



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

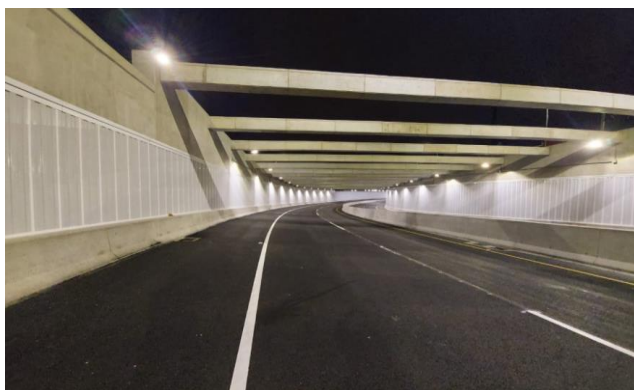
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica LanammeUCR

Informe final LM-INF-EIC-D-0001-2021

Informe de Auditoría Técnica

Estudios preliminares, prácticas constructivas y calidad de materiales del proyecto Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39

Licitación ITB-CRPC-96800-2018



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

Agosto, 2021





1. Informe de Auditoría Técnica LM-INF-EIC-D-0001-2021	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Estudios preliminares, prácticas constructivas y calidad de materiales del proyecto Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39 Licitación ITB-CRPC-96800-2018.	4. Fecha del Informe Agosto 2021	
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <p>Este informe recopila hallazgos y observaciones sobre la auditoría externa realizada a la Licitación ITB-CRPC-96800-2018 para la Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39 durante el periodo comprendido entre los meses de febrero 2020 y abril 2021. Dentro del estudio realizado se abordaron temas relacionados con los estudios preliminares y especificaciones del proyecto, procesos constructivos, gestión y evaluación de la calidad de materiales.</p> <p>Sobre los estudios preliminares se identificaron oportunidades de mejora en relación con los contenidos y justificaciones técnicas empleadas en los apartados de hidrología, pavimentos y estructuras del proyecto. Por otro lado, en relación con el estudio de las especificaciones para el desarrollo de actividades topográficas se identificaron debilidades y oportunidades de mejora.</p> <p>Respecto al proceso constructivo se evidenció la colocación de tuberías con deterioros de severidad leve en el proyecto, un caso aislado de colocación de concreto con distinta resistencia según lo especificado en planos, agrietamientos y fisuras en barreras de contención y muros asociados a prácticas constructivas. Además, se identificó la necesidad de un monitoreo continuo de los drenajes de la pantalla de pilotes, oportunidades de mejora en el proceso constructivo de bases estabilizadas y como aspecto positivo, la metodología adoptada en la colocación de la capa de ruedo en beneficio del IRI del proyecto</p> <p>En la parte de gestión se evidenció de forma positiva la incorporación de aplicaciones digitales para el registro de labores de inspección en el proyecto.</p> <p>Por último, en la parte de calidad a partir del análisis de ensayos realizados por la Supervisión y el LanammeUCR, se determinó una tendencia al cumplimiento del concreto y el acero. Se evidenciaron incumplimientos más notorios en relación con la graduación de subbase granular, resistencia a la compresión de la base estabilizada, parámetro de VFA en las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 19 mm y fatiga en mezcla asfáltica utilizada como capa intermedia esta última según los resultados de ensayos realizados por el LanammeUCR.</p>		
10. Palabras clave Auditoría Técnica, Estudios Preliminares Prácticas constructivas, Calidad, Inspección, Gestión, Guadalupe	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 116



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
Estudios preliminares, prácticas constructivas y calidad de materiales del proyecto
Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39
Licitación ITB-CRPC-96800-2018.

Departamento encargado del proyecto:

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

Supervisora del proyecto: UNOPS-Consorcio PEYCO

Laboratorio de verificación de calidad: LGC Ingeniería de Pavimentos S.A

Empresa contratista (fase construcción): Puentes y Calzadas Grupo de Empresas S.A

Laboratorio de control de calidad: Castro & de la Torre, ITP

Monto original del contrato: USD 19 515 815,40

Plazo original de ejecución: 425 días

Proyecto: Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39

Director General LanammeUCR:

Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

Asesor Legal LanammeUCR:

Lic. Nidia Segura Jiménez

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:

Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Auditor Técnico Líder.

Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Técnico Adjunto.

Ing. Fiorella Murillo Contreras, Auditora Técnica Adjunta.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN... 10
OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS... 10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA ... 11
ALCANCE DEL INFORME ... 11
ANTECEDENTES ... 12
METODOLOGÍA... 13
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ... 16
Audiencia preliminar ... 17
RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA ... 18
Sobre Estudios Preliminares ... 18
Estudios hidrológicos ... 18
Observación 1: Los caudales máximos instantáneos estimados en el sitio donde el río Torres pasa bajo la Ruta Nacional No. 39 pueden no ser representativos de la cuenca en estudio, debido al carácter empírico de la metodología seleccionada para calcularlos. 19
Observación 2: La información meteorológica utilizada como base para el modelado hidrológico de la cuenca del río Torres con HEC-HMS puede no ser representativa de la cuenca en estudio. 20
Pavimentos ... 22
Observación 3. Se evidenció que la información de la actualización del diseño de pavimentos correspondiente al retrocálculo de módulos es insuficiente y genera incertidumbre en algunos de los resultados obtenidos. 22
Diseño Estructural..... 27
Hallazgo 1. La fuerza de sismo utilizada en la memoria de cálculo para el diseño del intercambio fue tomada de la normativa incorrecta. 27
Hallazgo 2. Se presentaron omisiones o información faltante en distintos elementos estructurales del intercambio. 27
Topografía ... 28
Observación 4. Oportunidad de mejora en la redacción del cartel de licitación, en el área de ingeniería topográfica. 28
Sobre laS prácticas constructivas ... 31
Hallazgo 3. Se evidenció la colocación de tuberías con deterioros de severidad leve como parte de las obras de drenaje del proyecto. 31
Observación 5. Se evidenció un problema en la estimación del volumen del concreto en una de las placas de cimentación del puente peatonal del proyecto, lo cual generó la colocación de concretos con distintas resistencias incidiendo en la resistencia final del elemento. 36



Observación 6. Se evidenció la aparición de agrietamientos y fisuras en las barreras de concreto tipo New Jersey y en un par de muros de concreto, asociadas a problemas de curado y corte tardío de juntas, no obstante, la mayoría de grietas fueron Subsanaadas.39

Observación 7. se evidencia un potencial riesgo en el desempeño del sistema de drenajes adoptado en la pantalla de pilotes ante una posible reducción de la capacidad hidráulica del canal colector interno de concreto. y el desconocimiento del estudio hidráulico a partir del cual se construyó.45

Observación 8. Se observó la incorporación del agua de forma no uniforme durante el proceso constructivo de bases estabilizadas.....51

Observación 9. Se evidenció la colocación de la capa de rodadura de la estructura de pavimentos de forma continua a lo largo de la totalidad de algunos de los carriles del tronco principal del proyecto en beneficio del acabado y regularidad superficial del carril.54

Sobre la gestión del proyecto56

Observación 10. Se evidenció la utilización de aplicaciones digitales para el registro de las labores de inspección por parte de la Supervisión del proyecto bajo la coordinación de UNOPS.56

Sobre la calidad del proyecto58

Hallazgo 4. Las muestras de concreto tomadas por el LanammeUCR y la Supervisión tienen una resistencia superior a la resistencia mínima establecida en los documentos contractuales para el concreto estructural de 300 kg/cm². Los parámetros de asentamiento y temperatura medidos por el LanammeUCR tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos.59

Hallazgo 5. Se identificó el cumplimiento de la mayoría de parámetros de calidad del acero según lo establecido en la norma ASTM A706 de las muestras ensayadas por el LanammeUCR, a excepción de las varillas N°4 de la muestra del 24 de junio de 2020 en la cual se evidenciaron algunos incumplimientos en la elongación.....64

Hallazgo 6. Se evidenciaron incumplimientos relacionados con la graduación del material de subbase utilizado en el proyecto, especialmente con lo relacionado con la malla #4 y #1/2”71

Hallazgo 7. Se evidenció un incumplimiento del 31% de los resultados de resistencia a la compresión de la base estabilizada colocada en el proyecto de acuerdo con los datos de calidad de la Supervisión, además algunas de las muestras de del LanammeUCR tienen una resistencia por fuera de los límites permitidos en los documentos contractuales73

Mezcla Asfáltica77

Hallazgo N°8. Se evidenció un porcentaje de incumplimiento de un 35% en el parámetro de VFA en las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 19 mm ensayadas por la Supervisión, los demás parámetros mostraron una tendencia al cumplimiento de los límites establecidos en el diseño de mezcla asfáltica y los documentos contractuales. Además, la muestra tomada por el LanammeUCR el día 02 de marzo de 2021 presentó incumplimiento en varios parámetros volumétricos incluido el VFA.....77

Hallazgo N°9. Se evidenció que los parámetros Superpave de las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 12,5mm tomadas por el laboratorio de verificación y el LanammeUCR



tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos en el diseño de mezcla asfáltica y los documentos contractuales.	82
Hallazgo 10. Se evidenció una tendencia al cumplimiento de las vacíos de la mezcla asfáltica colocada en el proyecto	85
Hallazgo 11. La mayoría de las muestras tomadas por el LanammeUCR no satisfacen los requerimientos establecidos para la resistencia a fatiga.	86
CONCLUSIONES	87
Estudios preliminares.....	87
Prácticas Constructivas	88
Gestión del Proyecto.....	89
Calidad del proyecto	89
RECOMENDACIONES	91
Estudios preliminares.....	91
Prácticas Constructivas	91
Gestión del Proyecto.....	92
Calidad del proyecto	92
Referencias	94
Anexos.....	96
A1. descargo de informe preliminar LM-INF-EIC-D-0001-B-2021	96
A2. Análisis del descargo de informe preliminar LM-INF-EIC-D-0001-B-2021	97

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. FUENTE: CONAVI, 2015	17
FIGURA 2. UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS PARA EL PROYECTO EN CUESTIÓN .	21
FIGURA 3. RESULTADOS DEL RETROCÁLCULO DE MÓDULOS EN LA ESTRUCTURA EXISTENTE ACCESO ROTONDA GUADALUPE-SAN JOSÉ	23
FIGURA 4. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÓDULOS DEL INSTITUTO DEL ASFALTO Y VALORES RETROCALCULADOS	24
FIGURA 5. UBICACIÓN CALICATAS CON TOBA CEMENTO O BASE ESTABILIZADA.	25
FIGURA 6. NÚMERO ESTRUCTURAL ROTONDA DE GUADALUPE –CALLE BLANCOS.....	26
FIGURA 7. TUBERÍA DE CONCRETO CON DETERIORO EN CAMPANA Y ACERO EXPUESTO EN PLATAFORMA DE CAMIÓN PREVIO A DESCARGA. FECHA: 10 DE SETIEMBRE DE 2020.	35
FIGURA 8. TUBERÍA DE CONCRETO CON DETERIOROS COLOCADA COMO PARTE DEL DRENAJE DEL PROYECTO.	35
FIGURA 9. COLOCACIÓN DE CONCRETO EN PLACA DE FUNDACIÓN PUENTE PEATONAL, RESISTENCIA DE 300 KG/CM ² . FECHA: 15 DE OCTUBRE DE 2020. FUENTE: LANAMMEUCR.	37
FIGURA 10. NIVEL DE CONCRETO ALCANZADO ANTE LA DESCARGA DEL ÚLTIMO DE CAMIÓN DE CONCRETO PROGRAMADO. FECHA: 15 DE OCTUBRE DE 2020. FUENTE: LANAMMEUCR	37
FIGURA 11. COLOCACIÓN DE CONCRETO RESTANTE PLACA DE FUNDACIÓN PUENTE PEATONAL, RESISTENCIA DE 250 KG/CM ² . FECHA: 15 DE OCTUBRE DE 2020. FUENTE: LANAMMEUCR.	38
FIGURA 12. DESFASE ENTRE GRIETA Y EL CORTE CON SIERRA, ASÍ COMO AGRIETAMIENTOS EN LAS BARRERAS TIPO NEW JERSEY, FRENTE 1 Y 3. FECHA: 5 DE AGOSTO DE 2020.	40



