendrán una altura igual a la del espesor del pavimento.** El contratista deberá asegurar que los moldes mantienen su integridad y posición durante las labores de colocación de concreto. Además, deben de ser rectos, libres de pandeos o deformaciones. [...]*





[...] **Los moldes estarán conectados entre sí y en contacto con la superficie de apoyo en toda su longitud y ancho.** (lo destacado no es del texto original)

Esta situación fue alertada a la Supervisión en la reunión celebrada el 11 de octubre de 2021.

La Supervisión evidenció una situación similar entre los estacionamientos 166+128 y 166+188 y emitió la No conformidad N°169 (de fecha 13/10/2021).

A partir de la gira realizada el 27/10/2021 se observó que esta situación fue solventada.

Figura 42. Espacio entre los moldes de formaleta y la superficie de apoyo y filtración de concreto en los trabajos de colocación manual de concreto para pavimento



- Texturizado

A partir de la gira realizada el 18 de enero de 2021 al proyecto, se identificaron tramos de pavimento con un ranurado deficiente (ver Figura 45). Es criterio del Equipo Auditor que estas deficiencias en el ranurado de las losas pueden aumentar el riesgo de accidentabilidad cuando el proyecto entre en operación, pues el agarre superficial de la superficie de ruedo no es el apropiado.

Esta situación fue alertada mediante el oficio LM-IC-D-0080-2021 (de fecha 27/01/2021), sin embargo, fue una situación reiterativa a lo largo de todo el proyecto.

En el oficio de respuesta DM-2021-2125 (de fecha 15/02/2021), la Administración indica que la Supervisión tiene identificadas estas deficiencias constructivas y que fueron notificadas al Contratista para su reparación.

La Supervisión identificó condiciones similares y emitió las No conformidades N°154 (153+560 - 153+576 LI), N°157 (146+350 - 146+364, 153+276 - 153+292, 153+708 - 153+736 y 154+156 - 154+192), N°185 (151+604 - 151+668 LI y 152+312 - 151+392 LD), N°199 (162+624 - 162+624 LI)





162+716 LI), N°217 (0+332 - 0+352 eje 45) y N°234 (158+420 - 158+488 LD, 159+508 - 159+588 LD y 160+772 - 160+784 LD).

A la fecha todas estas no conformidades, han sido cerradas, excepto la NC 234 ya que, con la técnica de re texturizado, indica la Supervisora que se mantiene la no conformidad. Debido a esto, se está a la espera de una intervención por parte del Contratista para el cierre de la misma.

Figura 43. Texturizado deficiente en algunas losas de la superficie de rodamiento en las cercanías del río San Miguel. Estacionamiento: 160+000. Fecha de las fotografías: 18/01/2021



Ante esta condición, el 23 de marzo de 2021, el LanammeUCR realizó mediciones del agarre superficial (mediante el parámetro Grip Number) en las losas de concreto construidas entre los estacionamientos 159+370 - 163+610 en sentido Limonal – Cañas (dos carriles). Esto con la intención de conocer, previo a la recepción definitiva, el acabado y desempeño inicial de las losas, según el proceso constructivo que se había llevado a cabo hasta el momento en el proyecto y, de ser requerido, alertar a la Administración para instar al Contratista a tomar medidas correctivas oportunamente.

En la Figura 46 y la Figura 47, se muestran los resultados obtenidos cada 50 m para el parámetro Grip Number (GN) en los carriles evaluados. Es importante señalar que este parámetro no es de orden contractual, pero es usado para la Evaluación de la Red Vial Nacional, para definir la capacidad de agarre con la que cuentan los pavimentos por lo cual representa un parámetro de referencia para la medición de la fricción superficial. En línea punteada color rojo, se señala el valor mínimo recomendado por la norma de ensayo BS 7941-2 – norma de ensayo para medir la resistencia al deslizamiento de una superficie haciendo uso de un dispositivo Griptester – para una autopista (GN = 0,48). En el carril externo, el 50% de los tramos de 50 m evaluados tienen un valor de Grip Number menor al nivel de alerta indicado en la norma de ensayo (ver Figura 46). En el carril interno, el 25% de los tramos evaluados tienen un agarre superficial menor al





mínimo recomendado por la norma de ensayo (ver Figura 47).Figura 44. Resultados del agarre superficial medidos en el carril externo sentido Limonal – Cañas. Estacionamientos: 159+370 - 163+610

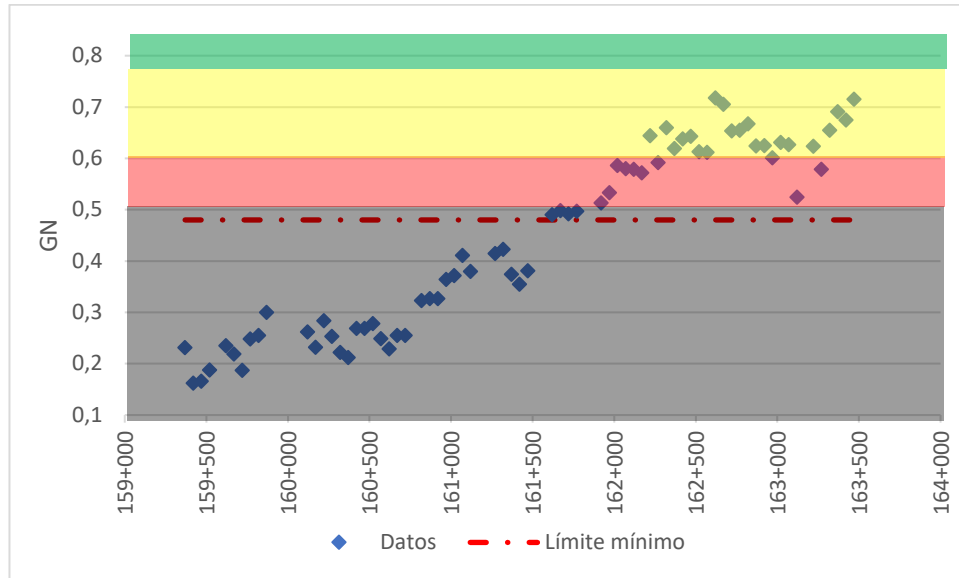
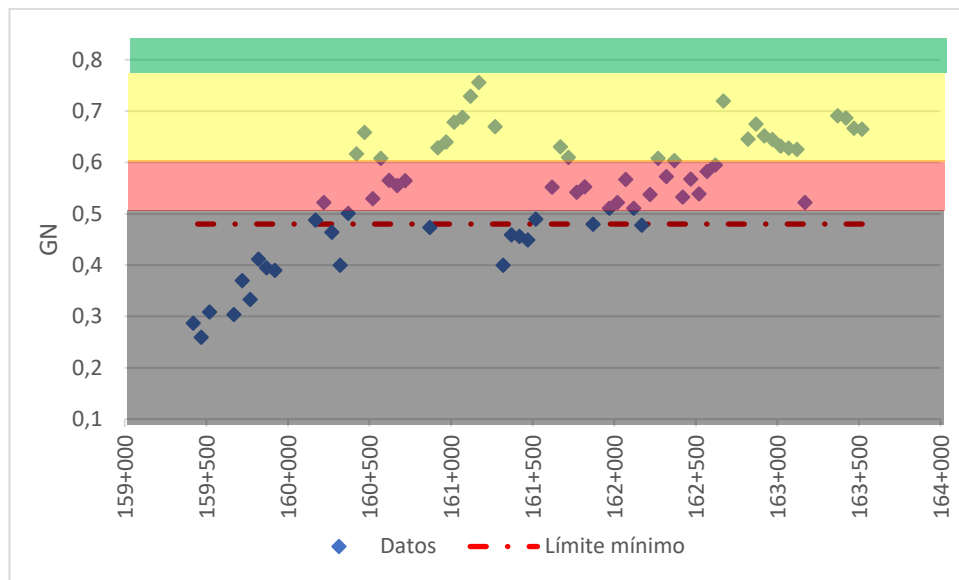


Figura 45. Resultados del agarre superficial medidos en el carril interno sentido Limonal – Cañas. Estacionamientos: 159+370 - 163+610



La condición del agarre superficial de cada tramo evaluado también se categorizó según la clasificación establecida en los informes de evaluación de la red vial nacional que publica el LanammeUCR bianualmente. En la Figura 48, se muestra la clasificación utilizada. Los tramos con una condición de agarre superficial mala o regular se caracterizan por tener una superficie deslizante y una alta probabilidad de accidentabilidad.





Figura 46. Clasificación de la condición de la superficie según el valor de Grip Number

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

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

En la Figura 46 y Figura 47, presentadas previamente, se señala con cuadros de colores (según la clasificación mostrada en la Figura 48) la condición de la superficie para cada tramo evaluado. De los tramos evaluados en el carril externo, el 56% tiene una condición de agarre superficial mala, 13% una condición regular y 31% una condición buena (ver Figura 46). Por su parte, el 30% de los tramos evaluados en el carril interno tienen una condición mala, 31% una condición regular y 39% una condición buena (ver Figura 47).

Mediante el oficio LM-IC-D0080-2021 (de fecha 27/01/2021), se había comunicado que algunas de las losas ubicadas en este tramo tenían un ranurado deficiente, lo cual puede ser uno de los motivos por los cuales se observan valores de Grip Number bajos entre los estacionamientos 159+300 y 161+500, respecto a los obtenidos en el resto del tramo evaluado.

Estos resultados se comunicaron a la Administración mediante el oficio LM-EIC-D-0384-2021 (de fecha 12/05/2021). Mediante el oficio DM-2021-2598 del 31 de marzo de 2021 se recibió respuesta por parte de la Unidad Asesora Comité de Administración y Supervisión PIT y PIV-APP, indicando que se notificó al Contratista la preocupación sobre el proceso constructivo y sus efectos en la calidad final e incidencia en el IRI y GRIP, dando como resultado la modificación de aditivos utilizados y la incorporación de nuevo personal calificado para mejorar la calidad del pavimento. Además, indica que se tomaron algunas medidas adicionales tales como la implementación de horario nocturno, mejora de producción, diseño de mezcla y tiempos de descarga de concreto, reducción de paradas de la pavimentadora y la intervención de técnicos especializados de la pavimentadora. Por lo tanto, la Supervisión estimó que se notificó oportunamente al Contratista sobre este hallazgo y solicitó un protocolo de reparación del tramo entre las estaciones 159+370 y 163+610, pero se está a la espera de la intervención del contratista.

- Desgaste superficial prematuro





Durante la visita realizada el 15 de abril de 2021, se observó un desgaste prematuro en la superficie de ruedo en las cercanías de los reductores de velocidad colocados en el proyecto como parte del manejo temporal de tránsito (ver Figura 49). Adicionalmente, se observó que, producto del desgaste en estas zonas puntuales, los agregados finos de origen calcáreo quedaron expuestos (ver Figura 50). Los agregados calizos se caracterizan por ser pulimentables y generan una superficie de ruedo muy deslizante.

Si bien los desgates observados son puntuales y posiblemente se deben al desgaste que generan los vehículos al frenar antes de los reductores de velocidad, este tipo de deterioros prematuros comprometen la seguridad de los usuarios de la vía.

Figura 47. Desgaste de la superficie de ruedo en algunas losas en las cercanías de los reductores de velocidad. Estacionamientos: (a) 159+500 (b) 159+900. Fecha de las fotografías: 15/04/2021



(a)

(b)

Figura 48. Agregado calizo expuesto en algunas losas en las cercanías de los reductores de velocidad colocados. Estacionamientos: (a) 161+000 (b) 161+300. Fecha de las fotografías: 15/04/2021





Esta condición fue alertada a la Administración mediante el oficio LM-EIC-D-0384-2021 (de fecha 12/05/2022).

Ante esta situación, el 24 de febrero de 2022, el LanammeUCR realizó mediciones con el péndulo inglés en el proyecto para determinar si el desgaste prematuro afectó la resistencia al deslizamiento en estas zonas puntuales. Cabe aclarar que, al igual que el ensayo de Grip Tester, el ensayo de Péndulo Inglés, no tiene origen contractual, sin embargo, representa un ensayo que permite conocer la resistencia al deslizamiento del pavimento que influye en la seguridad de los usuarios a la hora de transitar por la ruta.

Según la anterior aclaración, para obtener un valor de referencia de la resistencia al deslizamiento promedio del proyecto, se realizaron mediciones con el péndulo inglés de forma aleatoria cada 2 km, aproximadamente (10 puntos de muestreo aleatorio).

Así mismo, se seleccionaron 3 puntos de muestreo de manera arbitraria para evaluar las condiciones adversas (texturizado deficiente, desgaste superficial) que se habían identificado.

En la Figura 51, se muestra la distribución espacial de los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en el proyecto.

Figura 49. Distribución espacial del valor del ensayo del péndulo para las mediciones realizadas



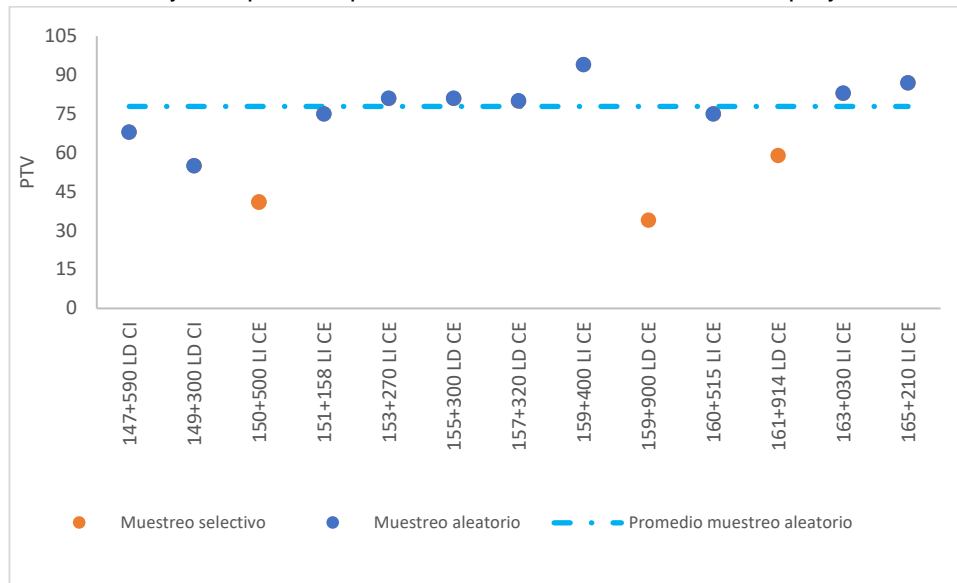
Como se puede observar en la Figura 52, el valor del ensayo del péndulo (PTV) obtenido en los tramos con condiciones adversas (muestreo selectivo) es inferior al promedio del PTV obtenido en las mediciones realizadas de manera aleatoria. Este resultado sugiere que el desgaste prematuro identificado perjudica la resistencia al deslizamiento del pavimento y compromete la seguridad vial de los usuarios de la vía.