FIGURA 13. AGRIETAMIENTOS EN LAS BARRERAS TIPO NEW JERSEY DEL FRENTE 1 Y REFLEJO DE LA FISURA A TRAVÉS DEL RESANE REALIZADO EN LA MISMA, DONDE SE APRECIA LA LÍNEA MARCADA PARA EL CORTE CON SIERRA Y EL DESFASE CON EL REFLEJO DE LA GRIETA. FECHA: 26 DE AGOSTO DE 2020.....	40
FIGURA 14. RESANE INCOMPLETO Y RANURADO CON SIERRA, EN EDADES AVANZADAS DEL CONCRETO, EN BARRERAS TIPO NEW JERSEY, FRENTE 1 Y 4. FECHAS: 5 Y 26 DE AGOSTO DE 2020, RESPECTIVAMENTE.	41
FIGURA 15. GRIETAS IDENTIFICADAS EN BARRERA TIPO NEW JERSEY EN LA SECCIÓN HORIZONTAL SUPERIOR Y EN EL CAMBIO DE SECCIÓN VERTICAL. FECHA: 5 FEBRERO 2021.....	41
FIGURA 16. GRIETAS IDENTIFICADAS EN BARRETA TIPO NEW JERSEY. FECHA: 16 MARZO 2021.	43
FIGURA 17. GRIETAS IDENTIFICADAS EN BARRETA TIPO NEW JERSEY. FECHA: 16 MARZO 2021.	43
FIGURA 18. RESANE EN BARRETA TIPO NEW JERSEY. FECHA: 10 MARZO 2021.....	44
FIGURA 19. RESANE EN BARRETA TIPO NEW JERSEY. FECHA: 10 MARZO 2021.....	44
FIGURA 20. FILTRACIONES DE AGUA PANTALLA DE PILOTES, SECTOR SUR MURO EN EL SENTIDO SAN PEDRO - CALLE BLANCOS. FECHA: 08 DE ENERO DE 2021	45
FIGURA 21. FILTRACIONES DE AGUA PANTALLA DE PILOTES, SECTOR NORTE MURO EN EL SENTIDO SAN PEDRO - CALLE BLANCOS. FECHA: 05 DE FEBRERO DE 2021.....	45
FIGURA 22. FILTRACIONES DE AGUA PANTALLA DE PILOTES, SECTOR NORTE MURO EN EL SENTIDO SAN PEDRO - CALLE BLANCOS. FECHA: 01 DE MARZO DE 2021	46
FIGURA 23. FILTRACIONES DE AGUA PANTALLA DE PILOTES, SECTOR SUR MURO EN EL SENTIDO CALLE BLANCOS - SAN PEDRO. FECHA: 05 DE FEBRERO DE 2021	46
FIGURA 24. DETALLE DEL DRENAJE EN EL MURO DE PILOTES DE LOS BASTIONES. FUENTE: CONAVI, 2015....	47
FIGURA 25. DRENAJES TRANSVERSALES A PANTALLA DE PILOTES Y CANAL INTERNO DE CONCRETO CONSTRUIDO COMO COLECTOR DE DRENAJES. FECHA: 23 DE FEBRERO DE 2021	48
FIGURA 26. CANAL COLECTOR CAZ DRENAJES PANTALLA DE PILOTES MURO SECTOR NORTE EN EL SENTIDO SAN PEDRO-CALLE BLANCOS. FECHA: 23 DE FEBRERO DE 2021.....	49
FIGURA 27. AGUA ACUMULADA EN CANAL INTERNO COLECTOR DE DRENAJES HORIZONTALES PANTALLA DE PILOTES. FECHA: 17 Y 23 DE FEBRERO DE 2021.....	49
FIGURA 28. LIMPIEZA DE CANAL PREVIO A LA COLOCACIÓN DE PANELES DE RECUBRIMIENTO PANTALLA DE PILOTES. FECHA: 17 DE FEBRERO DE 2021	50
FIGURA 29. DOSIFICACIÓN DE AGUA EN PROCESO DE ESTABILIZACIÓN DE AGREGADOS, ACUMULACIÓN DE AGUA PRODUCTO DE UNA DOSIFICACIÓN NO UNIFORME. FECHA 08 DE ENERO DE 2021.....	51
FIGURA 30. DOSIFICACIÓN DE AGUA EN PROCESO DE ESTABILIZACIÓN DE AGREGADOS, ACUMULACIÓN DE AGUA PRODUCTO DE UNA DOSIFICACIÓN NO UNIFORME. FECHA 13 DE ENERO DE 2021.....	52
FIGURA 31. PROCESO DE PAVIMENTACIÓN SEGUNDA CAPA, CARRIL INTERNO SENTIDO SAN PEDRO PASO ANCHO. FECHA 01 DE MARZO DE 2021	54
FIGURA 32. JUNTA TRANSVERSAL CARRIL EXTERNO SENTIDO SAN PEDRO-CALLE BLANCOS, ESTACIONAMIENTO 1+000. FECHA 22 DE MARZO DE 2021	55
FIGURA 33. REGISTRO DE INSPECCIÓN CORRESPONDIENTE A LABORES DE CONSTRUCCIÓN DE PILOTES. FECHA 30 DE ABRIL DE 2020.	56
FIGURA 34. REGISTRO DE INSPECCIÓN CORRESPONDIENTE A LABORES DE CONSTRUCCIÓN DE PILOTES. FECHA, MARZO, 2020.	57
FIGURA 35. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A PARA PILOTES.....	59
FIGURA 36. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A PARA PILOTES.....	60
FIGURA 37. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ASENTAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A	60



FIGURA 38. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS 61

FIGURA 39. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A PARA PILOTES..... 61

FIGURA 40. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ASENTAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A 62

FIGURA 41. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A LOS 28 DÍAS DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A PARA PILOTES 63

FIGURA 42. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A PARA PILOTES 63

FIGURA 43. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL ASENTAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CONCRETO ESTRUCTURAL CLASE A..... 64

FIGURA 44. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ESFUERZO DE FLUENCIA PROMEDIO DEL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. FECHA DE MUESTREO: (A)24/06/2020 (B)23/09/2020 65

FIGURA 45. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ESFUERZO DE MÁXIMO PROMEDIO DEL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. FECHA DE MUESTREO: (A)24/06/2020 (B)23/09/2020 66

FIGURA 46. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. FECHA DE MUESTREO: (A)24/06/2020 (B)23/09/2020 67

FIGURA 47. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ESPACIAMIENTO PROMEDIO ENTRE CORRUGACIONES DEL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. FECHA DE MUESTREO: (A)24/06/2020 (B)23/09/2020..... 68

FIGURA 48. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA ALTURA DE CORRUGACIÓN PROMEDIO DEL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. FECHA DE MUESTREO: (A)24/06/2020 (B)23/09/2020 69

FIGURA 49. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL ANCHO INDIVIDUAL DE SEPARACIÓN DE CORRUGACIÓN PROMEDIO DEL ACERO DE REFUERZO UTILIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO. FECHA DE MUESTREO: (A)24/06/2020 (B)23/09/2020 70

FIGURA 50. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA GRANULOMETRÍA DE LAS MUESTRAS DEL MATERIAL DE SUBBASE..... 72

FIGURA 51. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A 7 DÍAS DE LAS MUESTRAS DEL MATERIAL DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO.. 74

FIGURA 52. ANÁLISIS ESTADÍSTICO REALIZADO POR UNOPS SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A 7 DÍAS DE LAS MUESTRAS DEL MATERIAL DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO. FUENTE: UNOPS ,2021. 75

FIGURA 53. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE A 7 DÍAS DE LAS MUESTRAS DEL MATERIAL DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO 76

FIGURA 54. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL CONTENIDO DE ASFALTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM COLOCADA EN EL PROYECTO..... 77

FIGURA 55. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS DE AIRE DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM COLOCADA EN EL PROYECTO 78

FIGURA 56. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA) DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM COLOCADA EN EL PROYECTO 78



FIGURA 57. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA) DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM COLOCADA EN EL PROYECTO..... 78

FIGURA 58. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA RAZÓN POLVO ASFALTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM COLOCADA EN EL PROYECTO 79

FIGURA 59. ANÁLISIS ESTADÍSTICO REALIZADO POR UNOPS SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA DE 19 MM ENSAYADA EN EL PROYECTO. 79

FIGURA 60. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL CONTENIDO DE ASFALTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM COLOCADA EN EL PROYECTO..... 82

FIGURA 61. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS DE AIRE DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM COLOCADA EN EL PROYECTO 82

FIGURA 62. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA) DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM COLOCADA EN EL PROYECTO 83

FIGURA 63. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LOS VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA) DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM COLOCADA EN EL PROYECTO..... 83

FIGURA 64. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA LA RAZÓN POLVO ASFALTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM COLOCADA EN EL PROYECTO 83

FIGURA 65. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN PARA EL PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL SITIO (NÚCLEOS) DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE COLOCADA EN EL PROYECTO (NÚCLEOS). 85

FIGURA 66. RESULTADOS OBTENIDOS POR EL LANAMMEUCR PARA EL PORCENTAJE DE VACÍOS EN EL SITIO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE COLOCADA EN EL PROYECTO(NÚCLEOS)..... 86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA 14

TABLA 2. REGISTRO DE TUBERÍAS CON DETERIOROS IDENTIFICADAS EN LAS VISITAS DEL EQUIPO AUDITOR 31

TABLA 3. BASE ESTABILIZADA CON INCUMPLIMIENTOS DEL PARÁMETRO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, ENERO 2020. FUENTE: PEYCO,2021 53

TABLA 4. GRADUACIONES SUBBASE GRANULAR ENSAYOS DE SUPERVISIÓN, ENERO 2020-ENERO 2021 71

TABLA 5. CAPACIDAD SOPORTE Y LÍMITES DE ATTERBERG SUBBASE GRANULAR ENSAYOS DE SUPERVISIÓN, ENERO 2020-ENERO 2021 72

TABLA 6. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA SUBBASE..... 73

TABLA 7. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 19 MM 81

TABLA 8. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS POR EL LANAMMEUCR PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA TMN 12,5 MM 84

INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
Estudios preliminares, prácticas constructivas y calidad de materiales del proyecto
Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39
Licitación ITB-CRPC-96800-2018.

INTRODUCCIÓN

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

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

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

OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

Para este informe en particular se busca de forma general evaluar parámetros de diseño, estudios básicos, calidad de materiales, procesos constructivos de la estructura de pavimento, puentes y otras estructuras consideradas dentro del proyecto de **“Construcción de un paso a desnivel en la intersección de Guadalupe sobre la Ruta Nacional No.39”**, con el fin de fiscalizar la eficiencia en la ejecución del proyecto y el control de los riesgos potenciales de atraso en los plazos de conclusión, gastos adicionales por aspectos previsibles y durabilidad requerida por las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas y buenas prácticas de la ingeniería de carreteras.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

- Analizar y evaluar el contenido de los diseños y sus actualizaciones de los diferentes elementos del proyecto.
- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de los materiales a partir de muestreos puntuales realizados de conformidad a la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la Ingeniería.
- Informar oportunamente a la Administración sobre los resultados de ensayo que se realicen a los distintos materiales analizados y las observaciones realizadas durante las visitas.
- Evaluar y comparar los resultados de ensayos de calidad del laboratorio de Verificación de Calidad del proyecto de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la Ingeniería.
- Valorar las prácticas constructivas y verificar si cumplen con la normativa vigente y las buenas prácticas de la Ingeniería.
- Realizar visitas periódicas al proyecto y verificar si las prácticas constructivas se ajustan y cumplen con la normativa vigente y las buenas prácticas de la Ingeniería. Realizar una comparación entre lo observado en los planos aprobados y las obras construidas en el proyecto.
- Informar oportunamente a la Administración sobre prácticas constructivas que no se ajusten a la normativa vigente y las buenas prácticas de la Ingeniería.
- Realizar una comparación entre lo observado en los planos aprobados y las obras construidas en el proyecto.
- Evaluar la gestión de la Administración en el proceso de ejecución del proyecto según las disposiciones cartelarias y las buenas prácticas de la ingeniería.

ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio que desarrolla esta Auditoría Técnica, consiste en recopilar todos los hallazgos y observaciones que se evidenciaron durante la revisión de los diseños y estudios preliminares, la evaluación de la calidad de los materiales y la observación de las prácticas constructivas realizadas durante el periodo de ejecución de la auditoría técnica y la fase constructiva del proyecto. El periodo de examen se desarrolló entre los meses de febrero 2020 y abril 2021.

La evaluación de los diseños y estudios preliminares consideró la revisión de los estudios hidrológicos, geotécnicos, estructurales y de pavimentos del proyecto, así como una revisión de las especificaciones cartelarias relacionadas con las labores de topografía del proyecto; todo esto a partir de la información suministrada por la Unidad Ejecutora en el oficio POE-10-2020-0176 del 03 de marzo de 2020, así como actualizaciones de información realizadas en el proceso de ejecución de la auditoría.

La gestión del proyecto evaluada consideró el proceso de documentación y recopilación de información por parte de la supervisión del proyecto.

Respecto a las prácticas constructivas, los hallazgos y observaciones consideraron todas las evidencias recopiladas por el Equipo Auditor mediante las diferentes visitas de campo. Además de los informes de gira de los expertos técnicos del Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR, (PIG).

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 11 de 116
----------------------------	---------------	------------------

Por otra parte, el proceso de auditoría incluyó una evaluación de la calidad de los materiales que componen la estructura del pavimento, pilotes y otros elementos estructurales del proyecto. Adicionalmente, se realizó una evaluación estructural y geotécnica durante el proceso constructivo de los puentes y muros laterales del intercambio mediante la colaboración de expertos técnicos del Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR.

Finalmente, se tomaron en consideración los hallazgos y observaciones recopiladas por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del LanammeUCR durante toda la ejecución del proyecto.

La auditoría técnica que realiza el LanammeUCR, no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad, la cual, le compete exclusivamente al Contratista como parte de su obligación contractual. Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad y supervisión que es de entera responsabilidad de la Administración.

ANTECEDENTES

El proyecto auditado “**Construcción Paso a Desnivel en la Intersección Guadalupe, Ruta Nacional No. 39**”, se encuentra a cargo de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). Esta Unidad Ejecutora tiene como objetivo desarrollar varios proyectos dentro del alcance del Contrato de Préstamo No. 2080 suscrito entre el CONAVI y el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).

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

La gestión de este proyecto fue realizada por la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) como figura encargada del gerenciamiento integral del proyecto de estudios previos, diseño y construcción incluyendo la administración, contratación, supervisión y control de calidad de los diseños y la construcción de las obras.

Previo a esta auditoría, el LanammeUCR realizó la fiscalización de los trabajos ejecutados en el proyecto Construcción Paso a Desnivel en la Rotonda Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39. A partir de la auditoría realizada se emitieron dos informes:

- LM-AT-044-2019 en el mes de julio 2020 (https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/2120/Informe_Final_LM-AT-044-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- LM-INF-IC-D-0010-2020 en el mes de diciembre de 2020 (<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/2167/Informe%20LM-INF-IC-D-0010-2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y>).

El primer informe LM-AT-044-2019 trata sobre la evaluación de la calidad de los materiales, la observación de las prácticas constructivas y el diseño de pavimentos del proyecto durante el periodo de ejecución de la auditoría entre los meses de marzo 2019 a febrero de 2020, donde se evidenciaron algunas oportunidades de mejora de la Unidad Ejecutora en cuanto al cumplimiento de especificaciones

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 12 de 116
----------------------------	---------------	------------------



y la gestión de los contratos de Supervisión y construcción de la obra. En dicho informe se identificaron debilidades del proceso constructivo que pudieron afectar y sirvieron de fundamento para explicar los resultados del diagnóstico de desempeño a la estructura de pavimento realizado en el segundo informe LM-INF-IC-D-0010-2020.

El informe LM-INF-IC-D-0010-2020, tal como se mencionó anteriormente, desarrolla un análisis de desempeño de la estructura de pavimento basado en ensayos de campo posterior a la ejecución de las obras, haciendo énfasis en la capacidad funcional (regularidad superficial), estructural y de fricción superficial del proyecto. Además, se hace una recopilación de los principales hallazgos y observaciones realizados por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del LanammeUCR durante el periodo de la auditoría.

Los resultados del análisis determinaron incumplimiento del valor máximo de media fija de IRI en los cuatro carriles del Eje1 del proyecto, así como la identificación del incumplimiento de dos valores individuales en dos de los cuatros carriles evaluados. Además de un proceso de gestión irregular con la evaluación del parámetro de regularidad superficial.

De igual manera, en la evaluación de la condición de fricción superficial, el diagnóstico realizado evidenció una condición regular en 3 de los 4 carriles del tronco principal y un carril con una condición buena según los criterios del informe de evaluación de la red que publica el LanammeUCR bianualmente. En cuanto a la capacidad estructural del proyecto, se identificaron algunas de las secciones del proyecto, especialmente en rampas, con riesgo potencial bajo, de que la estructura de pavimento tenga una capacidad estructural menor a la requerida para satisfacer las cargas de tránsito a las que se verá sometida durante toda la vida útil, En el caso de la estructura de pavimento del tronco principal se determinó una capacidad estructural buena en las capas superiores; sin embargo, algunos indicadores estructurales de las capas inferiores determinaron una condición regular.

Finalmente, referente al tema de seguridad vial el informe LM-INF-IC-D-0010-2020 menciona aspectos relacionados con documentación técnica y proceso constructivo de los sistemas de contención vehicular, así como deterioros prematuros de la demarcación horizontal y captaluces.

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

METODOLOGÍA

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

El inicio de la ejecución de la auditoría se comunicó a la Unidad Ejecutora por medio del oficio LM-IC-D-0149-2020 del 17 de febrero de 2020 (recibido el 18 de febrero), donde se convocó a las partes a una reunión el 03 de marzo de 2020 en la cual se expuso el alcance, los criterios de evaluación del estudio y se solicitó acceso a la información del proyecto durante la fase constructiva.



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 para la verificación de la calidad de los materiales.

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

- Licitación ITB-CRPC-96800-2018-002 para la Construcción de la Obra “Paso a Desnivel en la Intersección de Guadalupe, Ruta Nacional No. 39 en San José, Costa Rica del 30 de julio de 2018.
- Contrato CON-CRCP-96800-2019-010 Contrato de Obras a Tanto Alzado del 22 de noviembre de 2019
- Los contratos, ofertas y sus respectivos documentos.
- Los planos constructivos y otros tomos del proyecto
- Memorando de acuerdo (MDA) entre el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) y la Oficina de Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) y sus adendas.
- Refrendo DCA-0717 del 15 de marzo de 2016 al Memorando de Acuerdo (MDA), y sus respectivas adendas.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010) y su actualización.
- Informes de Auditoría Técnica, Investigación y otras comunicaciones y documentos generados al sector por parte del LanammeUCR en cumplimiento de la Ley No. 8114 y sus reformas.
- Buenas prácticas de la ingeniería de carreteras.

Por otra parte, cuando el Equipo Auditor identificó una evidencia que se consideraba necesario alertar oportunamente a la Administración previo a la emisión de este informe final, se emitieron notas informe donde se indicaron las situaciones observadas y las posibles recomendaciones para mitigar riesgos potenciales. En cada nota informe emitida se brindó un espacio de 10 días hábiles para que la Administración, en caso de ser requerido, se refiriera al contenido de la nota. Una vez analizadas las respuestas de la Administración, se procedió a la confección de este informe.

Los oficios y notas informes con los temas de fondo tratados por el Equipo Auditor y expertos técnico se muestran en la Tabla 1, así como las respuestas brindadas por la Administración.

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

Nota informe	Fecha de envío	Asunto	Oficio de respuesta
LM-IC-D-0149-2020	17/2/2020	Inicio de auditoría y solicitud de información	POE-10-2020-0161 y POE-10-2020-0161
LM-IC-D-0285-2020	25/3/2020	Consultas sobre los estudios hidrológicos	POE-10-2020-0402
LM-IC-D-0349-2020	23/4/2020	Oportunidades de mejora en el proceso constructivo de tuberías de concreto	POE-10-2021-0271
LM-IC-D-0377-2020	12/5/2020	Observaciones al diseño de pavimentos proyecto construcción paso a desnivel Guadalupe	96800/2006011/ER/14 7 y POE-10-2021-0352



Nota informe	Fecha de envío	Asunto	Oficio de respuesta
LM-IC-D-0442-2020	2/6/2020	Solicitud de información topografía y calidad del proyecto paso a desnivel Guadalupe	POE-10-2020-0478
LM-IC-D-0464-2020	10/6/2020	Oportunidades de mejora en el proceso constructivo de la subbase y solicitud de información extensión de muro MP-EJE1-1.10D entrada	POE-10-2020-0542
LM-IC-D-0496-2020	23/6/2020	Observaciones muestreo de concreto y agrietamiento muro MP-EJE-1-10.D	POE-10-2020-0516
LM-IC-D-509-2020	30/6/2020	Observaciones a la actualización del diseño de pavimentos	-
LM-IC-D-585-2020	22/7/2020	Observaciones sobre el diseño de mezcla asfáltica de 19mm y variaciones a cantidades firmes y pavimentos	POE-10-2020-0596
LM-IC-D-0637-2020	3/8/2020	Remisión de informe de ensayo de varillas de acero de refuerzo del proyecto	POE-10-2020-0770
LM-IC-D-769-2020	17/9/2020	Informe LM-PIE-32-2020	-
LM-IC-D-790-2020	18/9/2020	Solicitud de información de cambio de diseño de estructura sobre el Río Torres y observaciones durante el proceso constructivo del proyecto	POE-10-2021-0198
LM-IC-D-0919-2020	19/10/2020	Remisión de informe de ensayo de base estabilizada del proyecto	NA
LM-IC-D-0949-2020	26/10/2020	Deterioros identificados en el proyecto y práctica constructiva en colado de placa de cimentación puente peatonal.	POE-10-2021-0295
LM-IC-D-0968-2020	3/11/2020	Grietas identificadas en la losa de concreto norte de la rotonda del paso superior, en estampidores y en muro del proyecto	POE-10-2021-0202
LM-IC-D-0969-2020	3/11/2020	Remisión de informe de ensayo de varillas de acero de refuerzo del proyecto	NA
LM-IC-D-1034-2020	23/11/2020	Sobre la falta de capacidad de evacuación de aguas pluviales en dos secciones puntuales del proyecto y la solicitud de la actualización de los planos y diseños de las estructuras de drenaje del proyecto	POE-10-2021-0322
LM-IC-1064-2020	1/12/2020	Remisión de informe de ensayo de mezcla asfáltica de 19 mm con polímero del proyecto	NA
LM-IC-D-0008-2021	8/1/2021	Actualización de información del proyecto "Construcción de un paso a desnivel en la intersección de Guadalupe, Ruta Nacional N°39".	POE-10-2021-0028
LM-IC-D-0032-2021	14/1/2021	Remisión informe de visita de campo LM-PIG-01-2021.	POE-10-2021-0131
LM-IC-D-0105-2021	1/2/2021	Solicitud lista de singularidades, IRI PD Guadalupe	POE-10-2021-0199
LM-IC-D-0124-2021	11/2/2021	Remisión de informes de ensayo de materiales del proyecto	POE-10-2021-0294
LM-IC-D-0146-2021	24/2/2021	Remisión de informe LM-PIG-05-21	POE-10-2021-0324
LM-IC-D-0160-2021	23/2/2021	Actualización de notas informes	NA
LM-IC-D-0165-2021	24/2/2021	Remisión de informe LM-PIG-07-21	POE-10-2021-0291
LM-IC-D-180-2021	2/5/2021	Observaciones y agrietamientos pilotes sector sur del proyecto	POE-10-2021-0292



Nota informe	Fecha de envío	Asunto	Oficio de respuesta
LM-EIC-D-0241-2021	16/3/2021	Remisión de informes de ensayo de materiales del proyecto	NA
LM-EIC-D-0244-2021	22/3/2021	Remisión de informe de ensayo de núcleos de mezcla asfáltica	POE-10-2021-0293
LM-EIC-D-0267-2021	25/3/2021	Resultados IRI "Construcción de un paso a desnivel en la intersección de Guadalupe, Ruta Nacional N°39".	-
LM-EIC-D-0274-2021	26/3/2021	Remisión de informe de ensayo de mezcla asfáltica de 19 mm con polímero	NA
LM-EIC-D-0351-2021	23/04/2021	Remisión de informe de ensayo de mezcla asfáltica de 19 mm y 12,5mm con polímero	NA

NA: No se necesitaba respuesta por parte de la Administración

-: No se recibió respuesta

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto "Construcción de paso a desnivel en la Intersección de Guadalupe, Ruta Nacional No. 39 en San José, Costa Rica" se encuentra señalado como una de las metas del Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, apartado 5.12 Transporte e Infraestructura y fue declarado de interés público por medio del Decreto No. 41302-MINAE-MOPT publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 168 del 19 de julio de 2018.

El objetivo primordial del proyecto es mejorar las condiciones viales, de seguridad y comodidad de los usuarios de la Ruta de Circunvalación (Ruta No. 39) mediante la construcción de un paso a desnivel para permitir el curso de la Carretera de Circunvalación por debajo de la nueva rotonda de Guadalupe, incluyendo la construcción originalmente de una alcantarilla para el Río Torres, que luego fue sustituida por un puente sobre el Río Torres.

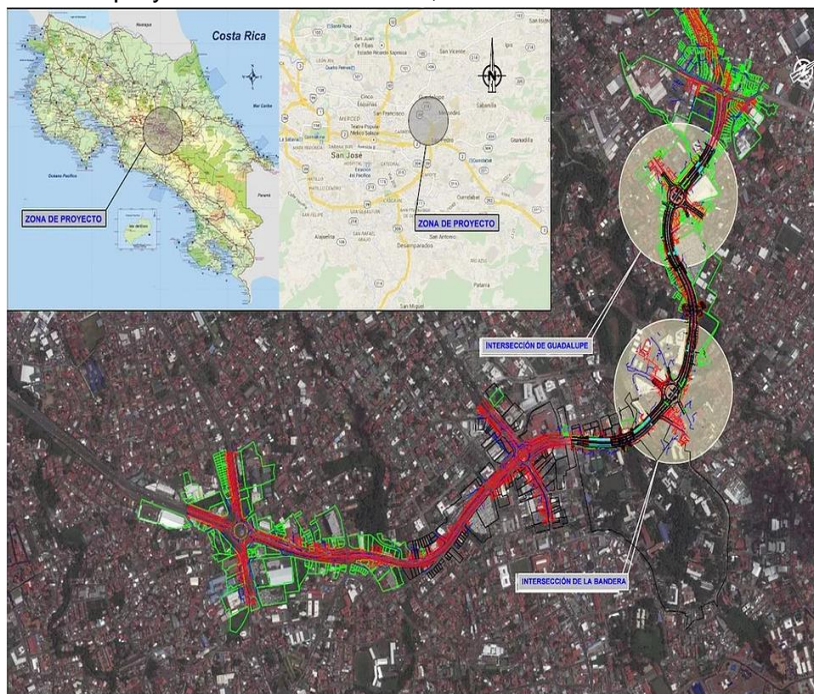
El proyecto se localiza en la provincia de San José, cantón Goicochea, específicamente en la intersección de las Rutas Nacionales No. 39 y 218. El proyecto abarca las obras comprendidas entre el estacionamiento 0+798.230 – fin del eje 1 (1+592) incluyendo el puente del río Torres.

Dentro de las principales obras desarrolladas en el proyecto se encuentran:

- Paso deprimido en la Intersección de Guadalupe, Ruta Nacional No. 39
- Puente sobre el Río Torres
- Puente peatonal
- Rotonda y accesos a nivel
- Rampas y marginales
- Obras complementarias

Las obras fueron desarrolladas a partir de las actividades y procesos constructivos que fueron auditados tales como: movimiento de tierras, muros de concreto, elementos estructurales, pantalla de pilotes, topografía, obras de drenaje, pavimentos, señalización vial e iluminación, balizamiento y defensas.

Figura 1. Localización del proyecto. Fuente: CONAVI,2015



AUDIENCIA PRELIMINAR

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-INF-EIC-D-001-B-2021 fue remitido a la Administración y recibido el día 17 de mayo de 2021 mediante oficio LM-EIC-D-0421-2021, para que fuese analizado y donde se indicó que la presentación oral del informe se realizaría el día 24 de mayo de 2021 de forma virtual por el estado de emergencia debido al COVID-19.

A partir de la fecha de envío del informe preliminar, se le otorgó un plazo de 15 días hábiles a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita, estableciéndose como plazo máximo el 07 de junio de 2021.

La presentación del informe se realizó el día 15 de mayo de 2020 de manera virtual, y fue dirigida a la parte auditada con el fin de que se conocieran con mayor claridad y se expusieran los puntos que se requiriera ampliar según el contenido del informe. En la presentación participaron el ingeniero Johnny Gómez por parte de la Unidad Ejecutora BCIE/CONAVI, los ingenieros Eddy Ramírez y Susana Cárdenas por parte de la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS), el ingeniero Pedro Castro como consultor de UNOPS, además de los ingenieros Manrique Aguilar Oreamuno y Berny Quirós por parte del departamento de Auditoría Interna de CONAVI. Por parte de la Unidad de Auditoría del LanammeUCR estuvieron presentes los ingenieros Sergio Guerrero Aguilera, Mauricio Picado Muñoz, Francisco Fonseca Chaves, Fiorella Murillo, así como la coordinadora de la auditoría la Ing.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 17 de 116
----------------------------	---------------	------------------

Wendy Sequeira Rojas MSc. También, se contó con la presencia de los ingenieros Gustavo Lara y Mauricio Varela como parte de los expertos técnicos de la Escuela de Topografía de la Universidad de Costa Rica

El día 02 de junio de 2021, se recibió el oficio POE-10-2021-0416 emitido por la Administración, solicitando una ampliación del plazo de entrega del descargo al informe para el día 11 de junio de 2021. No obstante, la Administración brindó respuesta el día 22 de junio de 2020 mediante el oficio POE-10-2021-0453, en el mismo se encontraba adjunta la nota No. 96800-210611-ER-166 emitida por la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS) el día 11 de junio de 2021.

Cabe mencionar que en el oficio POE-10-2021-0453, no se identificó ningún criterio o petitoria de modificación por la Unidad Ejecutora del Proyecto por parte del CONAVI, por lo que se asume que los criterios emitidos por UNOPS son compartidos por la Unidad Ejecutora y serán objeto de revisión y análisis como parte del descargo emitido.

RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

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

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

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

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

SOBRE ESTUDIOS PRELIMINARES

ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

Durante el proceso de auditoría se revisó la calidad de los estudios hidrológicos desarrollados para el proyecto. El proceso de revisión se centró en el Anexo 4. Climatología e hidrología y Anexo 9. Drenaje de las memorias de cálculo. El proceso de revisión consistió en verificar si los estudios hidrológicos y los diseños hidráulicos realizados cuentan con información suficiente y clara para determinar los resultados obtenidos y si tienen fundamento técnico que los respalde. También se verificó si las metodologías

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 18 de 116
----------------------------	---------------	------------------

utilizadas son aplicables para la zona de estudio y si se satisfacen los principios fundamentales para su uso.

Con base en los resultados de la revisión se emitió la nota informe LM-IC-D-0285-2020 del 26 de marzo de 2020, con consultas y observaciones sobre las memorias de cálculo mencionadas. La Unidad Ejecutora respondió mediante el oficio POE-09-2020-0402, del 20 de mayo de 2020.

En este apartado, se resume lo señalado en el oficio LM-IC-D-0285-2020 sobre los estudios hidrológicos del río Torres y, considerando las respuestas del oficio POE-09-2020-0402, del 20 de mayo de 2020, se actualizan las observaciones a las memorias de cálculo. Se abordan únicamente los puntos relacionados al río Torres, pues la alcantarilla de la quebrada Negritos es una obra que pertenece al proyecto “Construcción de un paso a desnivel sobre la Rotonda de la Bandera Ruta Nacional No. 39”. Las observaciones iniciales del oficio LM-IC-D-0285-2020 relativas al diseño hidráulico de una alcantarilla en el río Torres no se toman en cuenta, pues al final se construyó un puente para el paso de las aguas bajo la Ruta Nacional No. 39.

OBSERVACIÓN 1: LOS CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ESTIMADOS EN EL SITIO DONDE EL RÍO TORRES PASA BAJO LA RUTA NACIONAL No. 39 PUEDEN NO SER REPRESENTATIVOS DE LA CUENCA EN ESTUDIO, DEBIDO AL CARÁCTER EMPÍRICO DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA PARA CALCULARLOS.

Se utilizó el método empírico de Creager para determinar el caudal máximo instantáneo en el sitio donde el río Torres pasa bajo la Ruta Nacional No. 39. Los valores del coeficiente C de Creager para diferentes períodos de retorno fueron obtenidos a partir de caudales medidos en la estación hidrológica Electriona. La cuenca del río Tiribí hasta el sitio de la estación Electriona tiene un área aproximada de 305 km². La cuenca del río Torres hasta su paso bajo la Ruta Nacional No. 39 es parte de esa cuenca y tiene un área de 26,6 km².

El método de Creager es un método empírico que supone que los valores de caudal máximo instantáneo para un determinado período de retorno varían únicamente con el área de drenaje de la cuenca. No obstante, se conoce que el patrón de escorrentía de una cuenca es función del volumen de precipitación, de la distribución espacial y temporal de las tormentas, del uso de la tierra, de la textura del suelo y de las características físicas y geológicas de la cuenca. Por lo tanto, suponer que el caudal máximo instantáneo se puede estimar únicamente con base en el área de drenaje, ignorando los demás factores que condicionan el patrón de escorrentía superficial, es simplificar el cálculo de los caudales máximos instantáneos de una cuenca. Además, para obtener los valores del coeficiente C de Creager, se utiliza el concepto de producción específica. La producción específica de una cuenca supone que toda el área de drenaje contribuye a la escorrentía superficial con el mismo valor de caudal por unidad de área. Este supuesto puede ser válido para la estimación de caudales promedio anuales, para los cuales la variabilidad en la distribución espacial y temporal de las tormentas puede agruparse para obtener un promedio representativo. Sin embargo, para valores locales de precipitación, el supuesto básico de la producción específica no se cumple y, por lo tanto, los valores del coeficiente C de Creager y los valores de caudal máximo instantáneo obtenidos mediante el método de Creager no necesariamente son representativos de la cuenca en estudio.

En el caso particular del estudio revisado, la cuenca del río Tiribí hasta el sitio de la estación Electriona (305 km²) se compone de numerosas subcuencas que pueden tener diferentes patrones de precipitación, características físicas y geológicas, usos de la tierra y texturas del suelo. Entonces, suponer que la expresión deducida para la fórmula de Creager para la estación Electriona es aplicable a subcuencas como la del río Torres (hasta el sitio donde pasa bajo la Ruta Nacional No. 39) puede producir resultados inexactos.

En la respuesta de la Administración mediante el oficio POE-09-2020-0402, se indicó que el caudal calculado mediante la fórmula empírica de Creager se seleccionó como caudal de diseño por ser un valor mayor que el estimado mediante el modelado hidrológico con el programa HEC-HMS utilizando el método del SCS. No obstante, la respuesta no presenta información adicional para verificar que el método de Creager es aplicable para la zona de estudio y que se satisfacen los principios fundamentales para su uso. Por tanto, se reitera que los resultados del método de Creager para el caudal máximo instantáneo en el sitio donde el río Torres pasa bajo la Ruta Nacional No. 39 podrían no ser representativos de la cuenca en estudio.

Por otra parte, en el oficio LM-IC-D-0285-2020, se señaló que no se brinda la justificación para desestimar los resultados para el caudal máximo instantáneo en el río Torres obtenidos a partir del modelado hidrológico con HEC-HMS, utilizando el método del número de curva para el cálculo de la precipitación efectiva. En el oficio POE-10-2020-0402, la Administración respondió que los valores de caudal máximo instantáneo resultantes del modelado hidrológico con HEC-HMS fueron desestimados de manera conservadora, por ser menores que los valores obtenidos mediante el método de Creager (método empírico).

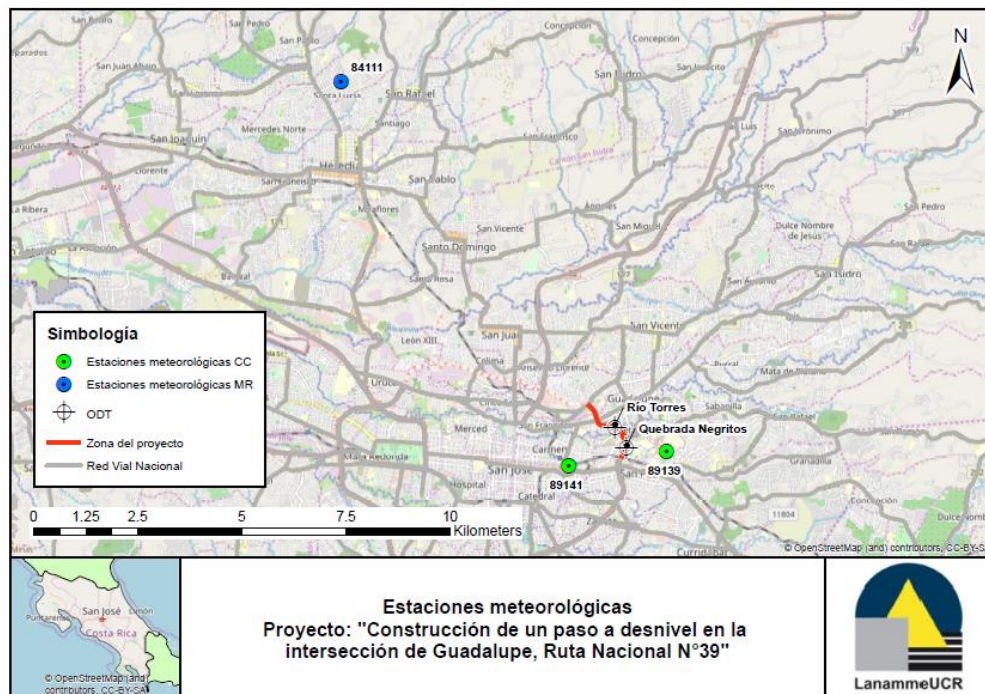
Como se explicó anteriormente, el resultado del método empírico de Creager para el caudal máximo instantáneo podría no ser representativo de la cuenca en estudio. En contraposición, el modelado hidrológico con HEC-HMS, al estimar la precipitación efectiva con el método del número de curva del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (SCS), toma en cuenta características particulares de la cuenca en estudio, como el uso de suelo, por lo que ese método pudo haber brindado resultados más representativos. En casos como este, seleccionar el caudal máximo instantáneo obtenido mediante un método empírico (como el método de Creager), bajo el criterio conservador de que es un valor mayor al que se obtiene de otros métodos, puede llevar al sobrediseño de las obras hidráulicas.

OBSERVACIÓN 2: LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA UTILIZADA COMO BASE PARA EL MODELADO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO TORRES CON HEC-HMS PUEDE NO SER REPRESENTATIVA DE LA CUENCA EN ESTUDIO.

La estación meteorológica seleccionada como base para la estimación de la precipitación para el modelado hidrológico con HEC-HMS (84111 Santa Lucía) se ubica fuera del área de drenaje de las cuencas en estudio, a más de 10 km del proyecto (ver Figura 2). En el estudio, no se muestra la caracterización climática a partir de la información de la estación meteorológica 84111 Santa Lucía, ni se hace un análisis comparativo con las estaciones seleccionadas para la caracterización climática de la zona del proyecto (89139 CIGEFI y 89141 IMN Aranjuez), para garantizar que el patrón de precipitación registrado en la estación 84111 Santa Lucía es representativo del patrón de precipitación de la zona en estudio.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 20 de 116
----------------------------	---------------	------------------

Figura 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas para el proyecto en cuestión



En la respuesta de la Administración a esa observación mediante oficio POE-10-2020-0402, se presentaron las ecuaciones de los modelos ajustados por Rojas (IMN, 2012) para estimar las intensidades de precipitación (mm/h) a partir de la duración y período de retorno del evento. Esos modelos permiten construir curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) para las estaciones 89139 CIGEFI y 89141 IMN Aranjuez.

Además, en el oficio POE-10-2020-0402, se presentó la ecuación de un nuevo modelo ajustado por el Consultor Especialista en 2019, que permite construir curvas IDF de la estación 89141 IMN Aranjuez, con base en un período más largo de registro.

Finalmente, en la respuesta de la Administración se comparó el resultado de las curvas IDF mencionadas, para 100 años de período de retorno, con los resultados para la estación 84111 Santa Lucía. La curva IDF para 100 años de período de retorno obtenida a partir de los datos de la estación 84111 Santa Lucía produjo mayor intensidad para los tiempos de concentración de interés que las curvas IDF de las estaciones más cercanas al proyecto (CIGEFI e IMN Aranjuez). Por ejemplo, para una duración de 2 horas, igual al tiempo de concentración estimado para la cuenca del río Torres hasta el sitio de análisis, la intensidad de la precipitación obtenida a partir de los datos de la estación 84111 Santa Lucía fue mayor que la obtenida para las estaciones 89139 CIGEFI y 89141 IMN Aranjuez (tanto con el modelo ajustado por Rojas como con el nuevo modelo ajustado por el Consultor Especialista para esa estación).

Con la información adicional proporcionada mediante el oficio POE-10-2020-0402, se verifica que el uso de la intensidad de precipitación obtenida a partir de la estación 84111 Santa Lucía produce los mayores caudales pico. En este caso particular, los resultados de caudal máximo instantáneo obtenidos por medio

del modelado hidrológico con HEC-HMS (modelo alimentado con información meteorológica de la estación 84111 Santa Lucía) fueron desestimados. No obstante, es importante señalar que, de haber seleccionado los caudales obtenidos mediante el modelo HEC-HMS con los datos de esa estación, se pudo haber incurrido en un sobrediseño de la obra de drenaje transversal.

Por último, con base en la información adicional presentada en el oficio POE-10-2020-0402, se concluye que se pudo haber utilizado información meteorológica más representativa de la zona de estudio para el cálculo del caudal máximo instantáneo, como la utilizada por el Consultor Especialista para elaborar el nuevo modelo ajustado para las curvas IDF de la estación 84141 IMN Aranjuez.

PAVIMENTOS

El Equipo Auditor realizó una revisión general del diseño de pavimentos elaborado por la empresa Euroestudios versión mayo 2015, específicamente el Anexo 05: Firmes y Pavimentos del Tomo II de los documentos del proyecto, a partir de dicha evaluación se emitió la nota informe LM-IC-D-0377-2020 con fecha del 12 de mayo de 2021 con observaciones sobre criterios asumidos para la estimación del tránsito de diseño, parámetros de diseño y análisis de desempeño.

La Unidad Ejecutora mediante los oficios POE-10-2020-0478 del 16 de junio de 2020 y POE-10-2021-0352 del 07 de mayo de 2021 y las notas 96800/2006011/ER/147 del 11 de junio de 2020 y 96800/210507/ER/144 del 07 de mayo de 2021 emitidas por UNOPS brindaron respuesta a la nota informe LM-IC-D-0377-2020, en dichos documentos se adjuntó la actualización del diseño de pavimentos donde se atendieron varias de las observaciones y consultas del Equipo Auditor. A partir de la respuesta de actualización se realizó una nueva revisión del documento a partir del cual se generaron nuevas observaciones las cuales fueron remitidas mediante el oficio LM-IC-D-0509-2020.

Uno de los temas desarrollados en dicha nota informe corresponde al tema del retrocálculo a partir del cual se fundamenta la siguiente observación:

OBSERVACIÓN 3. SE EVIDENCIÓ QUE LA INFORMACIÓN DE LA ACTUALIZACIÓN DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS CORRESPONDIENTE AL RETROCÁLCULO DE MÓDULOS ES INSUFICIENTE Y GENERA INCERTIDUMBRE EN ALGUNOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

La revisión de la actualización del diseño de pavimentos elaborada por un consultor externo en el mes de marzo 2020 y facilitada por la Unidad Ejecutora mediante el oficio POE-10-2020-0478 del 16 de junio de 2020, permitió determinar que la información o datos de entrada presentados y correspondiente al retrocálculo de módulos de las capas del pavimento existente no son suficiente para explicar en detalle el procedimiento o metodología utilizada, lo cual genera incertidumbre en algunos de los resultados obtenidos.

UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166 emitida el día 11 de junio de 2021, como parte del descargo al informe preliminar aclaró parte de la información solicitada en el oficio LM-IC-D-0509-2020 del 20 de junio de 2020, no obstante, no adjuntó la memoria de cálculo del procedimiento aplicado para el desarrollo del retrocálculo de módulos.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 22 de 116
----------------------------	---------------	------------------

Los resultados del retrocálculo de módulos de la actualización del diseño de pavimentos genera incertidumbre sobre la metodología utilizada, especialmente en lo relacionado con las capas granulares de las estructuras de pavimentos existentes.

Se observó que la mayoría de módulos retrocalculados de las capas granulares en el informe de actualización del diseño no responden a la naturaleza y condición de los materiales existentes en nuestro país.

En la Figura 3, correspondiente a la Tabla 14 del informe de actualización del diseño de pavimentos del proyecto, se muestra uno de los casos más críticos que ejemplifica la observación realizada por el Equipo Auditor sobre la falta de consistencia de los resultados de módulos retrocalculados en las capas granulares en relación con la condición real de los materiales caracterizados. Como es posible observar en la Tabla 14 del informe de actualización, módulos de más de 1 600 000,00 psi para una base granular, 294 302,00 psi para una subbase granular o 38 312,00 psi para la subrasante, no son propios de esos materiales. Además, se observa una alta desviación de los datos, por ejemplo, en la base se obtiene un valor de desviación estándar de 2 124 385,00, el cual es superior al valor promedio obtenido del módulo retrocalculado, por lo que es criterio del Equipo Auditor que dicho resultado no debería tener validez. El rango de valores evidenciados, no permite afirmar que la solución del retrocálculo planteada se acerque a la realidad de las propiedades mecánicas existentes en el proyecto.

Figura 3. Resultados del retrocálculo de módulos en la estructura existente acceso Rotonda Guadalupe-San José

Tabla 14: Retrocálculo de módulos de rigidez para el acceso Rotonda de Guadalupe – San José.

Capa	MR (psi)		Espesor (cm)	Coeficiente estructural
	Promedio	Desv. Estándar		
Capa asfáltica	331,712	115,772	25.0	0.37
Base	1,633,715	2,124,385	20.0	0.16
Sub-base	294,302	200,778	35.0	0.16
Sub-rasante	38,312	2,090	-	-

Nota: corresponde a un número estructural de 7.11.

Por otra parte, el consultor en la Tabla B9 (Figura 4) de los anexos del informe realizó un análisis comparativo entre el módulo de rigidez y valores de módulos típicos del Instituto del Asfalto. El análisis señaló que 6 de 13 módulos retrocalculados de subrasante se encuentran fuera del rango típico de dicha capa, 6 de 14 en subbase, 1 de 9 en base granular y 0 de 14 en carpeta asfáltica.



Figura 4. Análisis comparativo entre módulos del Instituto del Asfalto y valores retrocalculados

Tabla B9: Contraste de módulos de rigidez retrocalculados y rangos típicos del Instituto del Asfalto.

Material	Rangos de magnitud (psi)		Cantidad de datos mayores a máximo	Cantidad de datos menores a mínimo	Justificación
	Mínimo	Máximo			
Capa asfáltica de ruedo	70,000	2,000,000	0/14	-	-
Base granular	10,000	150,00	1/9	2/9	Dos valores altos, en Rotonda de Guadalupe – Calle Blancos y San José – Rotonda de Guadalupe. Se presume que se trata de materiales mejorados con cemento, dada la alta dispersión y magnitudes de 312,000 y 226,000 psi. También podría tratarse de antiguas capas asfálticas. Hay un valor bajo, en Rotonda Guadalupe – La Bandera, presumiblemente se trata de un material de base, contaminado y degradado a lo largo del tiempo, de manera que presenta capacidad estructural similar a material de sub-base (*).
Sub-base	5,000	30,000	6/14	0/14	Seis valores altos. Cinco de los seis se ubican adentro del rango de base granular, ubicándose por debajo de 50,000 psi. Podrían atribuirse a espesores de base mayores a los supuestos, o bien que el material que en su momento se empleó fuese relativamente limpio y bien graduado (**). Hay un único valor más elevado, 294,000 psi, en Rotonda de Guadalupe – San José; se estima que podría tratarse de una capa asfáltica antigua o eventualmente una base estabilizada con cemento antigua.
Sub-rasante	2,000	25,000	6/13	-	Tres valores entre 25,000 y 30,000 psi, así como tres valores entre 35,000 y 40,000 psi. Valores que se estiman factibles dentro de la variabilidad estacional de nuestro medio para suelos plásticos.

No obstante, los datos contenidos en la Tabla B9 no fueron precisos de acuerdo con los resultados contenidos en el informe de actualización del diseño de pavimentos. En el caso de la base granular se identificaron 3 valores por encima del rango de 150 000 psi sugerido por el consultor, mientras que en la capa de subbase se registraron 7 valores por encima de los 30 000 psi según lo identificado en la evaluación.

Otro aspecto que se debe hacer notar, es que no existe claridad si el rango de valores señalados por el consultor según el Instituto del Asfalto corresponde a materiales nuevos o no. Así, por ejemplo, en el caso de base granulares según AASHTO 93, el rango establecido de módulos de rigidez para capas granulares nuevas oscila entre 10 000 psi y 40 000 psi, a menos de que la base existente hubiese sido tratada con cemento, por lo que valores por encima de este rango no son considerados consistentes en relación con las propiedades mecánicas del material. En relación con este aspecto en la actualización del diseño de pavimentos se menciona que dos de los resultados del módulo retrocalculado de la base granular “se presumen” que obedecen a la existencia de materiales mejorados con cemento.

La revisión del Anexo 02 del Tomo 1 de la documentación del proyecto, permitió identificar 3 sondeos donde se registraron espesores de base estabilizada o toba cemento, GD-C-3, GD-N-2, GD-N-5. A diferencia de lo indicado en el informe de actualización del diseño de pavimentos, solo el sondeo realizado en el punto GD-C-3 San José - Rotonda Guadalupe coincide con la sección señalada donde se presume que hay materiales mejorados con cemento. En la Figura 5 se muestra la ubicación de los sondeos donde se identificó base estabilizada o toba cemento.



Figura 5. Ubicación calicatas con toba cemento o base estabilizada.

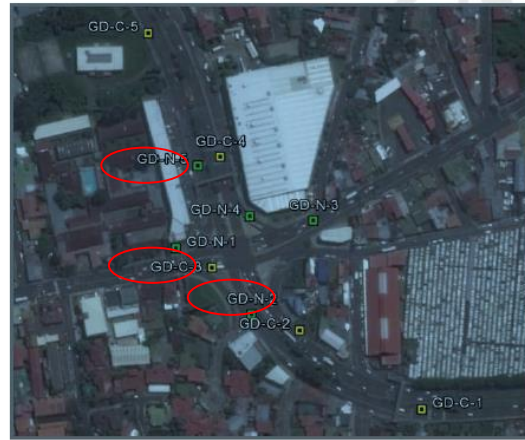


Figura #10.1.1. Imagen de Ubicación de los Sondeos.

En el caso de la subbase granular, de igual manera, la mitad de los valores se encuentran fuera del rango característico. En la actualización del diseño de pavimentos se asume que los resultados se pueden atribuir a espesores de base mayores a los supuestos o la presencia de la base estabilizada.

El criterio emitido por el consultor en su informe no es compartido por el Equipo Auditor, ya que, si él mismo está identificando que las suposiciones consideradas en el retrocálculo de módulos en cuanto a espesores no son ciertas, debió haber realizado nuevamente una corrida con los cambios identificados. Sobre este aspecto, es criterio del Equipo Auditor que las buenas prácticas de ingeniería para la realización de un retrocálculo de módulos consideran que el consultor encargado debió haber realizado una campaña de sondeos y calicatas con una frecuencia suficiente para establecer el tipo de material y espesor de cada una de las capas existente y no presumir que existe cierto tipo de material debido al resultado del retrocálculo.

En lo que respecta a los resultados del retrocálculo para la subrasante, los valores obtenidos oscilan entre 18 000 psi y 38 000 psi: estos valores son considerados atípicos para los tipos de suelo del país y no se comparte el criterio emitido en el informe de actualización, de que estos resultados se estiman como factibles dentro de la variabilidad estacional de los suelos plásticos. Lo anterior debido a que existe una contradicción al realizar un análisis comparativo entre los módulos estimados a partir de ensayos de CBR ejecutados precisamente en época de invierno y los resultados de los retrocálculos de módulos a partir de una deflectometría realizada en la misma época. En la actualización del diseño de pavimentos se establece la razón entre el módulo retrocalculado y el módulo obtenido a partir de CBR como un factor variación estacional y que dicho valor debe estar entre 4 y 6, sin embargo, no se referencia la fuente de dicha fórmula y el rango de valores planteado como normal. Los factores obtenidos en el informe para las diferentes secciones varían entre 4 y 11, y en el documento se asumió como correctos al estar del lado conservador.

Por otro lado, llama la atención del Equipo Auditor que, si se tenían resultados de caracterización de la capacidad de soporte del suelo, no se hayan establecido estos valores como módulos semilla y la iteración del resto de capas se realizara bajo esta consideración. Sin embargo, es posible observar



rangos de variación de hasta 11 veces entre el módulo retrocalculado y el módulo estimado a partir de la capacidad de soporte del suelo. Estos rangos no representan de ninguna manera la realidad de las propiedades mecánicas del material, en contraste con la aseveración del consultor de que se está del lado conservador.

Por otra parte, el informe menciona que los errores promedio para cada sondeo y estacionamiento son mayoritariamente menores a 5,0 %, con algunas pocas excepciones entre 5,0 % y 10,0 %, así como unas muy pocas excepciones de errores promedio mayores a 10,0 % por lo que son estimados como aceptables. Ahora bien, en el documento se realiza una ponderación de los errores de los geófonos, sin embargo, este porcentaje promedio no evidencia que los porcentajes de error con mayor magnitud de los diferentes estacionamientos se encuentran concentrados en los últimos tres geófonos, los cuales están asociados a las capas inferiores de la estructura retrocalculada, lo cual refuerza aún más la incertidumbre de los resultados obtenidos en las capas inferiores.

Por último, se debe indicar que con el procedimiento del retrocálculo de módulos se pueden obtener múltiples soluciones, sin embargo, estas soluciones podrían no representar la solución más cercana a la estimación real de las condiciones en sitio de los materiales. Si no se utilizan las técnicas adecuadas dentro del procedimiento, análisis de deflexiones, así como la correcta determinación de los espesores existentes, los resultados obtenidos podrían presentar errores bajos sin ser una respuesta representativa de las estructuras analizadas.

Ahora bien, se debe indicar que para el diseño de las rehabilitaciones del proyecto de Guadalupe se decidió utilizar los valores de módulos de rigidez estimados de los ensayos de CBR en lugar de los módulos retrocalculados para la subrasante, aspecto que es considerado como acertado por el Equipo Auditor, ante la magnitud de los resultados del retrocálculo, como se mencionó anteriormente. No obstante, para el resto de las capas de la estructura existente de cada una de las secciones, se utilizaron los módulos retrocalculados del informe.

Así, por ejemplo, se evidenciaron estructuras de pavimentos de las diferentes secciones con altos números estructurales existentes a partir de los módulos de rigidez retrocalculados, tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Número estructural Rotonda de Guadalupe –Calle Blancos

Tabla 12: Retrocálculo de módulos de rigidez para Rotonda Guadalupe – Calle Blancos, Carril Central. Estacionamiento de 1+400 a 1+600.

Capa	MR (psi)		Espesor (cm)	Coeficiente estructural
	Promedio	Desv. Estándar		
Capa asfáltica	804,206	431,819	13.0	0.45
Base	56,453	42,374	21.0	0.16
Sub-base	40,322	26,954	105.0	0.16
Sub-rasante	30,450	6,320	-	-

Nota: corresponde a un número estructural de 10.24.

La utilización de los módulos retrocalculados especialmente los correspondientes a la base granular y subbase granular de las diferentes estructuras diseñadas, podría haber sobreestimado las propiedades mecánicas y de capacidad de soporte reales de estos materiales, lo que podría generar que los diseños

estén subdiseñados (al no considerar rehabilitar o colocar un espesor de sobrecapa reducido) y reducir la vida útil de las estructuras de pavimento según el periodo de diseño.

DISEÑO ESTRUCTURAL

El Equipo Auditor solicitó colaboración al Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR con el fin de determinar la calidad de la memoria de cálculo presentada para el paso a desnivel de intersección de Guadalupe.

El proceso de revisión se centró en el *Anexo 08: Estructuras* de las memorias de cálculo proyecto. Este proceso consistió en la revisión de la memoria de cálculo de los principales elementos estructurales agrupados por componentes de un puente. Además, se consultaron los planos constructivos como material de soporte al contenido de la memoria.

A partir de este análisis se realizó el informe LM-PIE-32-2020 en el cual se evidenciaron varias oportunidades de mejora. Este informe fue enviado a la Administración mediante el oficio LM-IC-D-0769-2020 del 17 de setiembre de 2020, no obstante, no se obtuvo respuesta por parte la Unidad Ejecutora.

HALLAZGO 1. LA FUERZA DE SISMO UTILIZADA EN LA MEMORIA DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL INTERCAMBIO FUE TOMADA DE LA NORMATIVA INCORRECTA.

Durante la revisión de la memoria de cálculo se evidenció que la fuerza sísmica fue calculada mediante el Código Sísmico de Costa Rica 2010, el cual no aplica para el diseño de puentes como bien lo establece la norma dentro sus limitaciones. Desde el año 2013 existen Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes el cual es el documento de referencia para el cálculo de fuerzas sísmicas para puentes en el país como lo indica dentro de su alcance.

“Los lineamientos establecidos en este documento son aplicables al diseño y rehabilitación sismorresistente de puentes vehiculares, puentes ferroviarios, puentes peatonales según se establece en las especificaciones y publicaciones que se indican en el artículo 1.4 de este lineamiento.” (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, 2013)

Lo que más llama la atención del Equipo Auditor es que dentro de la lista de normativa exigida al contratista, tal y como se detalla en el cartel de licitación SDP-001-2014 realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014) se indica que los Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes. (...)