Los resultados de este ensayo fueron informados a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-300-2022 (de fecha 01/04/2022).

En el oficio de respuesta DM-2022-1615 (de fecha 20/04/2022), la Administración adjunta el oficio 0211-2022 (de fecha 18/04/2022), donde la Supervisión indica que los tres puntos del muestreo selectivo que se realizó se evaluaron en condiciones que no son representativas del pavimento en condiciones normales, pues se realizaron en sectores cercanos a reductores de velocidad, donde la aceleración y frenado de los vehículos afectan la adherencia superficial.

Lo expuesto por la Supervisión es compartido por el Equipo Auditor, ya que se considera que la presencia de los reductores de velocidad ocasionó un desgaste prematuro del pavimento en estos sectores y es precisamente lo que se buscaba evidenciar con este ensayo. Por lo que, se considera que esta condición representa un deterioro prematuro que debe ser atendido previo a la apertura del proyecto, pues compromete la seguridad de los usuarios.

Figura 50. Valor del ensayo del péndulo para las mediciones realizadas en el proyecto



OBSERVACIÓN 2. SE IDENTIFICARON ALGUNOS DETERIOROS EN LAS LOSAS DE PAVIMENTO DE CONCRETO CONSTRUIDAS. NO OBSTANTE, SE REALIZARON PROCESOS DE REPARACIÓN PARA ESTOS DETERIOROS.

Durante las visitas realizadas por el Equipo Auditor se identificaron algunos deterioros en las losas de pavimento de concreto hidráulico construidas. En las siguientes figuras se muestran algunos de los deterioros evidenciados por el Equipo Auditor. Figura 51. Extensión del corte de las losas de los espaldones en las losas del tronco principal. Fecha de la fotografía: 18/01/2021

Figura 52. Agrietamiento lineal





Figura 53. Agrietamiento lineal. Estacionamientos: (a)146+800, carril interno y externo, lado izquierdo (b) 162+996, carril externo, lado derecho. Fecha de las fotografías: 19/04/2022



Figura 54. Desgaste, agrietamiento lineal y núcleo sin rellenar. Estacionamiento: 150+508, carril interno, lado izquierdo. Fecha de las fotografías: 19/04/2022





Figura 55. Agrietamiento lineal con aparente pérdida de soporte. Estacionamiento: 160+624, carril externo e interno, lado derecho. Fecha de la fotografía: 19/04/2022

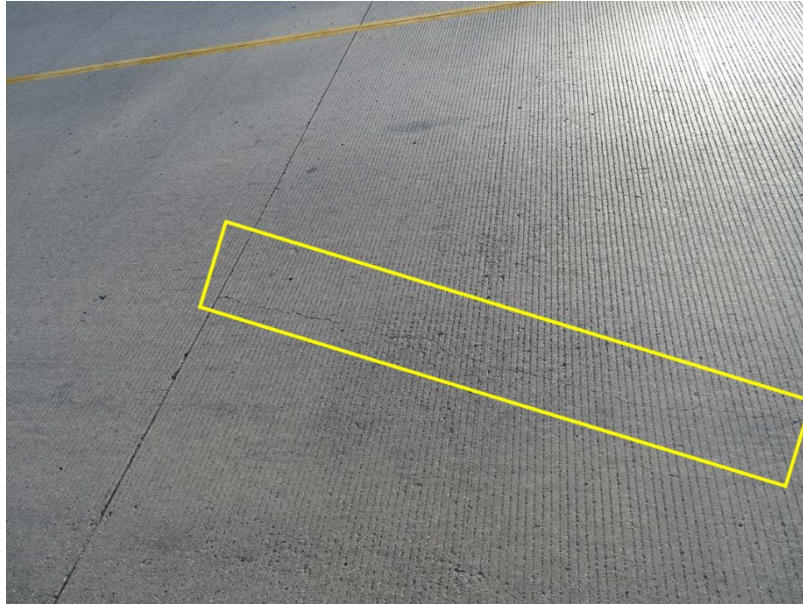
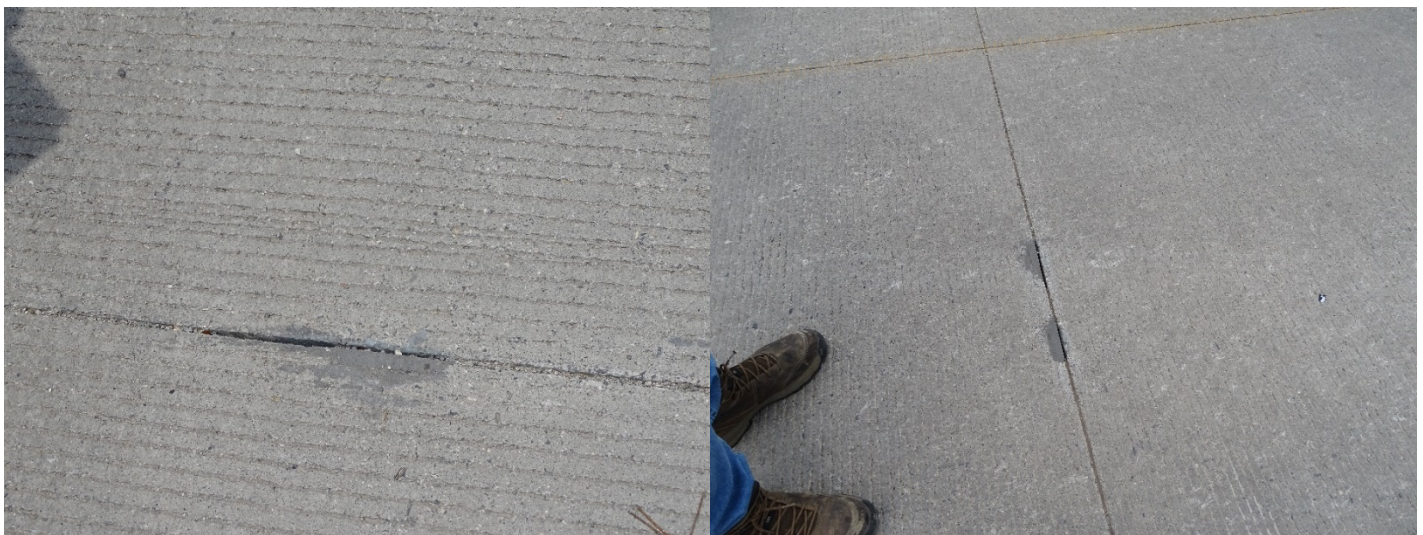


Figura 56. Daño en el sello por reparación de junta. Estacionamientos: (a) 147+404, carril interno, lado derecho (b) 148+004, carril interno, lado derecho. Fecha de las fotografías: 19/04/2022



(a)

(b)



Figura 57. Agrietamiento por contracción. Estacionamiento: 149+800 – 149+828, carril interno y externo, lado derecho. Fecha de la fotografía: 19/04/2022



Figura 58. Fractura de junta. Estacionamiento: (a) 156+404, carril externo, lado izquierdo (b) 158+316, carril interno, lado derecho. Fecha de las fotografías: 19/04/2022



(a)

(b)



Figura 59. Desnivel de hasta 1 cm. Estacionamientos: (a) 164+200, carril externo, lado izquierdo (b) 146+228, carril externo, lado derecho. Fecha de las fotografías: 19/04/2022



(a)



(b)





Figura 60. Crecimiento de vegetación en las juntas por falta de sellado. Estacionamiento: (a) 149+000 (b) 149+000 (c) 150+550 (d) 153+800



(a)



(b)



(c)



(d)



Figura 61. Fractura de esquina. Estacionamiento: 163+012, carril interno, lado izquierdo. Fecha de la fotografía: 19/04/2022



Adicionalmente a las visitas realizadas para evidenciar los deterioros observados el Equipo Auditor, realizó una auscultación visual del pavimento construido los días 19 y 20 de abril de 2022, en las que se evaluaron un total de 35 unidades de muestreo de 28 losas cada una y con una frecuencia de 600 m.

El análisis del Índice de Condición Superficial (PCI) se realizó siguiendo la metodología expuesta en la norma ASTM D6433 y en el Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica.

En el Anexo 1, se muestran los resultados obtenidos para cada unidad de muestreo evaluada y el resultado del PCI determinado para el pavimento del proyecto (95,2). Según la evaluación realizada y el rango de calificaciones de la norma ASTM D6433, el pavimento del proyecto tiene una condición buena.

Resultando que la unidad de muestreo 9 (150+500 y 150+528) fue en la que se identificaron más deterioros y fue la que obtuvo el PCI más bajo (79,0).

Se debe mencionar que la unidad de muestreo 9, coincide con los tramos de prueba de la losa de pavimento construidos en el proyecto. Estos tramos de prueba se realizaron en horas de la mañana, cuando la tasa de evaporación es más alta, y por ello era de esperar mayores agrietamientos.

Los resultados de esta evaluación se comunicaron a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-554-2022 (de fecha 24/06/2022).

En el oficio de respuesta DM-2022-3270 (de fecha 18/07/2022), la Administración adjunta el oficio CR1-DI-0903-2022 (de fecha 13/07/2022), donde la Supervisión indica:





- Se están realizando procedimientos de reparación para las losas de pavimento rígido con deterioros.
- Se instruyó al Contratista a instalar el sello de juntas en todas aquellas secciones de la losa de pavimento construida que aún no se ha colocado el sello, donde evidentemente hay vegetación presente y filtración de aguas por las juntas del pavimento sin sello productos de las lluvias.
- Se instruyó al Contratista a tapar todas aquellas perforaciones de extracción de núcleos que no habían sido rellenadas.

A partir de la visita realizada el 18 de mayo de 2022, se observó que se realizan trabajos de reparación de fracturas de esquina y juntas, sellado de grietas y demolición y sustitución de losas para mejorar la condición final del pavimento (ver Figura 63, Figura 64 y Figura 65). También se han realizado trabajos para corregir la regularidad superficial del pavimento (ver Figura 66).

Figura 62. Reparación de fractura de junta. Estacionamiento: 156+000, lado derecho. Fecha de la fotografía: 18/05/2022





Figura 63. Sellado de grietas. Estacionamiento: 160+300, tercer carril, lado izquierdo. Fecha de la fotografía: 18/05/2022



Figura 64. Demolición de losa de pavimento de concreto. Estacionamiento: 160+600, lado izquierdo. Fecha de la fotografía: 18/05/2022





Figura 65. Cepillado del pavimento para corrección de la regularidad superficial. Estacionamiento: 148+300, lado derecho. Fecha de la fotografía: 22/07/2022



Finalmente, es importante destacar que muchos de los deterioros evidenciados en las fotografías anteriores han sido atendidos por parte del Contratista durante la ejecución del proyecto en aras de que se le levanten las No Conformidades generadas por la Supervisora. En la Tabla 11, se indican las no conformidades que continúan abiertas según lo indicado por la Supervisora.

Tabla 11. No conformidades emitidas por la Supervisión debido a deterioros en el pavimento de concreto

No conformidad	Fecha de emisión	Estacionamiento	Condición
142	30/06/2021	0+176 - 0+251 eje 50	El corte de la junta longitudinal de la losa no fue hecho de acuerdo a los planos presentados. Deformaciones
193	17/11/2021	160+492 - 160+580 LI	Fisuras
226	12/04/2022	145+105 - 145+109 LD 154+133 - 154+137 LI 158+330 - 158+334 LD 158+357 - 158+363 LD 158+364 - 158+370 LD 158+374 - 158+378 LD 161+859 - 161+879 LI 162+227 - 162+231 LD	Fisuras
237	02/06/2022	155+230 - 155+234 LI 158+458 - 158+462 LD 163+200 - 163+204 LD	Fisuras
238	06/06/2022	164+207 - 164+277 LD 0+255 - 0+271 eje 47	Fisuras
243	13/07/2022	146+005 - 146+013 LD 146+709 - 146+717 LD	Deformaciones
244	18/07/2022	161+960 - 161+968 LD	Fisuras
246	20/07/2022	161+960 - 162+120 LD	Despostillamientos y daños importantes al sello de juntas





No conformidad	Fecha de emisión	Estacionamiento	Condición
247	20/07/2022	160+621 - 160+625 LD 162+224 - 162+628 LD 162+972 - 162+980 LD 162+984 - 163+000 LD	Fisuras

OBSERVACIÓN 3. SE IDENTIFICARON AGRIETAMIENTOS EN LOS TABLEROS DE LOS PUENTES SOBRE EL RÍO HIGUERÓN, SALITRAL Y JAVILLOS. LOS PROCESOS DE SUBSANACIÓN REALIZADOS SE CONSIDERAN ADECUADOS.

En la visita realizada el 24 de agosto de 2020, se observó que el tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral presentaban agrietamientos (ver Figura 67).

En la visita realizada el 16 de setiembre de 2020, se observó que se sellaron las grietas del tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral (ver Figura 68). Por otra parte, se observó que el tablero del puente aguas arriba sobre el río Salitra, también presentaba agrietamientos, los cuales no habían sido sellados hasta la fecha (ver Figura 69).

Por lo anterior, se alertó a la Administración, mediante el oficio LM-IC-D-0922-2020 (de fecha 26/10/2020), de la presencia de los agrietamientos en el tablero aguas arriba para que valoraran el proceso de subsanación requerido.

Figura 66. Agrietamientos en el tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral. Fecha de la fotografía: 24/08/2020



Figura 67. Sellado de los agrietamientos en el tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral. Fecha de la fotografía: 19/09/2020





Figura 68. Agrietamientos en el tablero del puente aguas arriba sobre el río Salitral. Fecha de la fotografía: 19/09/2020



En la visita realizada el 16 de noviembre de 2020, se observó que se habían sellado los agrietamientos en el tablero del puente aguas arriba sobre el río Salitral (ver Figura 70). Por otro lado, también se observó que, pese a que se sellaron los agrietamientos en el tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral, los agrietamientos continuaban propagándose y se desarrollaron nuevos agrietamientos (ver Figura 71). Lo cual indica que el proceso de subsanación realizado podía no ser suficiente para solventar las causas que produjeron el agrietamiento.



Figura 69. Sellado de los agrietamientos en el tablero del puente aguas arriba sobre el río Salitral. Fecha de la fotografía: 16/11/2020



Figura 70. Propagación de los agrietamientos en el tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral. Fecha de la fotografía: 16/11/2020



De acuerdo a lo anterior, se solicitó el criterio del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR, sobre la condición de los tableros de los puentes sobre el río Salitral y se realizó una visita en conjunto el día 25 de febrero de 2021.

Adicionalmente, el LanammeUCR realizó un mapeo de los agrietamientos en los tableros de los puentes sobre el río Salitral (ver Figura 72 y Figura 73) y una medición de la abertura y profundidad de algunas de estas grietas mediante ultrasonido (ver Tabla 12). Este proceso fue realizado entre el 02/03/2021 y el 11/03/2021.





Tabla 12. Resultados de la medición de la profundidad y abertura de grietas en los tableros de los puentes sobre el río Salitral

Elemento	Identificación punto de medición ¹	Profundidad de grieta ² (cm)	Abertura de grieta (mm)
Puente aguas abajo	A1	45,3	0,40
	A3	27,3	0,20
	B1	Error en la medición	0,30
	B2	20,2	0,30
	B3	15,2	0,20
	C1	23,6	0,70
	C2	26,3	0,40
Puente aguas arriba	A1	Error en la medición	0,20
	A3	Error en la medición	0,30
	B2	10,1	0,45
	B3	31,5	0,30
	C1	21,9	0,20
	C2a	12,7	0,30
	C2b	9,0	0,20

¹ Ver Figura 32 y Figura 33

² Existen puntos de medición en donde la profundidad de grieta medida supera el espesor nominal de la losa (15,5 cm). La profundidad de grieta reportada en estos casos, varía en función de la ubicación interna en donde se produzca un puente acústico entre la losa y el elemento prefabricado inferior.

Según los resultados obtenidos en estas mediciones y lo observado en la visita realizada, el Programa de Ingeniería estructural del LanammeUCR concluye que:

- El agrietamiento presentado se puede deber a la retracción plástica y retracción por secado del concreto.
- Se considera que los distintos procesos de sellado de grietas realizados no son efectivos.
- Existe una afectación directa a la durabilidad del elemento (grietas de la totalidad de la profundidad del elemento), que puede llegar a representar una disminución en la vida de servicio del elemento y generar la necesidad de intervención a corto plazo en los puentes una vez se encuentren en servicio.

Los resultados de las mediciones realizadas y el criterio del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR sobre la condición de los tableros de los puentes sobre el río Salitral se informaron a la Administración mediante el oficio LM-EIC-D-0348-2021 (de fecha 21/04/2021).



Figura 71. Distribución de los agrietamientos en el tablero aguas abajo sobre el río Salitral. Fecha de la medición: 02/03/2021 – 11/03/2021

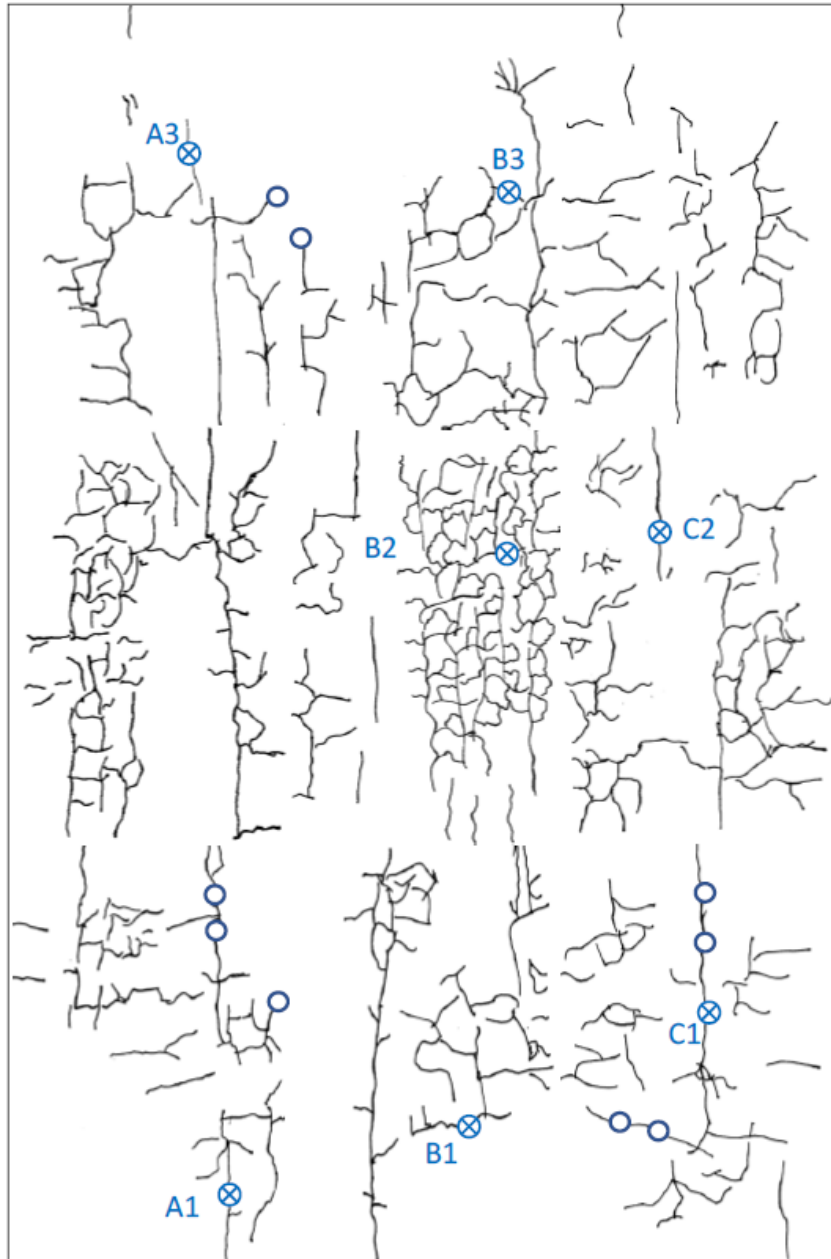
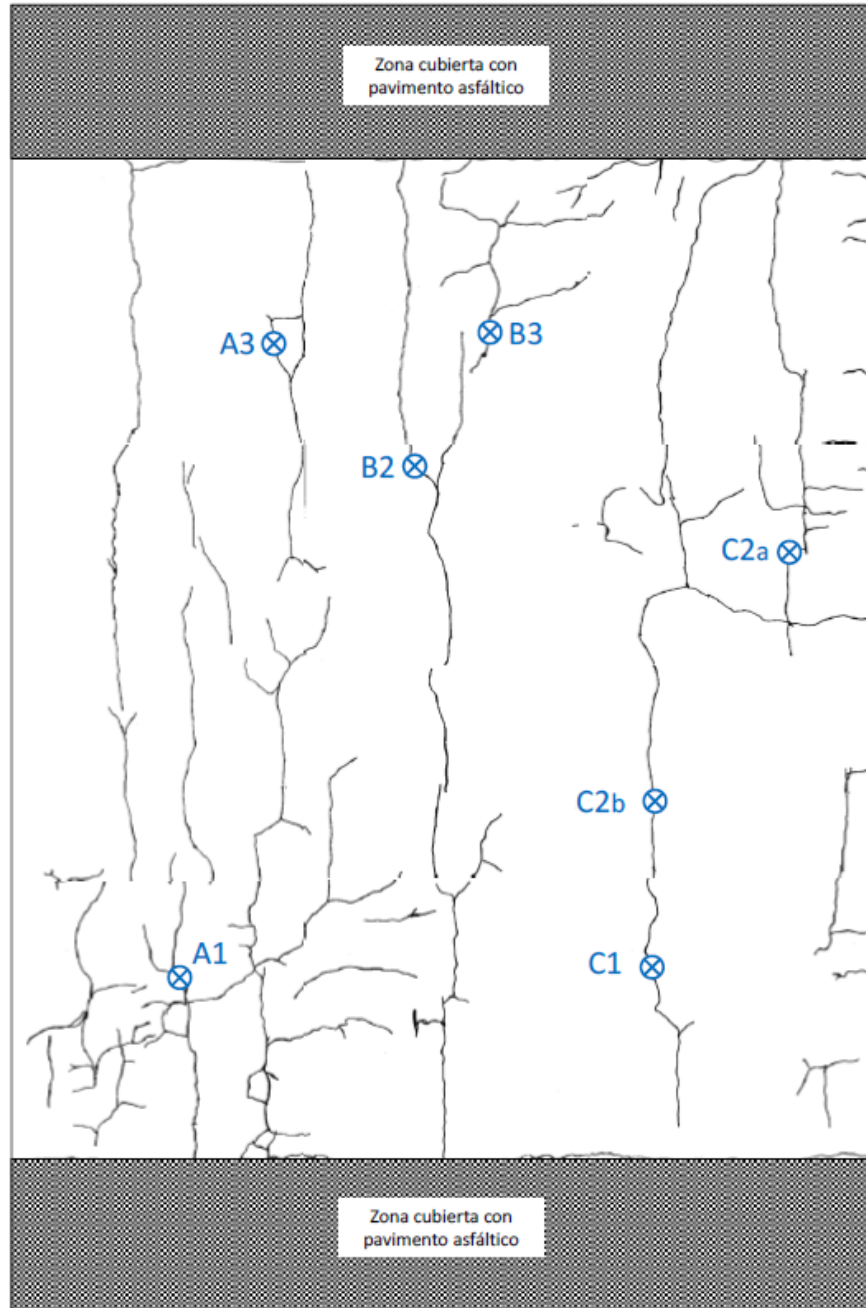




Figura 72. Distribución de los agrietamientos en el tablero aguas arriba sobre el río Salitral. Fecha de la medición: 02/03/2021 – 11/03/2021



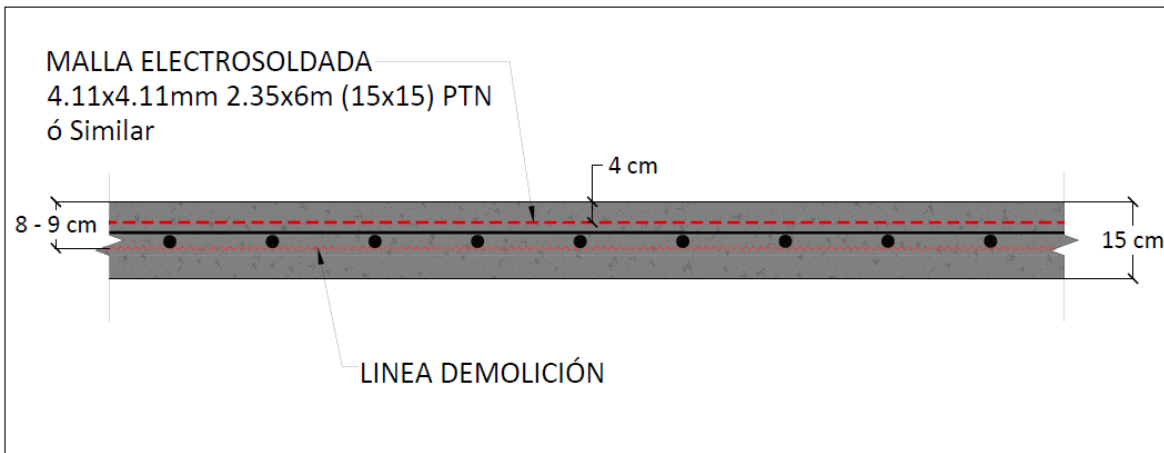
El tres de setiembre de 2021 se realizó una reunión con el personal del Contratista, la Supervisión, la Unidad Asesora y el LanammeUCR para conversar sobre los posibles procesos de subsanación a la condición existente en el tablero aguas abajo sobre el río Salitral. Posterior a esta reunión y luego de analizar las soluciones propuestas por el Contratista, el Ingeniero solicitó la reconstrucción del tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral.





Ante esto, el 2 de diciembre de 2021, mediante el oficio CIN/2647/2607/DT, el Contratista presenta un protocolo para la demolición parcial del tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral. La solución consistía en la demolición de los 8 a 9 cm superiores del concreto del tablero, la colocación de una malla electrosoldada y la restitución del concreto demolido (ver Figura 74). El Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR consideró adecuado el proceso de subsanación planteado.

Figura 73. Protocolo de reparación del tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral



Fuente: oficio CIN/2647/2607/DT, 2021

En la visita del 7 de diciembre de 2021, se observó que se inició con el proceso de demolición parcial del tablero del puente aguas abajo sobre el río Salitral, y el 21 de setiembre de 2022 que se completó el colado de concreto para sustituir el concreto demolido en este tablero.

Los puentes aguas arriba sobre el río Higuefón (ver Figura 75) y aguas abajo sobre el río Javillos (ver Figura 76) también presentaron agrietamientos en sus tableros. Ante esto, se emitieron las No conformidades 77 (Higuefón) y 80 (Javillos) y el proceso de subsanación realizado fue la inyección de las grietas.



Figura 74. Agrietamientos en el tablero del puente aguas arriba sobre el río Higuerón. Fecha de la fotografía: 27/05/2021



Figura 75. Agrietamientos en el tablero del puente aguas abajo sobre el río Javillos. Fecha de la fotografía: 27/05/2021



Dados los agrietamientos que se presentaron en los tableros durante la primera etapa de construcción de los puentes, se implementaron las siguientes medidas para minimizar la aparición de agrietamientos en los tableros de la segunda etapa:

- (a) Incorporación de fibras a la mezcla de concreto para reducir los agrietamientos por retracción del concreto
- (b) Colocación de concreto en horario nocturno y por etapas
- (c) Impermeabilización del tablero con manto asfáltico

Estas medidas lograron minimizar efectivamente la aparición de agrietamientos en la segunda etapa de construcción de los puentes del proyecto.





HALLAZGO 7. SE EVIDENCIARON ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LOS PASOS A DESNIVEL DEL PROYECTO.

Como parte del seguimiento a los procesos constructivos de los muros en los pasos a desnivel del proyecto, se realizaron visitas en conjunto con el Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR. Las visitas fueron realizadas los días 25/02/2021, 31/01/2022, 24/02/2022, 25/02/2022 y 28/07/2022.

- Paso a desnivel Aserradero

Se identificaron aperturas excesivas (de hasta 5 cm a lo largo de toda la altura del muro) entre las placas que conforman la fachada del muro del paso a desnivel Aserradero, especialmente en las esquinas, tal y como se muestra en la Figura 77. Estas aberturas incumplen lo establecido en la sección 255.04 del CR-2010: “[...] Los anchos de junta serán de 19 ± 6 milímetros [...]”

Estas condiciones se consideran desfavorables para el correcto desempeño del muro, pues permiten que el geotextil del trasdós del muro se deteriore con facilidad y la pérdida del material de relleno.