Es criterio del Equipo Auditor que la omisión en el uso de la normativa adecuada puede generar suposiciones incorrectas a la hora del diseño de la estructura, lo cual incide en la construcción de la misma y la puesta en servicio.

HALLAZGO 2. SE PRESENTARON OMISIONES O INFORMACIÓN FALTANTE EN DISTINTOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL INTERCAMBIO.

Durante el proceso de revisión de la memoria de cálculo se observaron algunas omisiones o ausencia de información que se detallan a continuación:

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 27 de 116
----------------------------	---------------	------------------

- No se observa en la memoria, el proceso de diseño de las vigas diafragmas, indicadas en los planos y ubicadas en los extremos de la superestructura.
- No se evidencia en la memoria de cálculo, la revisión de la longitud de asiento mínima de las vigas. A pesar de que la norma indica que no es necesario el análisis sísmico para puentes de un solo claro (A4.7.4.2), sí se deben satisfacer los requerimientos mínimos establecidos en el apartado de análisis dinámico de la norma AASHTO LRFD (A4.7.4.1). Además, la verificación de este parámetro debe realizarse, según se indica en Lineamientos para el Diseño Sismorresistente de Puentes; documento que también, como ya se mencionó, se incluye dentro de la lista de especificaciones a tomar en cuenta del cartel de licitación SDP-001-2014.
- No se evidencia en la memoria de cálculo, de cómo se considera la transmisión de esfuerzos de las vigas principales hacia la pared de la viga cabezal de los bastiones. Esto según lo que se observó en una vista de la sección del bastión de planos constructivos, donde se muestra una junta de construcción entre la losa y la pared de la viga cabezal, además de acero de refuerzo que continúa a través de la junta de construcción, lo cual implica una conexión entre las vigas principales y la pared del cabezal.

Es criterio del Equipo Auditor que la memoria de cálculo debe incluir todos los cálculos y suposiciones que llevan al diseñador al dimensionamiento de los elementos estructurales del intercambio. Esto con el fin de facilitar el seguimiento y verificación del procedimiento, los cálculos y suposiciones realizadas.

TOPOGRAFÍA

El panel de expertos de la Escuela de Ingeniería Topográfica de la Universidad de Costa Rica colaboró con la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR mediante la carta de entendimiento adscrita por ambas unidades académicas. El apoyo técnico de la Escuela de Ingeniería Topográfica se enfocó en analizar las competencias relacionadas con la ingeniería topográfica de los siguientes documentos vinculados con el proyecto:

- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010)
- Solicitud de Propuesta SDP-002-2014-TOPOGRAFIA

De dicha revisión, la Escuela de Ingeniería Topográfica de la Universidad de Costa Rica generó el Informe: Proyecto Rotonda Guadalupe, San José, Ruta 39, Circunvalación con fecha de julio 2020.

OBSERVACIÓN 4. OPORTUNIDAD DE MEJORA EN LA REDACCIÓN DEL CARTEL DE LICITACIÓN, EN EL ÁREA DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA.

Se muestran a continuación los puntos destacados del informe que fueron indicados por el panel de expertos en relación con el documento Solicitud de Propuesta SDP-002-2014-TOPOGRAFIA y que a criterio del Equipo Auditor se considera de relevancia atenderlos para futuras contrataciones:

Punto 1: Se identificó una percepción errónea en cuanto a la solicitud de archivos, en la que mencionar un programa informático específico implica un tipo de formato para la entrega de la información.

A partir de la revisión de la documentación se evidencia un mal manejo de conceptos en lo que se refiere a la diferencia entre un programa informático y el formato o extensión de un documento; esta situación puede generar confusión debido a que los programas informáticos cuentan con múltiples formatos para

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 28 de 116
----------------------------	---------------	------------------

guardar la información. De acuerdo con lo anterior, es necesario homogenizar a lo largo del documento “Solicitud de Propuesta SDP-002-2014-TOPOGRAFIA” en cual o cuales formatos es aceptada la entrega de información y detallar el formato en que se requieren los documentos, por ejemplo: informes en pdf y docx, e información de los levantamientos en .dwg o .shp. Además, al existir muchas plataformas para el procesamiento de texto, información espacial o dibujo, el panel indica que debe justificarse la solicitud de los programas y brindar las razones de su escogencia.

Punto 2: La Administración entregó la validación de la cartografía proveniente del LiDAR únicamente verificando las cotas de elevación de dicho perfil, basándose en un criterio de verificación no adecuado.

El criterio de validación se centra únicamente en la revisión de las cotas de nivel, lo que deja de lado la comprobación de la planimetría, de manera que puede generar diferencias importantes en el plano XY, y afectar los insumos utilizados para el diseño. Además, el criterio de verificación no toma en cuenta en ningún momento la calidad de los datos obtenidos en el vuelo LiDAR, ni la precisión del sistema de medida.

El criterio de verificación debe basarse en las precisiones finales obtenidas del Modelo Digital del Terreno generado por el vuelo, tomando en consideración las especificaciones del sistema de medición utilizado.

Punto 3: El cartel de licitación solicita un tipo de equipo con una precisión que sobrepasa la tolerancia requerida, sin tomar en cuenta factores como el tipo de base nivelante, prisma, bastón o trípode utilizados, los cuales afectan la precisión final de todo el sistema de medición.

En el cartel solo se indica una tolerancia de 0,25 m para la verificación de las cotas, pero no solicita la evaluación de la planimetría, por lo que la solicitud de equipos topográficos con una precisión de 1 mm \pm 1,5 ppm (estaciones totales), no tiene justificación al considerarse que la comprobación del levantamiento tiene una tolerancia mucho mayor a la precisión del instrumental.

El error resultante en las mediciones realizadas en el levantamiento topográfico, no se basan únicamente en las incertidumbres asociadas con el instrumento, si no en las del sistema de medición (instrumento de medición, trípode, prisma, bastón). Debido a la ley de propagación de errores, cada vez que el equipo se mueva de un punto a otro, el error incrementará.

Además, debe verificarse que los accesorios que se utilizan sean los que vienen de fábrica o con las que se realizó el certificado de calibración. Por ejemplo, las bases nivelantes, debido a que al calcular las incertidumbres del equipo por la norma internacional (ISO, DIN, etc), el equipo se calibra en conjunto, por lo que una estación total con una base nivelante con la que no fue calibrada no puede presentar las desviaciones de fábrica o entregadas por un laboratorio acreditado, sumado que el trípode, prisma y bastón también tienen errores y cada uno de estos suman al resultado final.

Se deben de tomar en cuenta los conceptos de calibración, verificación y ajuste de un sistema de medición, para comprender las diferencias entre estos. Además, los equipos deben calibrarse dependiendo del uso que estos tengan y a la recomendación del propio laboratorio de calibración, tomando en cuenta que cada vez que se ajusten deben ser calibrados.

Punto 4: Se solicita un técnico supervisor para los trabajos de ingeniería topográfica, pero no se especifican los requerimientos para asegurar que este se encuentre debidamente acreditado.

En el apartado *Personal Clave de Supervisión e Inspección de la Campaña de Campo* del documento Solicitud de Propuesta SDP-002-2014-TOPOGRAFIA, se indican los requerimientos mínimos del supervisor, pero no se asegura que este sea un ingeniero topógrafo con la experiencia necesaria para evaluar el trabajo de otros profesionales de la rama y contar con los conocimientos para la toma de decisiones rápidas en caso de ser necesario.

En el país para poder ejercer la topografía y la agrimensura se debe estar incorporado al Colegio de Ingenieros Topógrafos (CIT) que forma parte del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos y tener la licencia que estos emiten según las leyes correspondientes.

Tomando en cuenta lo anterior es criterio del Equipo Auditor indicar que debe ser un ingeniero topógrafo debidamente acreditado por el CIT con grado de licenciado o superior o, con grado de bachiller con la cantidad de años requerida de experiencia acreditada, área, habilidades y experticia en todas las labores que se ejercen en un proyecto para la construcción de carreteras, caminos y puentes. Asimismo, todos los ingenieros topógrafos jefes de cuadrilla deben estar debidamente acreditados por el CIT con un grado mínimo de bachillerato y contar con experiencia como jefe de cuadrilla para así dar las órdenes oportunas a los demás integrantes.

Punto 5: Se evidenciaron oportunidades de mejora en la trazabilidad de los archivos de metadatos obtenidos de los levantamientos y replanteamientos topográficos.

La mayoría de los equipos de medición cuentan con sistemas que registran las tareas realizadas, las cuales son volcadas en un archivo descargable. Este insumo puede ayudar a la Administración y al contratista a dar trazabilidad a las acciones realizadas en el proyecto y revisar el manejo de los datos y procedimientos de medida en los trabajos de replanteo y levantamiento.

Punto 6: Se evidenciaron errores de escritura y concepto que pueden generar confusión al momento de realizar la oferta de servicios profesionales.

Se encontraron algunos errores de escritura en el documento SDP-002-2014-TOPOGRAFIA, en los términos: GNSS, topografía, Ingeniero Topógrafo, levantamiento topográfico. Estos deben corregirse para que la comunicación sea clara entre la Administración y los oferentes.

Adicionalmente a los puntos tratados, el panel de expertos en su informe brinda comentarios y oportunidades de mejora a algunos lineamientos establecidos en el documento Solicitud de Propuesta SDP-002-2014-TOPOGRAFIA, los mismos se enlistan a continuación:

- Migrar en la forma en que se están solicitando actualmente los datos altimétricos, ya que las especificaciones no están contemplando la información de vuelos fotogramétricos o LiDAR, los cuales cuentan con mayor detalle que la información que se obtiene de curvas de nivel.
- Solicitar en los carteles de licitación que los equipos topográficos involucrados en trabajos de campo cuenten con un certificado de calibración emitido por un laboratorio debidamente acreditado.
- Solicitar archivos de metadatos con los cuales dar trazabilidad a las tareas realizadas en los levantamientos y replanteos topográficos, entre otros.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 30 de 116
----------------------------	---------------	------------------

- Para el diseño de un proyecto vial se recomienda que el diseño inicial provenga de levantamientos topográficos, esto con el fin de evitar inconsistencias o errores en la ejecución del proyecto, evadiendo la dualidad de costos y trabajos realizados en la actualidad.
- Se encuentra un criterio no adecuado en el documento Propuesta SDP-002-2014-TOPOGRAFIA, para la verificación de las cotas de elevación, y la falta de un criterio de verificación de planimetría, por lo que se hace la sugerencia de corregir y verificar este tipo de especificaciones en beneficio de la administración.
- En el documento Solicitud de Propuesta SDP-002-2014-TOPOGRAFIA, se observa un desconocimiento de los factores que influyen en la precisión de un sistema de medida (y los componentes que lo conforman), además de pasar por alto la ley de propagación de errores y sus implicaciones como justificante para la solicitud de equipos.
- Se evidencia en la Solicitud de Propuesta SDP-002-2014-TOPOGRAFIA la falta de requerimientos específicos para garantizar la calidad de los supervisores, pasando por alto la necesidad de que los profesionales estén debidamente acreditados por el Colegio de Ingenieros Topógrafos de Costa Rica, comprometiendo la calidad del proyecto, al no asegurarse la calidad del profesional supervisor y los jefes de cuadrilla.

SOBRE LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS


HALLAZGO 3. SE EVIDENCIÓ LA COLOCACIÓN DE TUBERÍAS CON DETERIOROS DE SEVERIDAD LEVE COMO PARTE DE LAS OBRAS DE DRENAJE DEL PROYECTO.

En las diversas giras realizadas por el Equipo Auditor durante el proceso de Auditoría se identificaron deterioros en algunas de las tuberías de concreto que iban a ser colocadas como parte de las obras de drenaje del proyecto.




Los deterioros evidenciados en las tuberías de concreto corresponden a agrietamientos por contracción, pérdidas de sección en la campana y espiga por desprendimiento de concreto, acero expuesto y nidos de piedra.

Se resume en la Tabla 2 las fechas y deterioros observados en cada una de las visitas donde se evidenciaron deterioros en algunas de las tuberías por colocar en el proyecto.

Tabla 2. Registro de tuberías con deterioros identificadas en las visitas del Equipo Auditor

Fecha visita equipo auditor	Deterioros	Fotografías
16/04/2020	Desprendimiento de concreto. Agrietamientos por contracción concreto.	





				
23/04/2020	Desprendimiento de concreto. Acero de refuerzo expuesto.			
30/04/2020	Desprendimiento de concreto. Acero expuesto.			
7/05/2020	Desprendimiento de concreto.			



19/06/2020	Nidos de piedra.	
10/09/2020	Desprendimiento de concreto. Acero expuesto.	
07/10/2020	Desprendimiento de concreto.	
10/10/2020	Desprendimiento de concreto. Acero expuesto.	



20/11/2020	Desprendimiento de concreto. Agrietamientos por contracción concreto.	
08/01/2021	Desprendimiento de concreto. Acero expuesto.	

Se debe mencionar que los primeros deterioros registrados en la Tabla 2 fueron notificados a la Unidad Ejecutora mediante el oficio LM-IC-D-349-2020 con fecha del 23 de abril de 2020. La Unidad Ejecutora y UNOPS brindaron respuesta al oficio mediante las notas POE-10-2021-0271 del 17 de abril de 2021 y 6800/210409/ER/108 de 09 de abril de 2021, donde se indica que ninguno de los tubos colocados dentro del área de proyecto tuvo afectaciones mayores. Además, que no se colocaron tubos destruidos, despuntados o con otros desperfectos que hayan hecho comprometer la estabilidad y duración del alcantarillado pluvial construido.

No obstante, contrario a lo señalado por la Unidad Ejecutora y UNOPS y a pesar de la advertencia realizada en el oficio LM-IC-D-349-2020 se continuaron evidenciando deterioros en tuberías a lo largo del proceso de ejecución del proyecto, por lo que no se comparte el criterio emitido por ambos entes. En la mayoría de ocasiones los deterioros fueron comunicados por el Equipo Auditor al inspector encargado por parte de la supervisión en sitio durante las visitas realizadas.

La revisión de los informes mensuales de la Supervisión no permitió identificar alguna observación sobre daños en las tuberías de concreto. Tampoco se tiene registro de no conformidades por este tema según la información aportada por UNOPS y la Unidad Ejecutora a fecha de diciembre de 2020.

Sobre los deterioros evidenciados, se debe indicar que los agrietamientos por contracción y nidos de piedra están directamente asociados al proceso y condiciones de producción de las tuberías.