Según lo comunicado por la Supervisión del proyecto, se están realizando pruebas de distintos materiales para lograr un sello de esas aberturas y evitar la pérdida del material de relleno.

Figura 76. Separación de juntas de los paneles del muro de relleno reforzado del paso Aserradero. Fecha de las fotografías: 31/01/2022



También se observó que los taludes de relleno del paso a desnivel Aserradero muestran signos de erosión por el viento y la escorrentía superficial, de forma tal, que hay material que se encuentra depositado en la cuneta al pie del talud, lo cual obstruye y afecta el flujo de agua que transporta la cuneta (ver Figura 78).



Figura 77. Erosión en los taludes del paso a desnivel Aserradero por falta de protección. Fecha de las fotografías: 25/02/2022



Estas condiciones fueron alertadas a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-292-2022 (de fecha 08/04/2022).

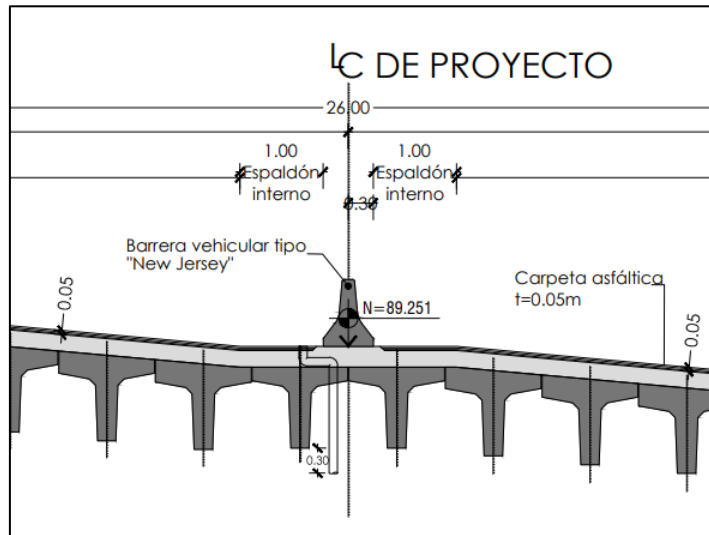
Por su parte, los tubos de drenaje instalados no satisfacen lo establecido en planos (ver Figura 79 y Figura 80) ni lo indicado en la sección 2.6.6.4 de la Especificación para Diseño de Puentes AASHTO LRFD 2012: “*los drenajes del puente deben diseñarse y localizarse de manera tal que el agua sea descargada sin entrar en contacto con los elementos de la superestructura y subestructura del puente*”.

Como se puede observar en la Figura 79, parte de los tubos de drenaje del paso a desnivel descargan sus aguas directamente en los apoyos y la subestructura del paso a desnivel, comprometiendo la durabilidad de estos elementos. Los restantes tubos de drenaje descargan sus aguas directamente al pavimento del paso inferior, lo que puede afectar a los usuarios de esta vía.

Figura 78. Tubos de drenaje cortos en el paso a desnivel Aserradero que descargan sus aguas a la subestructura y al paso inferior. Fecha de las fotografías: 24/03/2022



Figura 79. Sección de la planta general del paso a desnivel Aserradero Hoja 6.2.3. Fecha: febrero 2021



- Paso a Desnivel San Miguel

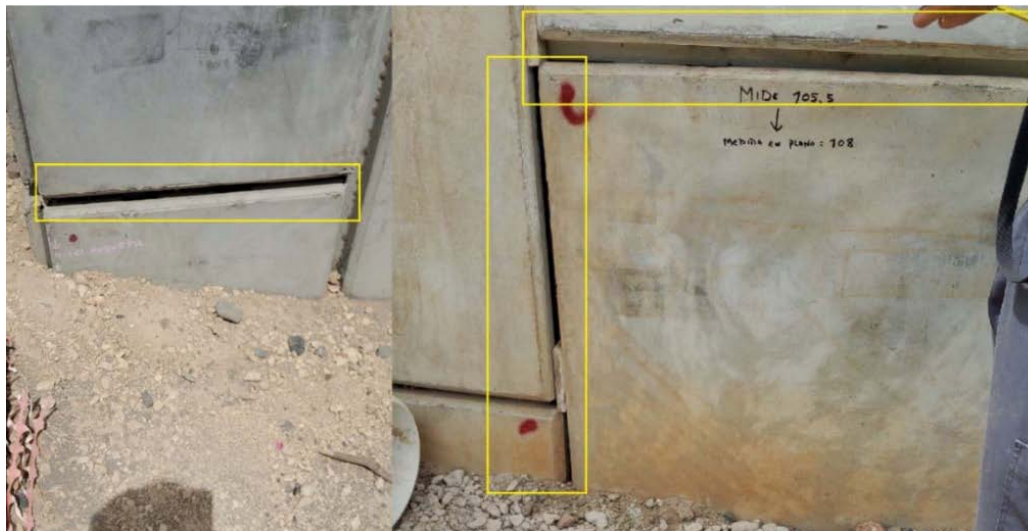
Se identificaron algunos deterioros en los paneles de concreto que conforman la fachada del muro. Posiblemente estos deterioros están asociados al manejo de las unidades durante su transporte y colocación, lo que ocasiona fisuras en las esquinas y bordes de los paneles (ver Figura 81).

Figura 80. Deterioros observados en los paneles de concreto de los muros de relleno reforzado en el paso a desnivel San Miguel. Fecha de las fotografías: 31/01/2022



Por otra parte, la separación entre los paneles que conforman la fachada del muro de relleno reforzado es excesiva. En ambas caras y márgenes del muro de suelo reforzado se observaron, de manera recurrente, aperturas excesivas entre las placas que conforman la fachada del muro, como se aprecia en la Figura 82.

Figura 81. Apertura excesiva en los paneles de la fachada del muro de suelo reforzado del paso a desnivel San Miguel. Fecha de las fotografías: 31/01/2022



En cuanto a la verticalidad de las caras del muro de relleno reforzado, se observaron deformaciones importantes, con respecto al eje vertical, en los paneles de concreto que forman parte de los muros de relleno reforzado del paso a desnivel San Miguel. Según se observa en la Figura 83, la inclinación vertical a simple vista es evidente.



Figura 82. Inclínación vertical de las paredes del muro de relleno reforzado del paso a desnivel San Miguel.
Fecha de la fotografía: 31/01/2022



Se debe destacar que, cualquier deformación vertical u horizontal que se pueda presentar en la superficie del relleno y que representa la base de apoyo del pavimento de concreto, se podría traducir eventualmente, en agrietamientos tempranos en las losas de concreto que forman parte de la superficie de rodamiento, ya que este tipo de pavimento, no admite deformaciones diferenciales considerables sin presentar agrietamientos.

También se observó el desalineamiento de columna de paneles del muro de relleno reforzado producto del asentamiento que sufre la placa de transición a la estructura de alcantarillado, lo cual produjo una fisura en el panel de concreto, y esto está ocasionando un fenómeno de rotación de las placas que se encuentra sobre la placa de transición, tal como se muestra en la Figura 84.

Figura 83. Desalineamiento de columna de paneles del muro de relleno reforzado en el paso a desnivel San Miguel producto del asentamiento. Fecha de la fotografía: 31/01/2022



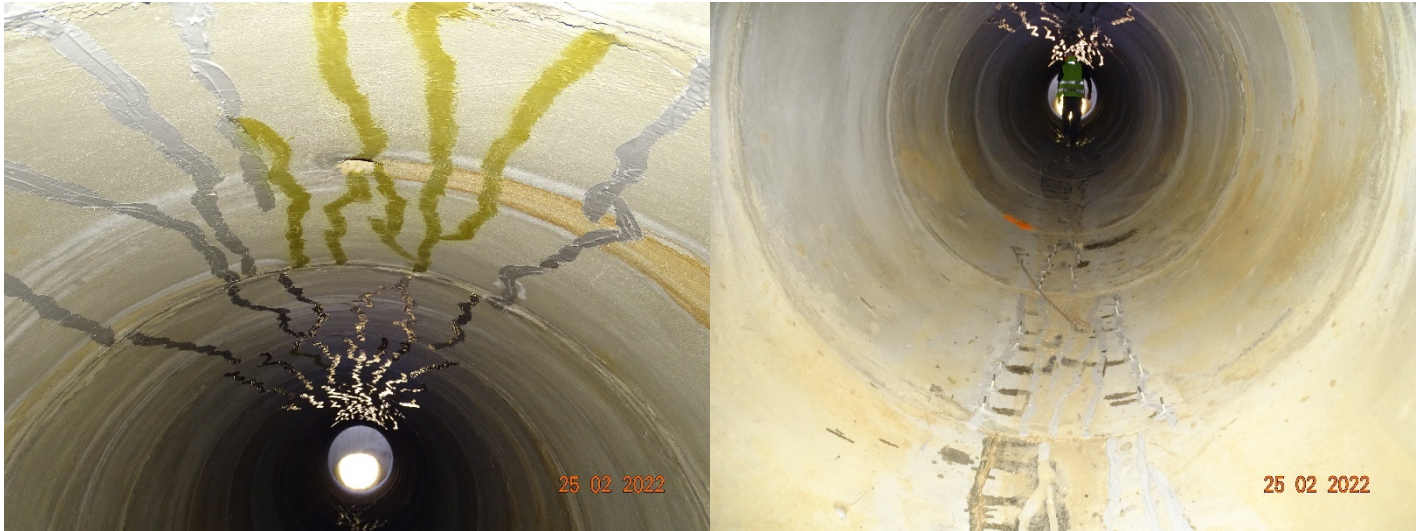


Esta situación resulta desfavorable para la seguridad de la estructura ya que, las juntas verticales entre placas se encuentran más espaciadas en la zona inferior y completamente unidas en la parte superior, ocasionando empuje y rose entre ellas que puede resultar en fisuramientos y deterioros de las placas que afectan estéticamente el muro, y que, inducen la filtración de humedad, pérdida de material de relleno, deterioro del geotextil y desalineamiento progresivo de las demás placas.

Adicionalmente, los tubos de alcantarilla del drenaje transversal en la zona en que se presentó la rotación de paneles presentaron agrietamientos en la parte superior e inferior (ver Figura 85).

Figura 84. Agrietamientos en los tubos de alcantarilla en el paso a desnivel San Miguel. Fecha de la fotografía: 31/01/2022





Debido a los problemas de verticalidad evidenciados, el LanammeUCR realizó un levantamiento del muro del lado derecho del bastión 2 utilizando un sistema de lidar terrestre estacionario. Las mediciones se realizaron los días 24 y 25 de febrero de 2022.

Los resultados de estas mediciones se compararon contra lo establecido en la sección 255.04 del CR-2010:

“[...] Se construirán los muros de manera que la tolerancia vertical (de la superficie a la base) no exceda la relación de 13 mm por cada 3 m de altura”.

En la Tabla 13, se muestran los valores de la diferencia de verticalidad observada por cada 3 m de altura. Las celdas destacadas en rojo incumplen lo establecido en la sección 255.04 del CR-2010. Se estableció el estacionamiento 0+000 en la columna entre la cara frontal y el muro del lado derecho y la numeración de los estacionamientos en orden ascendente en el sentido sur-norte.

En general, se observa que en los primeros 3 metros de altura, los muros presentaron desplomes hacia afuera del muro, destacándose como zona crítica de la estación 0+009 hasta la estación 0+039, lo cual puede representar una condición desfavorable para la estabilidad y seguridad del muro.

En algunas secciones del muro la tendencia del desplome hacia afuera se extiende en la totalidad de la altura del muro y en otras secciones analizadas a partir de los 4 m aproximadamente se presenta un cambio en la inclinación.



Tabla 13. Valores obtenidos para la diferencia de verticalidad observada por cada 3 m de altura para cara del muro de relleno reforzado del Muro margen derecha

Estación	Diferencia de elevación (m)									Total
	0-3	1-4	2-5	3-6	4-7	5-8	6-9	7-10	8-11	
Est.0+003	(7,13)	(7,04)	(4,15)	(1,42)	0,00					(9,48)
Est.0+006	(11,43)	(12,00)	(10,87)	(8,07)	(2,61)	6,55				(21,66)
Est.0+009	(12,45)	(13,31)	(11,54)	(6,88)	(2,10)	2,59				(16,93)
Est.0+012	(20,01)	(10,75)	(9,50)	(2,55)	1,29	3,60				(16,30)
Est.0+015	(14,83)	(9,27)	(5,93)	(0,06)	3,03	(2,12)				(8,61)
Est.0+018	(13,92)	(9,12)	(5,54)	0,20	2,65	7,48				(5,24)
Est.0+021	(10,96)	(7,92)	(2,19)	0,34	3,84	7,94				(2,32)
Est.0+024	(19,60)	(9,32)	(4,45)	3,85	11,08	9,54				(7,36)
Est.0+027	(15,91)	(7,70)	(5,01)	3,97	6,27	10,13				(6,40)
Est.0+030	(20,49)	(11,76)	(0,98)	2,31	7,03	8,61				(10,65)
Est.0+033	(15,46)	(10,60)	0,12	3,07	5,05	7,55				(7,00)
Est.0+036	(15,44)	(9,41)	(2,14)	5,12	5,83	7,81				(4,59)
Est.0+039	(13,06)	(10,09)	(2,58)	4,83	7,76	6,56	3,93			(1,65)
Est.0+042	(12,13)	(10,40)	(3,23)	2,60	6,99	5,35	4,95			(4,56)
Est.0+045	(9,95)	(6,14)	(0,34)	5,15	5,69	4,65	3,15			(1,65)
Est.0+048	(5,50)	(3,26)	(0,85)	3,78	5,35	5,17	0,98			(0,69)
Est.0+051	(4,76)	(3,85)	(1,32)	3,87	3,90	1,32	(1,12)			(2,07)
Est.0+054	(4,16)	(6,02)	(1,00)	2,78	1,86	2,26				(0,08)
Est.0+057	(3,60)	(3,10)	(0,57)	0,91	1,47	1,28	(1,08)			(1,67)
Est.0+060	(2,70)	(1,39)	(0,19)	1,24	1,66	(1,63)	(0,11)			(2,41)
Est.0+063	(1,42)	(0,15)	1,14	0,82	0,15	(0,37)	(0,08)			(0,66)
Est.0+066	(0,34)	(1,91)	(2,10)	(0,51)	1,41	0,10	(1,23)			(2,09)
Est.0+069	(2,26)	(3,47)	(1,84)	(0,13)	1,18	1,74	(0,05)	(0,23)		(3,53)
Est.0+072	(4,48)	(6,29)	(4,55)	(1,42)	(0,20)	0,38	(1,21)	(0,28)		(15,15)
Est.0+075	(4,11)	(3,05)	(0,95)	(0,12)	0,56	(9,41)				(20,55)
Est.0+078	(9,35)	(8,12)	(5,53)	(2,76)	(1,27)	(0,03)	(6,80)			(21,24)
Est.0+081	(11,07)	(8,51)	(6,80)	(4,01)	(2,68)	(0,83)	(0,61)			(15,68)
Est.0+084	(12,35)	(9,78)	(7,55)	(6,31)	(4,42)	(2,48)	1,50	2,50		(16,74)
Est.0+087	(12,25)	(11,02)	(7,81)	(7,40)	(4,01)	(1,96)	(0,94)	(0,03)		(17,84)
Est.0+090	(11,48)	(10,00)	(9,66)	(8,51)	(4,73)	(1,06)	2,27	3,01		(17,20)
Est.0+093	(11,32)	(9,95)	(9,84)	(8,61)	(4,90)	(1,12)	2,20	3,10		(17,16)
Est.0+096	(7,24)	(8,53)	(6,84)	(7,09)	(4,65)	(3,48)	(0,59)	1,77		(14,13)
Est.0+099	(8,75)	(6,29)	(6,86)	(6,43)	(5,99)	(3,38)	0,34	1,64		(14,31)
Est.0+102	(7,08)	(7,46)	(6,65)	(8,51)	(5,97)	(3,97)	(0,15)	1,16		(16,99)
Est.0+105	(7,08)	(7,46)	(6,65)	(8,51)	(5,97)	(3,97)	(0,15)	1,16		(16,99)
Est.0+108	(8,67)	(5,50)	(3,61)	(4,00)	(4,19)	(3,40)	0,83	2,32		(11,09)
Est.0+111	(5,14)	(2,58)	(1,61)	(2,52)	(0,75)	(2,17)	0,77	(2,23)		(9,33)
Est.0+114	(3,24)	(0,68)	(1,40)	(1,63)	(2,62)	(2,23)	0,07	0,31		(5,79)

(Signo negativo) = Desplome hacia afuera del muro
Signo positivo = Desplome hacia adentro del muro

Las situaciones observadas en el paso a desnivel San Miguel y los resultados de las mediciones realizadas se comunicaron a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-292-2022 de





fecha 08/04/2022). También se realizó una reunión el 25 de abril de 2022 para conversar sobre las situaciones observadas y los resultados obtenidos.

Mediante el oficio DM-2022-2415 (de fecha 06/06/2022), dados los incumplimientos en la verticalidad detectados, el diseñador del muro realizó un análisis de estabilidad del muro considerando los desplomes medidos y concluye que no hay un problema de estabilidad en el muro. El Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR revisó la memoria de cálculo del análisis de estabilidad realizado y consideró adecuado el tratamiento brindado.

En el oficio de respuesta la Administración adjunta el oficio CR1-DI-0699-2022 (de fecha 25/05/2022), donde la Supervisión indica:

- Mantiene sin cerrar las No conformidades relacionadas con aspectos estéticos, filtraciones, crecimiento de vegetación, pérdidas de material y vandalismo, pues no se han implementado medidas correctivas hasta la fecha.
- El Contratista se encuentra en análisis de una propuesta de reforzamiento de las alcantarillas.
- El procedimiento de protección de taludes consiste en la revegetación del talud.

A la fecha no se han observado los procedimientos de solución mencionados en el oficio CR1-DI-0699-2022. Sin embargo, es criterio del Equipo Auditor que este tipo de deterioros no son acordes con un proyecto de obra nueva.

OBSERVACIÓN 4. LAS MARGINALES DEL PROYECTO PRESENTAN DETERIOROS DEBIDO A QUE LA TOTALIDAD DEL TRÁNSITO DEL TRONCO PRINCIPAL CIRCULÓ POR ELLAS, POR UN TIEMPO PROLONGADO, SIN ESTAR DISEÑADAS PARA ELLO.

Durante las visitas realizadas por el Equipo Auditor se ha observado un deterioro progresivo de las marginales del proyecto. En la marginal 2 lado izquierdo se identificaron huecos, desplazamientos y deformaciones (ver Figura 86). En la marginal 6 lado izquierdo se observaron deformaciones, desplazamientos y un grado severo de exudación (ver Figura 87). En la marginal 8 lado derecho se evidenciaron huecos, agrietamientos y desplazamiento de la mezcla asfáltica (ver Figura 88).





Figura 85. Deterioros presentes en la marginal 2 lado izquierdo del proyecto. Fecha de las fotografías: 28/01/2022



Figura 86. Deterioros presentes en la marginal 6 lado izquierdo del proyecto. Fecha de las fotografías: 28/01/2022





Figura 87. Deterioros presentes en la marginal 8 lado derecho del proyecto. Fecha de las fotografías: 28/01/2022



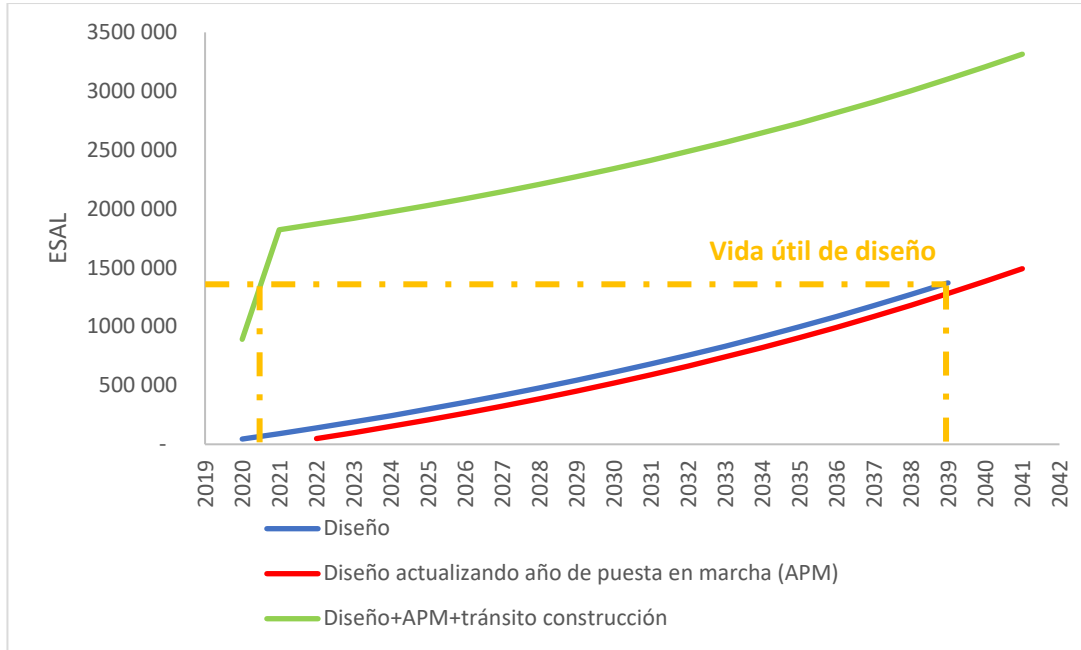
Durante gran parte de la etapa constructiva del proyecto se ha desviado el tránsito del tronco principal por las marginales. Según la revisión del diseño estructural de pavimento para las marginales del proyecto (oficio 0600-2020 de la Supervisión con fecha 22/10/2020), las marginales fueron diseñadas para un tránsito del 5% del tronco principal y una vida útil de 20 años (ESAL = 1 371 609). Al desviarse todo el tránsito del tronco principal por las marginales durante la etapa constructiva del proyecto, se sometió al pavimento de las marginales, a cargas para las que no estaba diseñado, de ahí la aparición de deterioros prematuros.

También debe señalarse que, el diseño de la estructura de pavimento para las marginales del proyecto establece el año de inicio operativo para el año 2020, sin embargo, por el atraso en el programa de trabajo del Contratista, este inicio se pospuso para el año 2023, por lo que hay 3 años de vida útil operativa que no se están considerando en el diseño.

Como se puede observar en la Figura 89, al desviar el tránsito del tronco principal por las marginales del proyecto, la vida útil del pavimento de las marginales se redujo a menos de 2 años.



Figura 88. Estimación de los ejes equivalentes de carga (ESAL) para las marginales del proyecto



Se asume que el tránsito del tronco principal transitó 2 años por las marginales

Esta condición se alertó a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-143-2022 (de fecha 21/02/2022).

Ante esta situación, el LanammeUCR realizó mediciones de deflexiones en las marginales 2, 6 y 8 del proyecto, con la intención de analizar si la capacidad estructural de las capas de la estructura de pavimento se redujo.

Las mediciones se realizaron el 19 de abril de 2022, a cada 50 m (las mediciones se desfazaron 25 m del carril izquierdo al carril derecho para tener secciones cada 25 m de la estructura de pavimento), con un nivel de carga de 40 kN y una configuración de geófonos como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Configuración de geófonos para la medición del cuenco de deflexiones

No	d ₀	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈
Distancia (mm)	0	200	300	450	600	900	1200	1500	1800

Los análisis realizados se basan en los indicadores de condición estructural de pavimentos que fueron verificados en la pista de ensayos acelerados del LanammeUCR y en la clasificación de condición estructural definida por Horak en 2008. Los indicadores utilizados son los siguientes:





➤ Radio de curvatura (R_0C)

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

$$R_0C = \frac{(L)^2}{2d_0 \left(1 - \frac{d_L}{d_0}\right)} \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde,

R_0C = radio de curvatura [m]

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

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

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

➤ Indicador de capas superiores (BLI)

El indicador BLI caracteriza la capacidad estructural de la parte superior de la estructura de pavimento (Horak, 1987). La Ecuación 2 describe el cálculo de este parámetro:

$$BLI = d_0 - d_1 \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde,

BLI = Indicador de capas superiores [μm]

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

d_1 = Deflexión medida a 300 mm desde el centro de aplicación de la carga [μm]

➤ Indicador de capas intermedias (MLI)

El indicador MLI caracteriza la rigidez de la parte media o de inflexión de la estructura de pavimento (Horak, 2008). En la Ecuación 3, se presenta la expresión para el cálculo de este parámetro:

$$MLI = d_1 - d_2 \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde,

MLI = Indicador de capas intermedias [μm]

d_1 = Deflexión medida a 300 mm desde el centro de aplicación de la carga [μm]

d_2 = Deflexión medida a 600 mm desde el centro de aplicación de la carga [μm]

➤ Indicador de capas inferiores (LLI)

El indicador LLI caracteriza la capacidad estructural de la parte inferior de la estructura de pavimento (Horak, 1987). La Ecuación 4 describe el cálculo de este indicador:

$$LLI = d_2 - d_3 \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde,

LLI = Indicador de capas inferiores [μm]

d_2 = Deflexión medida a la distancia 600 mm desde el centro de aplicación de la carga [μm]

d_3 = Deflexión medida a la distancia 900 mm desde el centro de aplicación de la carga [μm]





➤ Máxima deflexión (d_0)

La deflexión máxima corresponde a la deflexión medida debajo del centro de aplicación de la carga. Tradicionalmente, este indicador se ha utilizado para el análisis de la totalidad de la estructura de pavimento, debido a que refleja el aporte estructural de todas las capas de la estructura de pavimento.

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

A partir de los indicadores mencionados anteriormente, Horak (2008) propuso una clasificación de la condición estructural para diversos tipos de pavimento. En la Tabla 15, se muestra la clasificación estructural propuesta por Horak según los indicadores de condición estructural.

Tabla 15. Clasificación de la condición estructural según los indicadores de condición estructural

Tipo de pavimento	Condición estructural	Indicadores de condición estructural				
		d_0 (μm)	R_0C (m)	BLI (μm)	MLI (μm)	LLI (μm)
Base granular	Buena	<500	>100	<200	<100	<50
	Regular	500-750	50-100	200-400	100-200	50-100
	Severa	>750	<50	>400	>200	>100
Base estabilizada con cemento	Buena	<200	>150	<100	<50	<40
	Regular	200-400	80-150	100-300	50-100	40-80
	Severa	>400	<80	>300	>100	>80
Base bituminosa	Buena	<400	>250	<200	<100	<50
	Regular	400-600	100-250	200-400	100-150	50-80
	Severa	>600	<100	>400	>150	>80

Fuente: Horak, 2008

Sobre las mediciones realizadas en la Marginal 2

En la Figura 90 y Figura 91, se muestra la condición estructural de las secciones evaluadas en los carriles de la marginal 2 según los indicadores R_0C , BLI, MLI, LLI y d_0 .

Como se puede observar en los indicadores d_0 y MLI de la Figura 90, las secciones comprendidas entre los estacionamientos 0+000 al 0+200 y 0+600 al 0+650 del carril izquierdo de la marginal 2 tienen una condición estructural severa.

Por su parte, las secciones 0+025 - 0+225, 0+325, 0+475, 0+575, 0+625 y 0+700 del carril derecho de la marginal 2 tienen una condición estructural severa según los indicadores d_0 y MLI. Además, las secciones 0+125, 0+575 y 0+625 tienen una condición severa según el indicador LLI (ver Figura 91).