Por otra parte, los desprendimientos de concreto y exposición de acero en la campana y-o espiga del elemento, están normalmente asociado al proceso de descarga de las tuberías en el proyecto. No obstante, en la visita del 10 de setiembre de 2020, también se observó que algunas de las tuberías suministradas por el proveedor externo del contratista ya presentaban daños previos a la descarga de los elementos en el proyecto, tal como se evidencia en la Figura 7. Pese a los daños identificados ese día, la tubería fue recibida y colocada como parte de uno de los drenajes longitudinales del proyecto, tal como se muestra en la Figura 8.

Figura 7. Tubería de concreto con deterioro en campana y acero expuesto en plataforma de camión previo a descarga. Fecha:10 de setiembre de 2020.



Figura 8. Tubería de concreto con deterioros colocada como parte del drenaje del proyecto



En relación con la condición evidenciada de las tuberías se debe indicar que la sección 651 “Alcantarillas de tubos de concreto” del Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto establece que:

“Se tendrá especial cuidado en el transporte y almacenamiento de los tubos. No se aceptará el uso de tubos destruidos, despuntados o con otros desperfectos que comprometan la estabilidad y duración de la estructura”.

A partir de lo anterior se entiende que la Unidad Ejecutora ni UNOPS deberían aceptar tuberías con ningún tipo de despuntes o desperfectos. Ahora bien, la mayoría de los deterioros evidenciados no

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 35 de 116
----------------------------	---------------	------------------

comprometen la durabilidad y estabilidad del sistema de drenaje, no obstante, es criterio del Equipo Auditor que ninguna tubería que vaya ser colocada dentro de un proyecto de obra nueva debería presentar ningún tipo de deterioro como los evidenciados. A partir de lo anterior, es criterio del Equipo Auditor que se debió al menos solicitar la adecuada reparación de las tuberías con los deterioros identificados y no realizar su colocación hasta haber completado la atención de los daños para garantizar la calidad del elemento por el cual se está pagando.

Sobre el tema de reparaciones de daños en tuberías, el pliego de prescripciones técnicas del proyecto no establece con claridad sobre el proceder, sin embargo, la sección 651 “Alcantarillas de tubos de concreto” hace referencia a la 706.02 Tuberías de concreto reforzado, donde se indica que se debe satisfacer los requisitos conforme a lo especificado en AASHTO M 170M. La norma M170-20 en su apartado 13 referente al tema de reparaciones indica que la tubería puede ser reparada en caso de defectos en el proceso de producción o daños en el proceso de descarga y transporte; y será aceptada con base en el criterio del propietario si está cumple con los requerimientos de la especificación.

En el caso del proyecto en estudio, el procedimiento de reparación adoptado por el contratista y observado por el Equipo Auditor en algunos de los casos, consistía en la utilización del mismo mortero empleado en el proceso de solaqueo de juntas externas e internas, ya que las tuberías ya estaban colocadas. No obstante, se desconoce si se utilizó otro tipo de técnica para llevar a cabo la reparación de daños de mayor área o severidad y si dicha técnica contaba con la aprobación de Unidad Ejecutora del Proyecto, así como de UNOPS.

Si bien no existe claridad e información sobre los tipos de reparación realizados en cada uno de los casos evidenciados, se considera pertinente que se haya garantizado la adecuada atención de las zonas deterioradas, la adherencia del concreto o mortero utilizado en las reparaciones y el adecuado recubrimiento del acero expuesto, de lo contrario se corre el riesgo de comprometer la durabilidad y funcionalidad de las estructuras colocadas.

Con base en lo anterior se considera pertinente la elaboración de un registro de inspección y de seguimiento a reparaciones de tuberías de concreto que presenten deterioros por temas de transporte o defectos de producción para su posterior aceptación y colocación en el proyecto.

OBSERVACIÓN 5. SE EVIDENCIÓ UN PROBLEMA EN LA ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DEL CONCRETO EN UNA DE LAS PLACAS DE CIMENTACIÓN DEL PUENTE PEATONAL DEL PROYECTO, LO CUAL GENERÓ LA COLOCACIÓN DE CONCRETOS CON DISTINTAS RESISTENCIAS INCIDIENDO EN LA RESISTENCIA FINAL DEL ELEMENTO.

En la visita realizada el 15 de octubre de 2020, el Equipo Auditor observó el proceso de colado de una de las placas de fundación del puente peatonal del margen derecho en el sentido San Pedro - Calle Blancos. Durante el proceso constructivo se evidenció la colada del último camión mezclador programado para ese elemento, el concreto descargado tenía una resistencia de 300 kg/cm², tal como se observa en la Figura 9.

Figura 9. Colocación de concreto en placa de fundación puente peatonal, resistencia de 300 kg/cm². Fecha: 15 de octubre de 2020. Fuente: LanammeUCR.



No obstante, el volumen de concreto descargado del último camión no completó el nivel requerido para el colado de la totalidad del elemento, por lo que quedó por debajo de la malla de acero superior en algunas secciones, tal como se observa en la Figura 10.

Ante el faltante del volumen de concreto identificado, aproximadamente 4 m³, el contratista recurrió a un camión mezclador de concreto en sitio, que es utilizado para el colado de obras de arte y aceras. El concreto utilizado tenía una resistencia de 250 kg/cm², según el tablero del equipo utilizado que se muestra en la Figura 11. La resistencia del material utilizado para completar el nivel del elemento no correspondía a la resistencia empleada previamente y solicitada en los planos del proyecto, según lo indica la lámina 7.5 Estructura Puente Peatonal Pasarela Tabla de Cantidades (paginado del proyecto 3099).

Figura 10. Nivel de concreto alcanzado ante la descarga del último de camión de concreto programado. Fecha: 15 de octubre de 2020. Fuente: LanammeUCR



Figura 11. Colocación de concreto restante placa de fundación puente peatonal, resistencia de 250 kg/cm². Fecha: 15 de octubre de 2020. Fuente: LanammeUCR.



Cabe mencionar que al concreto utilizado de 250 kg/cm² para completar el nivel de la placa de cimentación no se le realizaron pruebas de concreto fresco durante la estancia del Equipo Auditor.

Los eventos evidenciados fueron notificados a la Administración mediante la nota informe LM-IC-D-939-2020 del 20 de octubre de 2020.

La Unidad Ejecutora y UNOPS brindaron respuesta mediante las notas POE-10-2021-0295 del 17 de abril de 2021 y 96800/210415/ER/120 del 15 de abril de 2021 donde se identifica que el 19 de noviembre de 2020 UNOPS mediante el oficio 96800-03/201119/ER/250 realiza el levantamiento de la no conformidad con base en el registro de inspección número 201015-INV-008 levantado por la Supervisión del proyecto. En dicho registro se describe la eventualidad previamente señalada y además se menciona que se extrajeron núcleos a los 14 días y la resistencia del concreto era menor a la requerida.

Finalmente, el día 21 de diciembre de 2020, UNOPS procede al cierre de la no conformidad con base en el descargo emitido por el contratista y la valoración de la Supervisión en el oficio 20201214-SGU-UN-272-276. En este último documento se indicó que el contratista realizó muestreo de núcleos y esclerómetro, obteniendo resistencia promedio 250 kg/cm², además se indica que el diseñador realiza una revisión estructural del cimiento para dicha resistencia y concluye es aceptable.

Si bien UNOPS y la Supervisión decidieron el cierre de la no conformidad a pesar de obtener una resistencia menor a la originalmente especificada para el elemento en los planos del proyecto, se advierte que la práctica constructiva evidenciada no responde a las buenas prácticas ingeniería y más bien obedece a un problema de programación en la cantidad de concreto demandado por el elemento.



Es importante señalar que el apartado 552.19 “Aceptación”. de la sección 552 “Concreto Estructural” del Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto en relación con la resistencia de los elementos estructurales menciona que:

“Se removerá y reemplazará el concreto representado por cilindros que tengan un esfuerzo de compresión de menos del 90% del esfuerzo a la compresión mínima requerida a los 28 días (f’c) y provengan de una ubicación tal que cause un efecto perjudicial e intolerable en la estructura”.

La diferencia establecida entre la resistencia promedio de 250 kg/cm² obtenida de los ensayos del esclerómetro y núcleos versus la resistencia especificada en planos de 300 kg/cm² es de un 83,3 % es decir es menor al 90% del esfuerzo compresión a los 28 días f’c. Por lo tanto, el concreto de dicha placa no debió haberse aceptado según lo establecido en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto en relación con la especificación del cumplimiento de la resistencia. No obstante, la revisión estructural del elemento llevada a cabo por el consultor valida la aprobación del material colocado.

A partir de lo anterior, es criterio del Equipo Auditor que si bien la diferencia entre las resistencias utilizadas no es de gran magnitud y el volumen de concreto (posiblemente 4 m³) no representa un alto porcentaje del volumen total del elemento colado, la utilización de una resistencia a la compresión de menor magnitud podría generar una disminución del factor seguridad empleado en el diseño estructural,

Es importante mencionar que el caso anteriormente descrito corresponde a un hecho aislado en el proyecto, sin embargo, se enfatiza en la necesidad de que se ejecuten buenas prácticas en la programación de volúmenes de concreto para el colado de elementos estructurales con el fin de evitar eventualidades como las descritas en esta observación.

OBSERVACIÓN 6. SE EVIDENCIÓ LA APARICIÓN DE AGRIETAMIENTOS Y FISURAS EN LAS BARRERAS DE CONCRETO TIPO NEW JERSEY Y EN UN PAR DE MUROS DE CONCRETO, ASOCIADAS A PROBLEMAS DE CURADO Y CORTE TARDÍO DE JUNTAS, NO OBSTANTE, LA MAYORÍA DE GRIETAS FUERON SUBSANADAS.

Durante las visitas del Equipo Auditor al proyecto en ejecución en los meses desde agosto 2020 a marzo 2021 se identificaron diversos agrietamientos y fisuras en las barreras de contención de concreto en distintos ejes de la obra. Las grietas y fisuras halladas, presentaron en su mayoría, una frecuencia asociada al corte de la junta constructiva y se hallaron de forma generalizada en las barreras tipo New Jersey del proyecto.

En la Figura 12, Figura 13 y Figura 14 se presentan algunas de las grietas encontradas. A octubre 2020, algunas grietas fueron resanadas, mas no en su totalidad y algunas se reflejaron a través del sello.

Figura 12. Desfase entre grieta y el corte con sierra, así como agrietamientos en las barreras tipo New Jersey, frentes 1 y 3. Fecha: 5 de agosto de 2020.



Figura 13. Agrietamientos en las barreras tipo New Jersey del frente 1 y reflejo de la fisura a través del resane realizado en la misma, donde se aprecia la línea marcada para el corte con sierra y el desfase con el reflejo de la grieta. Fecha: 26 de agosto de 2020.



En su mayoría, las grietas identificadas corresponden a agrietamientos y fisuras por contracción del material o sugieren una junta fría entre paños de barrera colados en sitio, donde las juntas no han sido cortadas tan pronto como es posible, una vez que el concreto ha alcanzado la consistencia suficiente para ser ranurada con sierra. Se debe mencionar que inclusive se observó el corte o ranurado de juntas en seco y a edades avanzadas del concreto tal como se muestra en la Figura 14.

Figura 14. Resane incompleto y ranurado con sierra, en edades avanzadas del concreto, en barreras New Jersey, frentes 1 y 4. Fechas: 5 y 26 de agosto de 2020, respectivamente.



La presencia de grietas en las barreras tipo New Jersey se siguió presentando inclusive en febrero y marzo 2021, como se presenta en la Figura 15.

Figura 15. Grietas identificadas en barrera tipo New Jersey en la sección horizontal superior y en el cambio de sección vertical. Fecha: 5 febrero 2021.



Sobre la condición evidenciada, llama la atención del Equipo Auditor que la aparición de este tipo de grietas pudo haberse prevenido con el corte temprano de las juntas de construcción de las barreras de concreto, sin la necesidad de realizar los cortes con el concreto en estado seco y tras varios días del colado de las mismas.

De acuerdo con el Tomo 7, C) Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, sección 618.) Barreras de Concreto y subsección 618.04 Barreras de concreto se señala que:

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 41 de 116
----------------------------	---------------	------------------



“Colado en Sitio: El encofrado será colocado manualmente y las juntas de construcción deben tener 5 mm de ancho y 50 mm de profundidad a intervalos de 6 metros. Se deben cortar las juntas tan pronto como sea posible, después de que el concreto tenga la suficiente consistencia como para que pueda pasar sierra durante el ranurado, pero antes de que aparezcan las grietas por contracción. Reduzca la profundidad del corte de sierra en el borde adyacente al pavimento para prevenir daños en el mismo. Rellene todas las juntas con un material pre-formado a 19 mm de espesor. Corte el sobrante de relleno de la junta para llenar la sección en las estructuras y las barreras de las juntas de construcción. Construya las juntas de los bordes. Selle las juntas de acuerdo con la Subsección 552.12.”

Se considera que se debe mantener un correcto curado de los elementos de concreto para garantizar el cumplimiento de la calidad, de manera que, se controlen los agrietamientos por contracción en el concreto y se evita que se generen problemas por el ingreso de agua en éstos. Lo que podría generar corrosión del acero de refuerzo y a su vez, reducir su capacidad estructural. A su vez, se refiere a cortar las juntas tan pronto como sea posible, una vez que el concreto tenga la consistencia suficiente, tal como lo indica el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Los aspectos mencionados anteriormente fueron transmitidos a la Unidad Ejecutora mediante el oficio LM-IC-D-0790-2020 con fecha del 18 de septiembre de 2020, en donde se presentaron las observaciones a los agrietamientos hallados por el Equipo Auditor en las visitas al proyecto.