Figura 89. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril izquierdo de la marginal 2

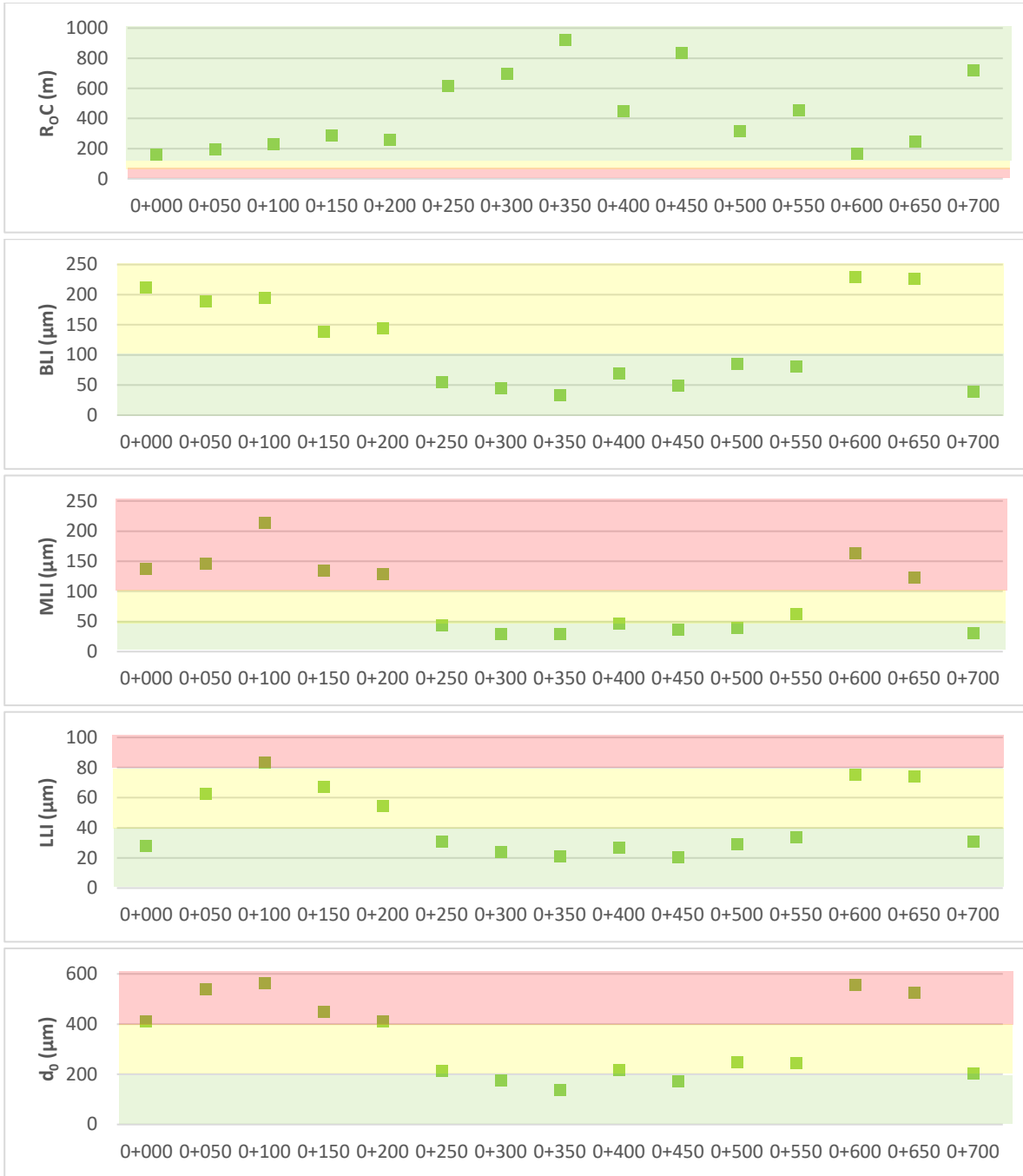
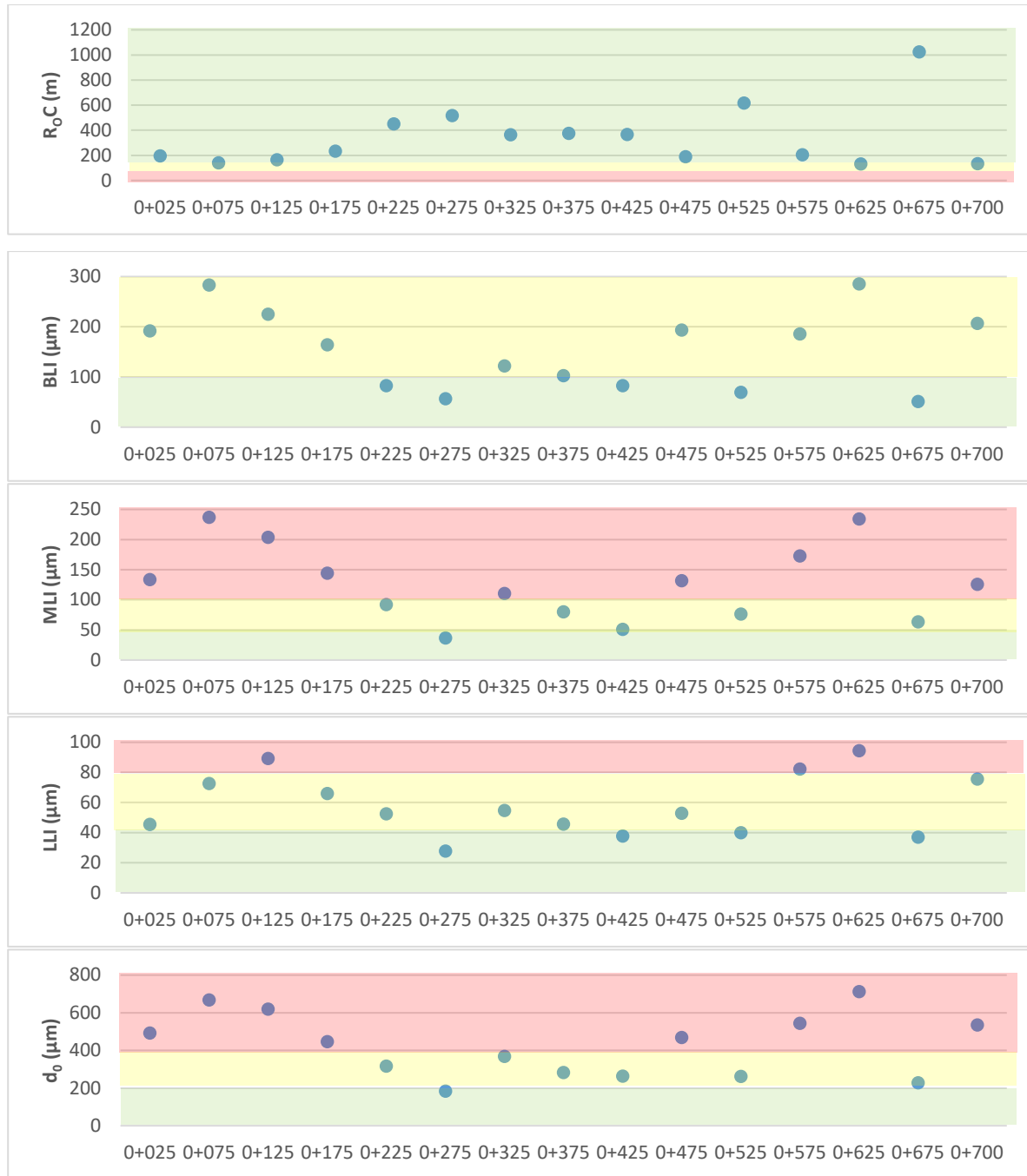




Figura 90. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril derecho de la marginal 2



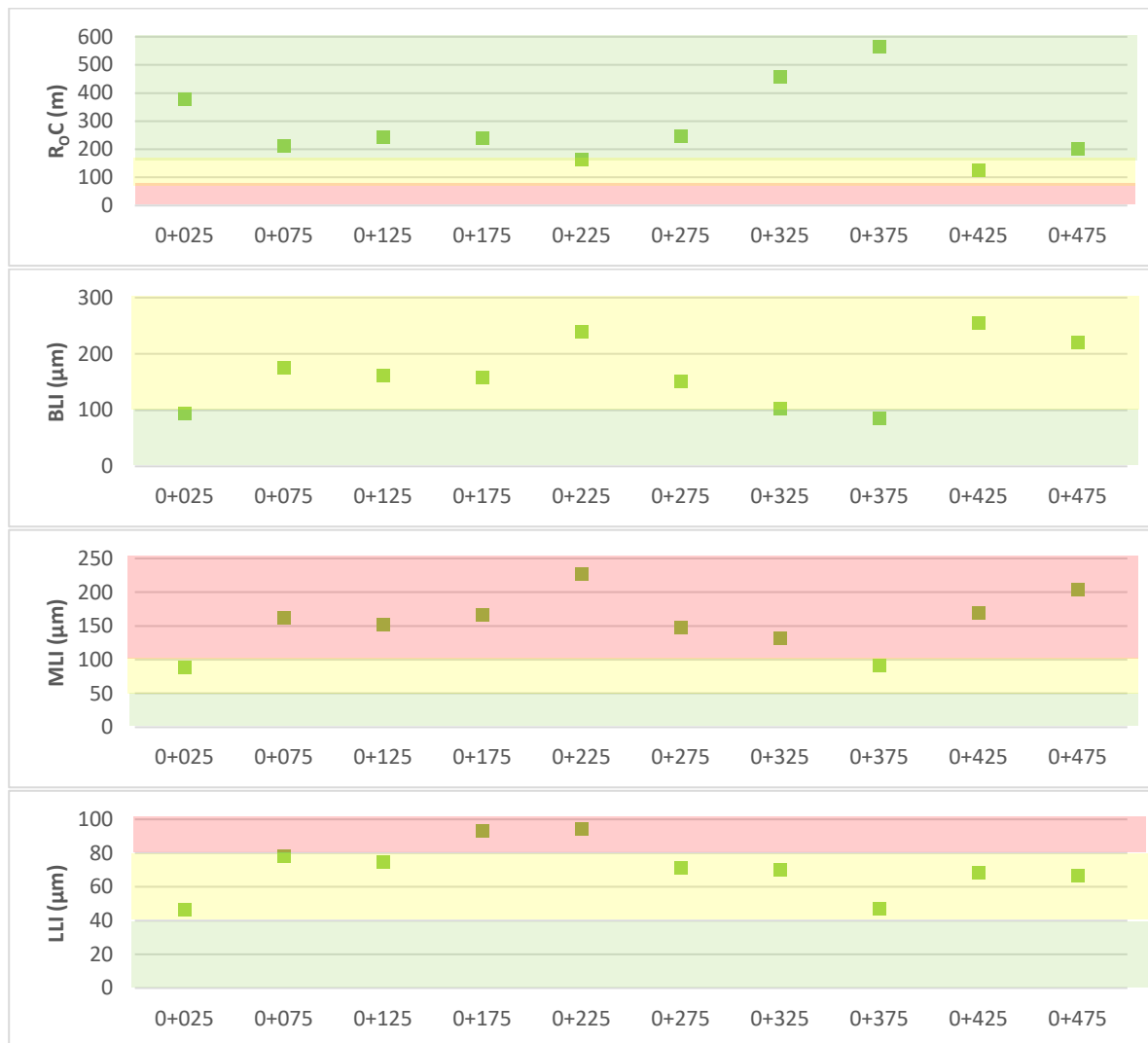


Sobre las mediciones realizadas en la Marginal 6

En la Figura 92 y Figura 93, se muestra la condición estructural de las secciones evaluadas en los carriles de la marginal 6 según los indicadores R_{OC} , BLI, MLI, LLI y d_0 .

Las secciones 0+075 – 0+325 y 0+425 – 0+475 del carril izquierdo de la marginal 6 tienen una condición estructural severa según los indicadores d_0 y MLI. Además, las secciones 0+175 y 0+225 tienen una condición severa según el indicador LLI (ver Figura 92).

Por su parte, todas las secciones medidas en el carril derecho de la marginal 6 tienen una condición severa según los indicadores MLI, d_0 y LLI (excepto las secciones 0+050, 0+350 y 0+400). Adicionalmente, las secciones 0+050, 0+150, 0+200 y 0+450 tienen una condición estructural severa según el indicador BLI (ver Figura 93). Figura 91. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril izquierdo de la marginal 6



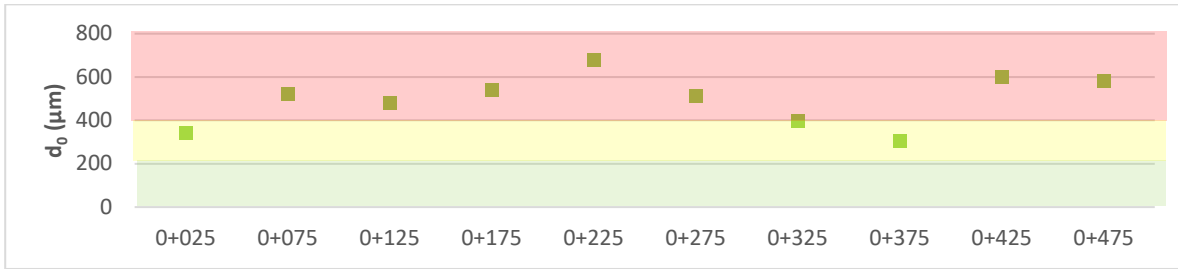
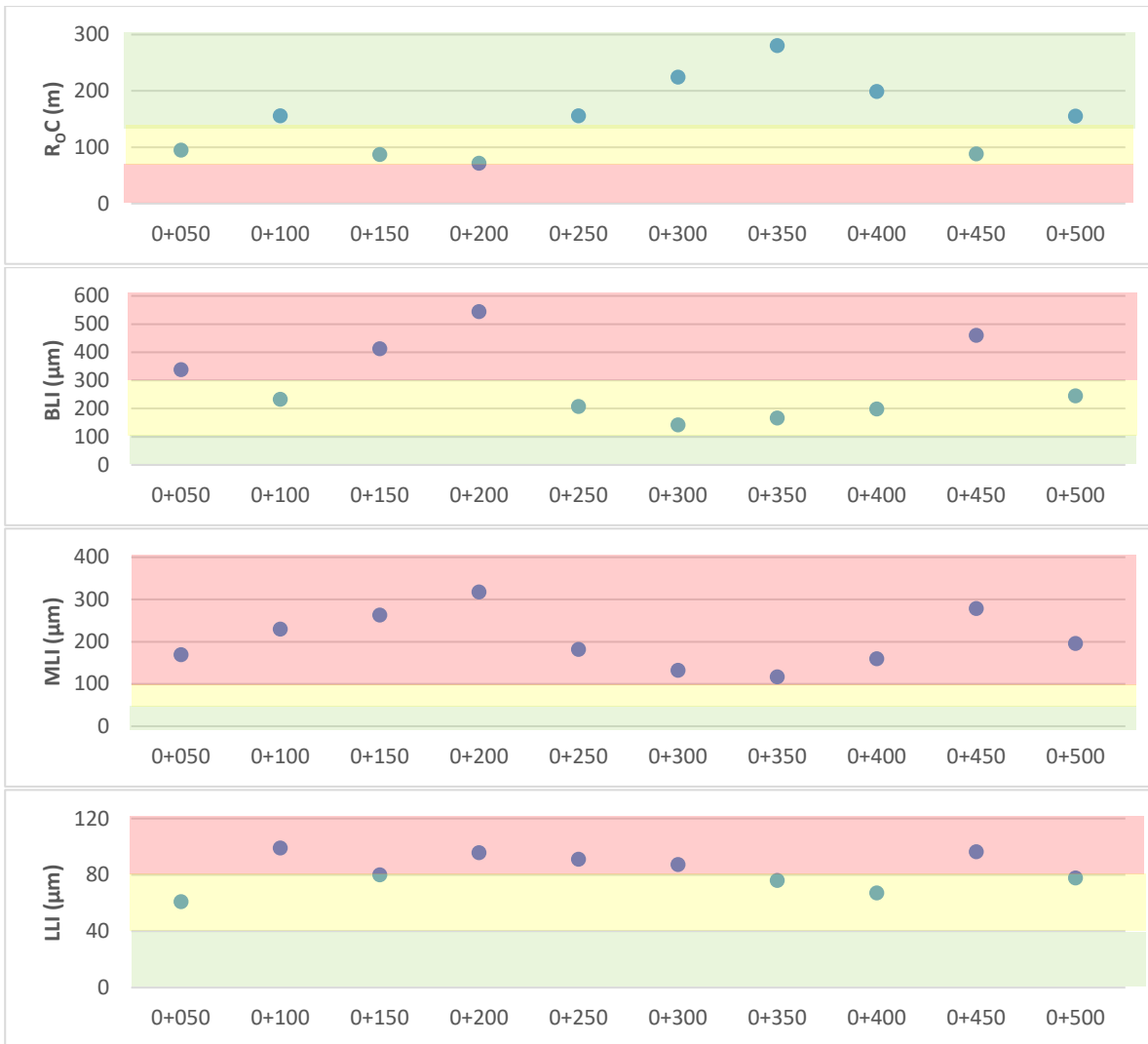
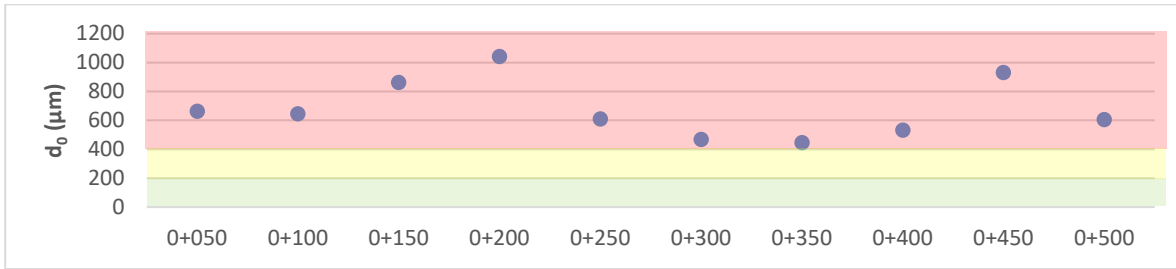


Figura 92. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril derecho de la marginal 6





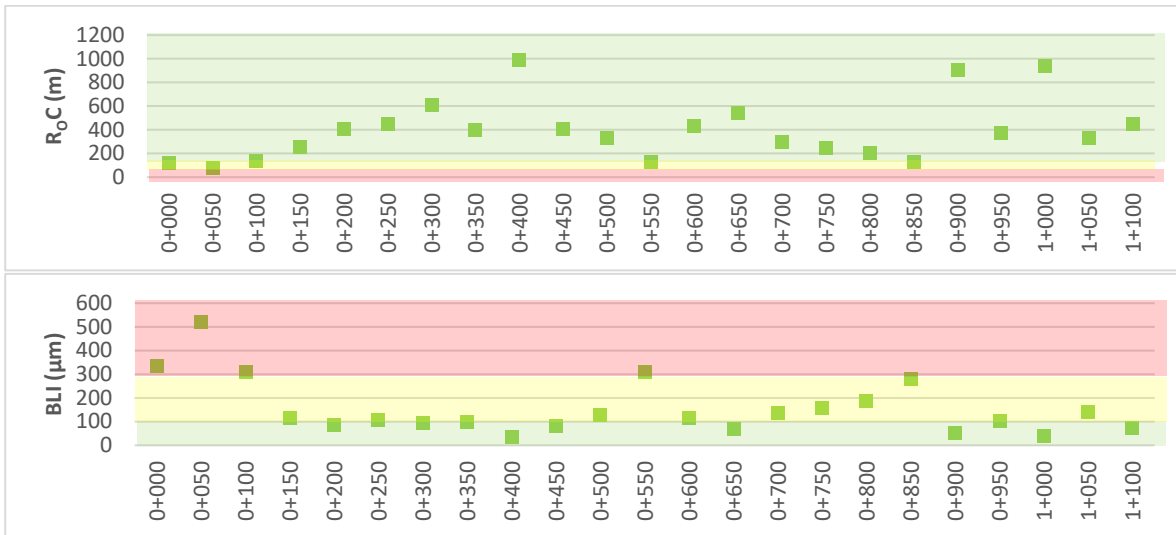
Sobre las mediciones realizadas en la Marginal 8

En la Figura 94 y Figura 95, se muestra la condición estructural de las secciones evaluadas en los carriles de la marginal 8 según los indicadores R₀C, BLI, MLI, LLI y d₀.

Las secciones 0+000 – 0+100, 0+500 – 0+600, 0+700 – 0+850, 0+950 y 1+050 del carril izquierdo de la marginal 8 tienen una condición estructural severa según los indicadores MLI, LLI y d₀. Además, las secciones 0+000 – 0+100 y 0+550 tienen una condición estructural severa según el indicador BLI (ver Figura 94).

Las secciones 0+025 – 0+175, 0+425 – 0+575, 0+725, 0+925, 0+975, 1+075 y 1+125 del carril derecho de la marginal 8 tienen una condición severa según los indicadores MLI y d₀. Además, las secciones 0+075, 0+125, 0+425 – 0+525, 0+725 y 1+125 tienen una condición severa según el indicador LLI (ver Figura 95).

Figura 93. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril izquierdo de la marginal 8



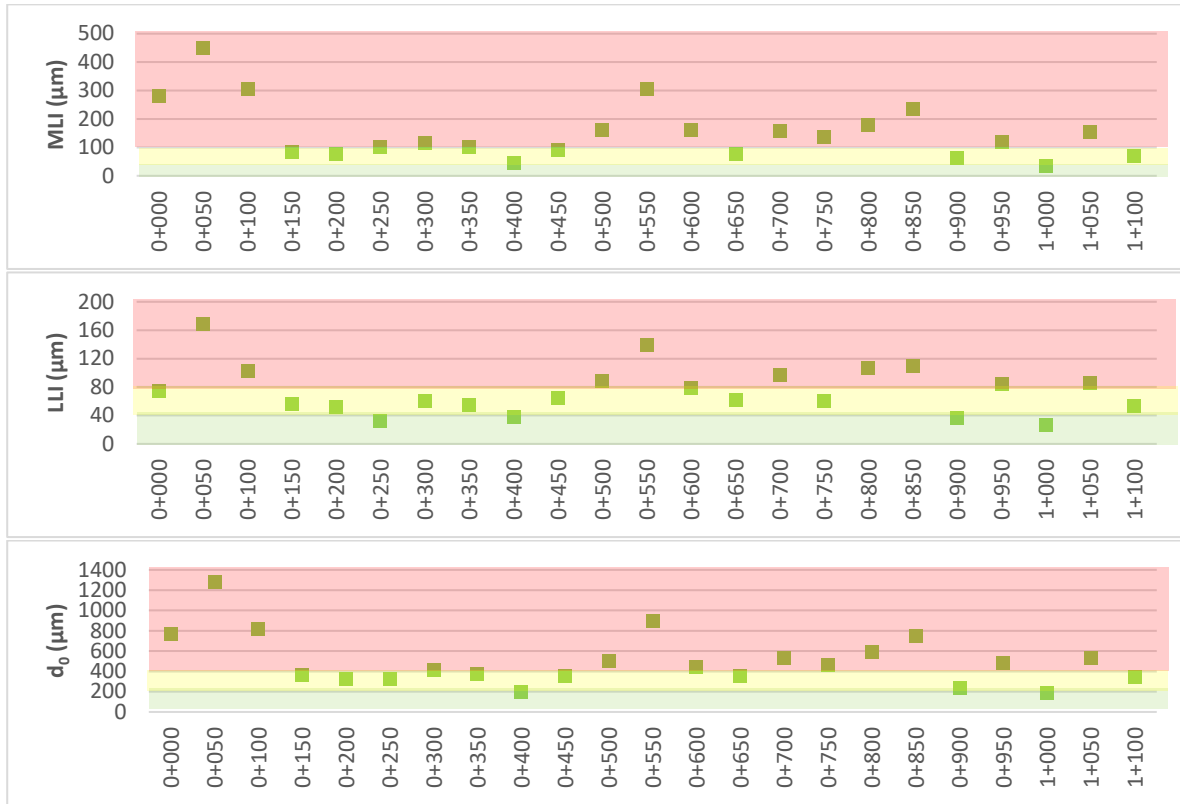
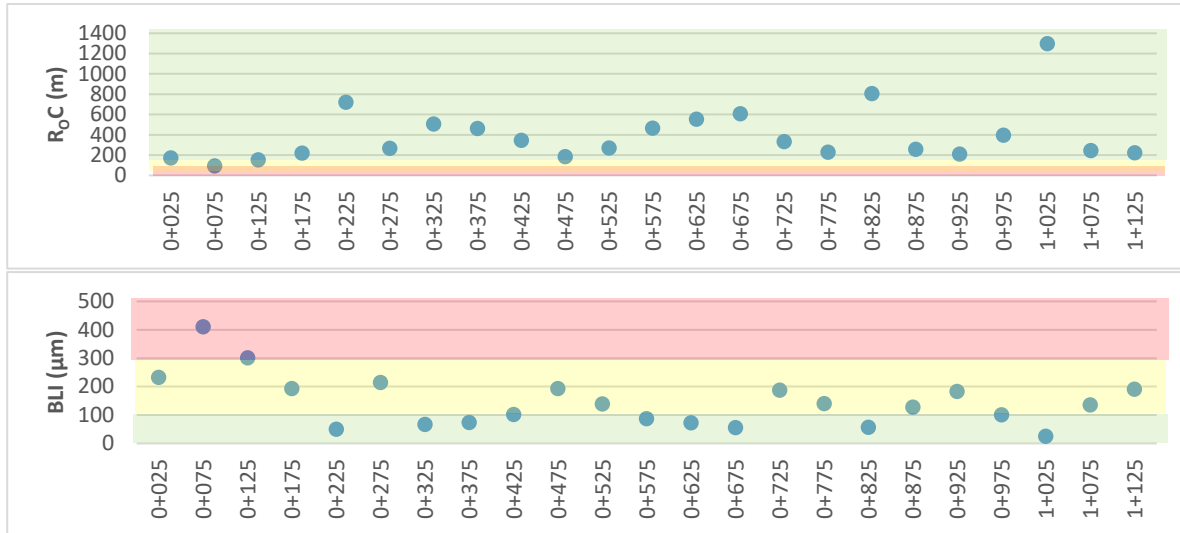
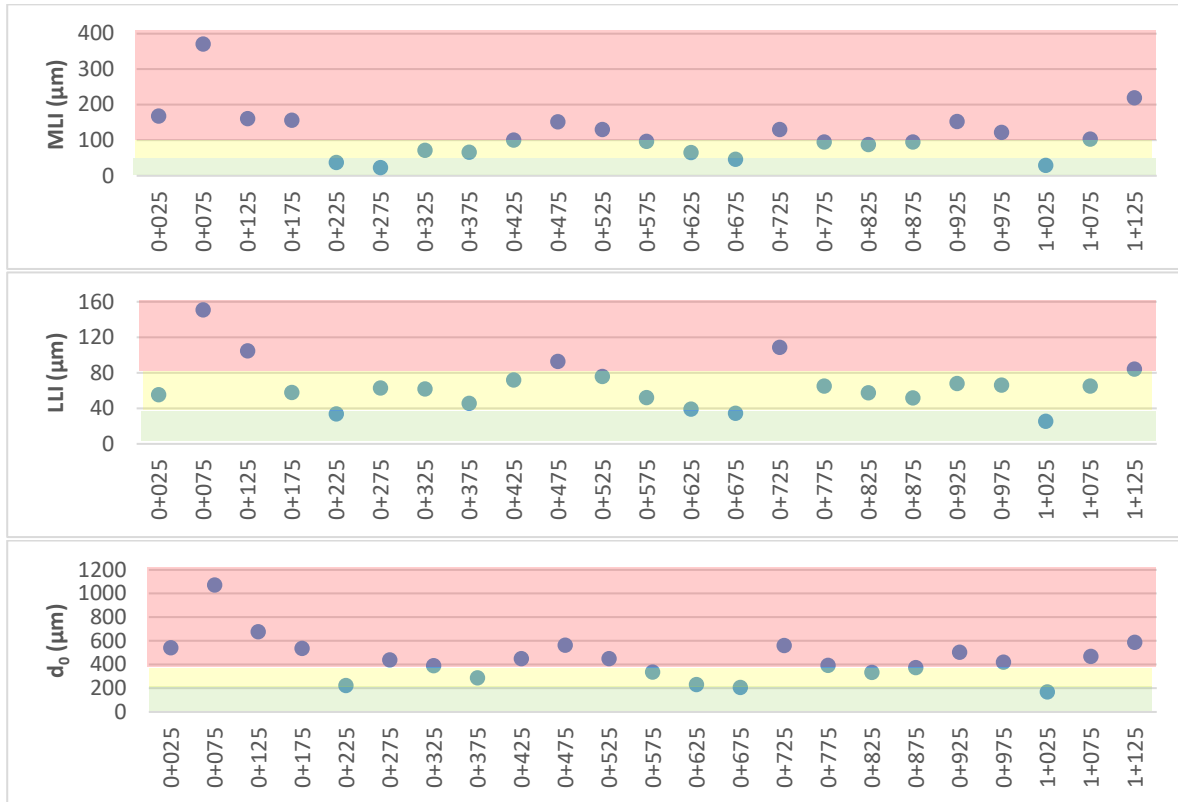


Figura 94. Condición estructural de las secciones evaluadas en el carril derecho de la marginal 8





Como se mencionó anteriormente, los indicadores MLI y LLI caracterizan la rigidez de las capas intermedias e inferiores de la estructura de pavimento, respectivamente. Por tanto, en aquellas secciones donde se identificaron deflexiones altas (d_0) y una condición estructural severa según los indicadores MLI y LLI, es posible que la capacidad estructural de las capas intermedias e inferiores se haya reducido producto de las altas cargas de tránsito a las que se sometieron las marginales del proyecto.

Los resultados de esta evaluación se comunicaron a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-524-2022 (de fecha 16/06/2022).

Ante los deterioros en las marginales del proyecto, la Supervisión emitió la no conformidad N°101 (de fecha 11/03/2021).

En el oficio de respuesta DM-2022-3049 (de fecha 06/07/2022), la Administración adjunta el oficio CR1-DI-0840-2022 (de fecha 01/07/2022), donde la Supervisión indica que es responsabilidad del Contratista realizar las evaluaciones correspondientes y proponer la intervención necesaria para restituir la condición estructural de todas las capas del pavimento que garantice un desempeño adecuado de las marginales durante toda la vida útil de diseño. Cabe destacar que, a la fecha de emisión de este informe, no se tiene conocimiento de las acciones realizadas por el Contratista.





OBSERVACIÓN 5. SE EVIDENCIARON AGRIETAMIENTOS, DETERIOROS, DEFORMACIONES E IRREGULARIDADES EN LAS BARRERAS DEL PROYECTO POR UNA CONSISTENCIA INADECUADA DEL CONCRETO.

Durante la visita realizada los días 5 y 6 de mayo de 2022, se observó que las barreras de contención vehicular construidas en el proyecto presentaban agrietamientos (ver Figura 96). Esta condición era generalizada en los 7,5 km de barrera que se habían construido hasta el momento.

Es criterio del Equipo Auditor que los agrietamientos mostrados en la Figura 96 pueden comprometer la durabilidad y desempeño de las barreras construidas, pues permiten la filtración de agua y corrosión del acero de refuerzo.

Además, se identificaron manchas de óxido al final de algunos de los agrietamientos (ver Figura 97), lo cual evidencia que el agua se filtra por los agrietamientos y corroe el acero de refuerzo.

También se identificaron algunos deterioros puntuales en la parte superior de algunas barreras (ver Figura 98).

Figura 95. Agrietamientos en las barreras de contención vehicular construidas en el proyecto. Fecha de las fotografías: 05/05/2022





Figura 96. Evidencia de filtración de agua (manchas de óxido) por los agrietamientos de las barreras. Fecha de las fotografías: 05/05/2022



Figura 97. Deterioros en algunas barreras construidas. Fecha de las fotografías: 05/05/2022



En la visita del 5 de mayo de 2022, se observó el proceso constructivo de la barrera en el estacionamiento 157+100. Un aspecto que llamó la atención del Equipo Auditor es que se formaron agrietamientos en el concreto fresco con un patrón similar al identificado en la Figura 99. Esta situación sugiere que los agrietamientos que se generaron en las barreras pueden estar relacionados con una consistencia inadecuada del concreto suministrado.





También se observó al personal del Contratista añadiendo concreto de manera manual en la parte superior de algunas barreras (ver Figura 100), ya que las mismas no satisfacían la altura establecida. Esta situación reafirma que el problema pudo estar relacionado con una consistencia inadecuada del concreto que permitió que el mismo se asentara y disminuyera la altura de la barrera.

Figura 98. Agrietamientos en el concreto fresco de las barreras de contención construidas el 5 de mayo de 2022. Estacionamiento: 157+100



Figura 99. Reparación por vía manual de la altura de las barreras de contención construidas el 5 de mayo de 2022. Estacionamiento: 157+100



El 6 de mayo, se observó que las barreras construidas el 5 de mayo tenían acabado irregular y presentaban grietas. En la Figura 101, se observa que las barreras presentan desviaciones importantes tanto en sentido longitudinal como transversal, y grietas en la parte superior y en





los costados, lo que de nuevo hace pensar que el concreto suministrado no tenía la consistencia adecuada para mantener su forma sin la presencia de formaletas.

Figura 100. Acabado irregular en las barreras de contención construidas el 5 de mayo de 2022





Estas situaciones fueron alertadas a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-417-2022 (de fecha 16/05/2022).

Dadas las situaciones mencionadas anteriormente, se realizó un cambio en la fórmula de trabajo del concreto. A partir de este cambio y de la visita realizada el 12 de mayo de 2022, se observó un concreto de mejor consistencia y una menor aparición de agrietamientos en la barrera.

Además, a partir de la visita realizada el 23 de junio de 2022, se observó que se realizaron reparaciones en los agrietamientos que se presentaron en las barreras (ver Figura 102).

Se debe mencionar que la Supervisión también observó deformaciones e irregularidades en las barreras entre los estacionamientos 165+480 y 165+530 y emitió la No conformidad N°236.

Figura 101. Reparaciones de los agrietamientos en las barreras. Fecha de las fotografías: 23/06/2022



También se observó que el manto de curado se colocó sin cobertura total ni homogénea en algunas de las barreras construidas (ver Figura 103). Esta condición puede generar agrietamientos por contracción térmica del concreto por un curado deficiente del mismo. No se tiene evidencia de que esta práctica constructiva, fuera mejorada, durante el transcurso del proyecto.



Figura 102. Manto de curado colocado sin cobertura total ni homogénea en algunas barreras construidas.
Fecha de las fotografías: 05/05/2022



Por otro lado, en las barreras construidas en el estacionamiento 155+700, se observó un tramo de aproximadamente 90 m con una textura superficial con poca pasta (ver Figura 64).



Figura 103. Barreras construidas en el estacionamiento 155+700 con aparente pérdida de pasta



Adicionalmente, durante las visitas realizadas los días 19 de abril, 5 de mayo y 12 de mayo de 2022, el Equipo Auditor no pudo identificar el personal a cargo de la inspección del proceso constructivo de las barreras de contención vehicular.

Estas situaciones también fueron alertadas a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-417-2022 (de fecha 16/05/2022).

Respecto a la condición de la barrera entre los estacionamientos 155+662 y 155+732, la Supervisión emitió la No conformidad N°235 (de fecha 25/05/2022).





Según lo comunicado por la Unidad Supervisora del proyecto, se han abierto dos No Conformidades sobre este tema, de las cuales una ya fue subsanada y cerrada; y la otra permanece abierta a la fecha de emisión de este informe, ya que falta por solventar las deformaciones excesivas e irregularidades en las barreras.

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:

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

- La resistencia a la compresión a 28 días de las muestras tomadas por la Verificación y por el LanammeUCR para el concreto estructural y morteros muestran una tendencia a encontrarse por encima del límite contractual.
- Todos los resultados obtenidos por la Verificación para la granulometría, límite líquido e índice de plasticidad de la subbase colocada en el proyecto se encuentran dentro de los parámetros contractuales.
- Algunos resultados obtenidos por la Verificación para la granulometría y plasticidad de la base granular a estabilizar se encuentran por fuera de los límites establecidos.
- Se identificaron algunos tramos de base estabilizada con cemento con una resistencia a la compresión inconfiada a 7 días por fuera de los límites contractuales, según los resultados de la Verificación y del LanammeUCR.
- Existen diferencias entre los resultados obtenidos por la Verificación y por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión inconfiada de la base estabilizada. Estas diferencias se pueden deber a las diferencias en el proceso de curado y de falla identificadas por el Equipo Auditor.
- Algunas muestras tomadas por la Verificación para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 12,5 mm y diseño 015-2019 presentan incumplimientos en los vacíos y granulometría. Se identificaron algunos incumplimientos en el contenido de asfalto, vacíos y VFA de las muestras tomadas por la Verificación para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 19 mm con diseño 18-786-20. Los demás resultados obtenidos por la Verificación muestran una tendencia a encontrarse dentro de los parámetros contractuales y lo establecido en el diseño correspondiente.
- Se identificaron algunos incumplimientos en los vacíos en núcleos para la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm colocada en junio 2020, cuyo factor de pago cayó en la zona de rechazo. Los demás resultados obtenidos por la Verificación muestran una tendencia a encontrarse dentro de los parámetros contractuales.
- Los factores de pago determinados por el Equipo Auditor según lo establecido en la sección 107.05 del Cartel de Licitación y los resultados obtenidos por la Verificación para la base estabilizada con cemento y mezcla asfáltica coinciden con los reportados por el laboratorio de verificación.





- Tanto los resultados obtenidos por la Verificación como por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión y flexotracción a 28 días y la temperatura de colocación del concreto para pavimento muestran una tendencia a encontrarse dentro de los parámetros contractuales.
- Algunos tramos del pavimento de concreto hidráulico presentan un espesor por debajo del límite inferior establecido. A la emisión de este informe, no es del conocimiento del Equipo Auditor que se haya realizado algún proceso de subsanación.

SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS

- Se observaron algunas prácticas constructivas inadecuadas en la construcción del pavimento de concreto hidráulico: colocación con lluvia, ranurado deficiente, suministro de concreto deficiente, desgaste prematuro, formaleta inadecuada y falta de humedecimiento de la base. A la fecha de emisión de este informe no se tiene conocimiento que se hayan cerrado las No conformidades relacionadas con estas prácticas inadecuadas.
- Se identificaron algunos deterioros en las losas de pavimento de concreto construidas. No obstante, se realizaron procesos de reparación para estos deterioros.
- Se identificaron agrietamientos en los tableros de los puentes sobre el río Higerón, Salitral y Javillos. Los procesos de subsanación realizados se consideran adecuados.
- En el paso a desnivel Aserradero, se identificaron aberturas excesivas entre los paneles prefabricados, erosión en los taludes de relleno y problemas en los drenajes. Ninguno de estos problemas ha sido solventado a la fecha.
- En el muro del lado derecho del bastión 2 del paso a desnivel San Miguel se evidenciaron incumplimientos en la verticalidad. No obstante, el análisis de estabilidad realizado por el diseñador concluye que no hay un problema de estabilidad en el muro a pesar de los desplomes. El Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR considera adecuado el análisis realizado. Sin embargo, no se han cerrado las no conformidades con respecto a este tema.
- Se identificaron agrietamientos en los tubos de alcantarilla del drenaje transversal en el paso a desnivel San Miguel. Estos agrietamientos se sellaron, pero no es del conocimiento del Equipo Auditor que se haya realizado un análisis estructural que garantice la capacidad estructural de la alcantarilla dados los agrietamientos que presenta y las cargas a las que va a ser sometida durante su vida útil.
- Las marginales del proyecto presentan deterioros debido a que la totalidad del tránsito del tronco principal circuló por ellas, por un periodo aproximado de 2 años, sin estar diseñadas para ello. Según el análisis realizado, las capas intermedias e inferiores presentan deterioros, por lo que la estrategia de intervención debe considerar la restitución estructural de estas capas. A la fecha no se han intervenido las marginales del proyecto que presentaron deterioros.
- Se evidenciaron agrietamientos, deformaciones e irregularidades en las barreras del proyecto. Es criterio del Equipo Auditor que los problemas se presentaron por una





consistencia inadecuada del concreto suministrado. Estos problemas se solventaron luego de un cambio en la fórmula de trabajo del concreto.

11. RECOMENDACIONES

A continuación, se listan las recomendaciones del informe para que sean consideradas por la Administración, con el propósito de que puedan definirse e implementarse acciones integrales para este proyecto en específico y para futuros proyectos de infraestructura vial.

A la Unidad Ejecutora

- Sustituir o reparar los tramos que se construyeron con materiales, con parámetros por fuera de los límites establecidos.
- Sustituir los tramos de pavimento de concreto con espesor menor al establecido.
- Dar seguimiento a la verticalidad del muro este del bastión 2 del paso a desnivel San Miguel durante la etapa operativa del proyecto.
- Realizar un análisis estructural para la alcantarilla agrietada en el paso a desnivel San Miguel.
- Proteger los taludes del paso a desnivel Aserradero contra la erosión.
- Valorar la realización de una intervención del pavimento de las marginales 2, 6 y 8.

Al Programa de Infraestructura del Transporte (PIT) del MOPT

- Establecer un procedimiento de curado para las muestras de base estabilizada con cemento que satisfaga lo establecido en la sección 11.1 de la norma ASTM 1632 desde el inicio de los proyectos viales a su cargo.
- Se recomienda incluir ensayos de fricción y deflectometría como parte de los requisitos cartelarios, para la recepción de proyectos.



12. REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2012). *AASHTO LRFD Bridge design specifications*. Washington: Customary U.S. Units.
- ACI. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19)*. Farmington Hills, U.S.A.: American Concrete Institute.
- ASTM. (2017). *ASTM D1632 Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory*.
- ASTM. (2017). *ASTM D1633-17 Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders*.
- ASTM. (2021). *ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.
- ASTM. (2022). *ASTM C78 Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*.
- BSI standards. (2000). *BS-7941-2 Methods for measuring the skid resistance of pavement surfaces. Test method for measurement of surface skid resistance using the GripTester braked wheel fixed slip device*.
- Horak, E. (1987). *Aspects of deflection basin parameters used in a mechanistic rehabilitation design procedure for flexible pavements in South Africa (Doctoral dissertation)*. University of Pretoria.
- Horak, E. (2008). *Benchmarking the structural condition of flexible pavements with deflection*. Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 50(2), 2-9.
- LanammeUCR. (2018). *LM-PI-UMP-083-R1 Parámetros de análisis estructural de*. San José: Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR. (2021). *LM-PIE-18-2021 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL TABLERO DE CONCRETO REFORZADO DE LOS DOS PUENTES NUEVOS SOBRE EL RÍO SALITRAL DEL PROYECTO AMPLIACIÓN Y REHABILITACIÓN DE RUTA NACIONAL Nº 1, CARRETERA INTERAMERICANA NORTE, SECCIÓN LIMONAL – CAÑAS*. San José.
- LanammeUCR. (2022). *EIC-Lanamme-INF-0136-2022 Visita de evaluación de muros de suelo reforzado y aspectos geotécnicos en el proyecto Ruta Nacional 1, Limonal-Cañas*. San José.
- LanammeUCR. (2022). *EIC-Lanamme-INF-0441-2022 Informe de verificación de deformaciones verticales en los muros de relleno reforzado del paso elevado San Miguel en Ruta Nacional 1, Limonal- Cañas*. San José.
- LanammeUCR. (2022). *EIC-Lanamme-INF-0792-2022 Informe de revisión de la nota de respuesta DM-2022-2415 Proyecto Limonal - Cañas*. San José.
- MOPT. (2017). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010*. San José.
- Talvik, O. (2009). *Use of FWD deflection basin parameters (SCI, BDI, BCI) for pavement condition assessment*. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering.



EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves, MBA Auditor Técnico	Revisado por: Ing. Fiorella Murillo Contreras Auditora Técnica	Revisado por: Ing. Alvaro Cerdas Murillo Auditor Técnico
Revisión legal por: Lic. Giovanni Sancho Sanz Coordinador de Asesoría Legal	Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	Aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph. D. Director LanammeUCR





13. ANEXOS

ANEXO 1. PROCESO DE VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA AUDITORÍA REALIZADA

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/JQE8BaAE95krCpl>

ANEXO 2. DESCARGO DE INFORME PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-1764-2022

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/2bMdbYpLMli0q02>

ANEXO 3. ANÁLISIS DEL DESCARGO DE INFORME PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-1764-2022

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/9IyjPih1exWD9ef>