La Unidad Ejecutora brindó respuesta al oficio LM-IC-D-0790-2020 mediante el oficio POE-10-2021-0198 del 10 de marzo 2021 y la nota de UNOPS 96800/201020/ER/254 con fecha del 20 de octubre de 2020: en dichos documentos se menciona que no se trata de agrietamientos, sino de fisuración por retracción del concreto y que no son fisuras que impliquen afectación estructural en los elementos, pero si deben de ser selladas para evitar filtraciones de agua y posible corrosión en el acero de refuerzo. Sobre el corte mencionado en la Figura 14 del presente documento, UNOPS indicó que la operación a la que se hace referencia, no se trata del corte de juntas, sino que, la sección de la barrera mostrada en la fotografía presentó durante su construcción el problema de que se abrió la formaleta previa al endurecimiento del concreto, y por esta razón, se deformó. Así, el operario realizó el corte previo a la demolición del tramo de barrera afectado por este fallo constructivo, tramo que fue reconstruido posteriormente. Así mismo, indica que todo corte de las juntas se realizó con inmediatez al desencofrado, y se le indicó al Contratista sobre el oportuno corte de las juntas cuando el concreto haya alcanzado la resistencia suficiente, así como el curado debido de los elementos de concreto.

El tema de los agrietamientos y fisuras se reiteró, y se comunicó a la Unidad Ejecutora en los oficios LM-IC-D-0949-2020 con fecha del 26 de octubre 2020 y LM-IC-D-0968-2020 con fecha del 3 de noviembre 2020. En dichos oficios se presentaron observaciones a los deterioros en el muro de concreto armado en el paso inferior, en la entrada en el sentido Calle Blancos - San Pedro y a las grietas identificadas en el muro de concreto armado al noreste (costado Walmart) del paso a desnivel.

La Unidad Ejecutora emitió su respuesta al oficio LM-IC-D-0949-2020 mediante el oficio POE-10-2021-0295 del 17 de abril 2021 y la nota de UNOPS 96800/210415/ER/120 con fecha del 15 de abril 2021, y al oficio LM-IC-D-0968-2020 del 3 de noviembre 2020, mediante el oficio POE-10-2021-0202 del 10 de marzo 2021 y la nota de UNOPS 96800/210223/ER/056 con fecha del 23 de febrero 2021. En dichas

notas se indica que las grietas no son de carácter estructural y que a las mismas se les realizó un tratamiento para repararlas.

El criterio emitido por UNOPS y la Unidad Ejecutora sobre el problema de las fisuras en el concreto es de recibo ya que la retracción del concreto es un fenómeno que sufre dicho material, y con el sellado de las fisuras se evitan filtraciones de agua y posible corrosión en el acero de refuerzo. No obstante, las fisuras y grietas encontradas de manera generalizada en las barreras tipo New Jersey del proyecto, se pudieron reducir en frecuencia y longitud, ante el corte temprano de las juntas.

A marzo 2021, aún se evidenciaban fisuras sobre las barreras tipo New Jersey, tal como se muestra en la Figura 16 y Figura 17. En dichas figuras, se puede apreciar la cercanía de las grietas respecto al corte de la junta. Las cuales se pudieron evitar ante el corte temprano de la misma.

Figura 16. Grietas identificadas en barreta tipo New Jersey. Fecha: 16 marzo 2021.



Figura 17. Grietas identificadas en barreta tipo New Jersey. Fecha: 16 marzo 2021.



El Equipo Auditor evidenció el proceso de resane de las grietas en algunas de las barreras que presentaban fisuras, tal como se muestra en la Figura 18 y Figura 29.

Figura 18. Resane en barreta tipo New Jersey. Fecha: 10 marzo 2021.



Figura 19. Resane en barreta tipo New Jersey. Fecha: 10 marzo 2021.



Es importante mencionar que a pesar de que la mayoría de agrietamientos fueron subsanados, se considera reiterar que el enfoque de la observación busca prevenir la generación de este tipo de deterioros en el acabado de las barreras a partir de buenas prácticas constructivas.

OBSERVACIÓN 7. SE EVIDENCIA UN POTENCIAL RIESGO EN EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJES ADOPTADO EN LA PANTALLA DE PILOTES ANTE UNA POSIBLE REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DEL CANAL COLECTOR INTERNO DE CONCRETO. Y EL DESCONOCIMIENTO DEL ESTUDIO HIDRÁULICO A PARTIR DEL CUAL SE CONSTRUYÓ.

Durante las visitas del Equipo Auditor al proyecto en ejecución en los meses de enero, febrero y marzo del 2021 se identificaron diversos sectores con problemas de infiltración de agua en las paredes de la pantalla de pilotes de ambos muros del proyecto, siendo el muro del Eje 1 en el sentido San Pedro – Calle Blancos el que presentó mayor cantidad de áreas con esta problemática.

En el siguiente registro fotográfico se describe el problema de filtración de agua identificado en las pantallas de pilotes de los dos muros principales del paso inferior del proyecto.

Figura 20. Filtraciones de agua pantalla de pilotes, sector sur muro en el sentido San Pedro - Calle Blancos. Fecha: 08 de enero de 2021



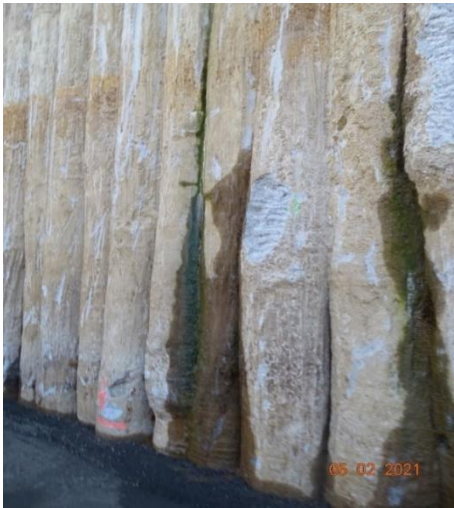
Figura 21. Filtraciones de agua pantalla de pilotes, sector norte muro en el sentido San Pedro - Calle Blancos. Fecha: 05 de febrero de 2021



Figura 22. Filtraciones de agua pantalla de pilotes, sector norte muro en el sentido San Pedro - Calle Blancos. Fecha: 01 de marzo de 2021



Figura 23. Filtraciones de agua pantalla de pilotes, sector sur muro en el sentido Calle Blancos - San Pedro. Fecha: 05 de febrero de 2021



Sobre la condición evidenciada, llama la atención del Equipo Auditor que la técnica constructiva seleccionada en el diseño del muro, la cual corresponde a una pantalla de pilotes secantes, dentro de su conceptualización incorpora la adición de pilotes secundarios (no estructurales) para evitar precisamente la infiltración de aguas freáticas a la zona del viaducto, no obstante, esto no se logró en algunas secciones como parte de las eventualidades del proceso constructivo.

Los aspectos mencionados anteriormente fueron transmitidos a la Unidad Ejecutora mediante el oficio LM-IC-D-0032-21 con fecha del 15 de enero de 2021, en dicho oficio se adjuntó además el informe LM-PIG-01-2021 donde se emiten los criterios de los expertos técnicos del PIG respecto al tema y dónde además se hace énfasis en la necesidad de realizar las reparaciones pertinentes para evitar este paso de agua.

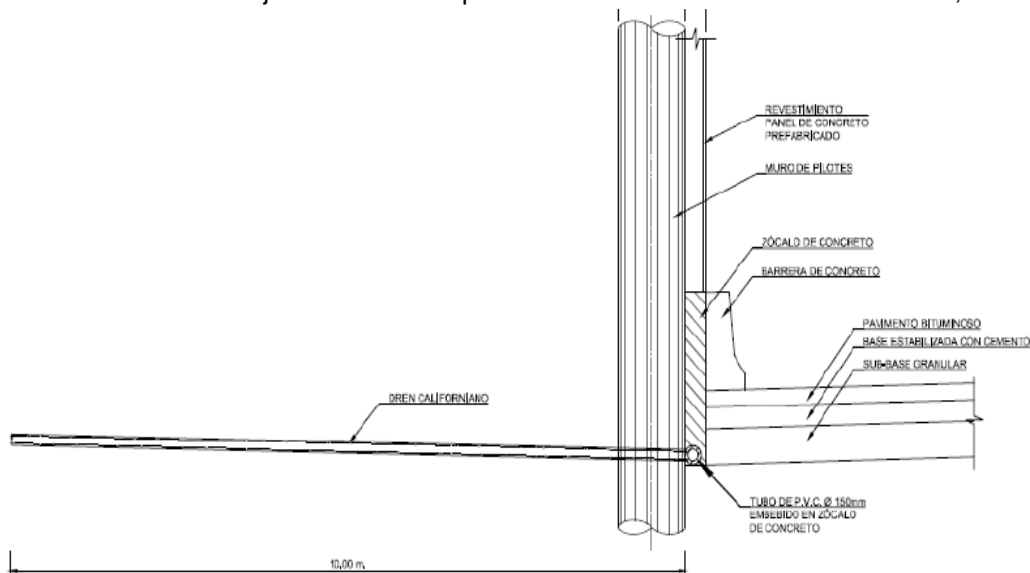
La Unidad Ejecutora brindó respuesta al oficio LM-IC-D-0032-21 mediante el oficio POE-10-2021-0131 del 18 de febrero de 2021 y la nota de UNOPS 96800/210216/ER/035 con fecha del 16 de febrero de

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 46 de 116
----------------------------	---------------	------------------

2021, en dichos documentos se menciona que las filtraciones se generan por las juntas frías originadas entre dos pilotes secantes, lo cual es totalmente esperable, motivo por el cual en construcciones que se requiere de estanquidad total se ejecuta otra solución constructiva y además del tema de canalizar el agua filtrada a los drenajes existentes, lo cual se ha implementado en campo. El criterio emitido por UNOPS y la Unidad Ejecutora sobre el problema de origen de las filtraciones por juntas frías es de recibo ya que es una de las eventualidades del proceso constructivo de estos elementos, no obstante, se debe señalar que si esta fuera la única causa del problema se debería haber presentado en cada una de las juntas entre los pilotes secundarios y primarios aspecto que no fue evidenciado, por lo que también el problema puede obedecer a otras causas.

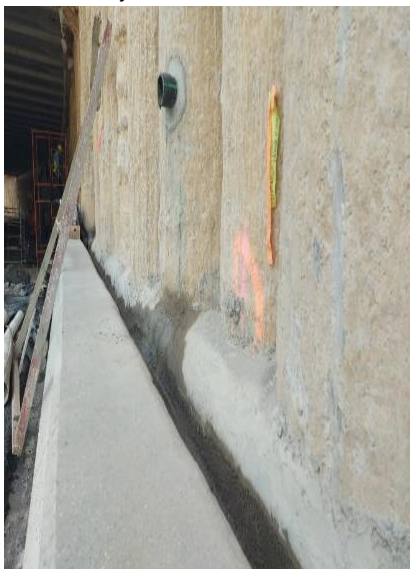
Por otra parte, en relación con las soluciones adaptadas para la evacuación de las aguas del nivel freático de las zonas aledañas al muro se debe indicar que originalmente en planos se consideró la incorporación de drenes californianos de 10 m de longitud con salida a nivel de la base granular y colectadas por una tubería de PVC de diámetro de 150 mm hacia los drenajes existentes, tal como se muestra en la Figura 24.

Figura 24. Detalle del drenaje en el muro de pilotes de los bastiones. Fuente: CONAVI, 2015



El detalle de los drenajes fue modificado en el plano 203031-403-PD-BD-P-13.1-04A VER 01 y así se propuso la modificación de la altura del drenaje como parte de las variaciones del proceso constructivo y se consideró un canal en concreto en la parte superior del zócalo construido en la parte trasera de la barrera para coleccionar el agua de estas zonas al sistema pluvial del proyecto. En la Figura 25 se muestra el detalle de los drenajes de la pantalla de pilotes y el canal de concreto construido para coleccionar el agua proveniente de estos.

Figura 25. Drenajes transversales a pantalla de pilotes y canal interno de concreto construido como colector de drenajes. Fecha: 23 de febrero de 2021



Es importante mencionar que, en el informe mensual del mes de enero 2021, el informe 20210131-IM-013, sobre el proceso y avance de la construcción y labores realizadas por la Supervisión, se indicó presencia de humedad en las pantallas, a pesar de que se construyeron los drenajes californianos, por lo que se sugirió que se debía dar seguimiento y aumentar la frecuencia de drenajes en estas zonas si persistía la condición, ya que no parecía ser suficiente el rebajamiento de carga de nivel freático con los drenajes actuales.

El Equipo Auditor evidenció el aumento en la frecuencia de drenajes en el mes de febrero, sin embargo, no se determinó la frecuencia final de los drenajes construidos ya que no se contó con el detalle final de los planos para contrastarlo con lo construido en sitio. Otra de las soluciones planteadas para coleccionar las aguas freáticas de una de las zonas más críticas del muro en el sentido San Pedro - Calle Blancos donde se evidenciaron filtraciones en la pantalla de pilotes, fue la construcción de un canal de concreto rectangular denominado CAZ, con dimensiones aproximadas entre 80 cm x 60 cm. En la Figura 26 se muestra el detalle del canal construido.

Por último, se debe mencionar que se observó la reparación de varios defectos en pilotes que presentaron problemas, incluyendo la reparación entre juntas lo cual ayudaría a disminuir la filtración de agua evidenciada.

Figura 26. Canal colector CAZ drenajes pantalla de pilotes muro sector norte en el sentido San Pedro-Calle Blancos. Fecha: 23 de febrero de 2021



Sobre las soluciones adoptadas se debe indicar que las mismas parecen adecuadas, sin embargo, existe la inquietud del Equipo Auditor sobre el desempeño del canal de concreto interno construido en el zócalo para coleccionar el agua de los drenajes californianos, ya que en las visitas realizadas se evidenció agua estancada en diversas secciones a lo largo del canal tal como se evidencia en la Figura 27.

Figura 27. Agua acumulada en canal interno colector de drenajes horizontales pantalla de pilotes. Fecha: 17 y 23 de febrero de 2021



Esta condición puede reducir la capacidad hidráulica de la sección del canal. Dentro de los factores identificados que contribuían a esta problemática estaba la suciedad y escombros del proceso constructivo que se depositaron en el canal, así como pendientes leves identificadas en algunas

secciones. Esta condición fue notificada en sitio a la Supervisión e ingenieros de UNOPS, además se indicó en el oficio de LM-IC-D-0165-2021 con fecha del 24 de febrero de 2021, donde se adjuntó el informe de gira LM-PIG-007-2020 del Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR en el cual se coinciden en los criterios emitidos sobre la condición del drenaje evidenciada.

Cabe mencionar que, en la visita del 17 de febrero de 2021, un operador realizó la limpieza del canal previo a la colocación de los paneles después del comentario del Equipo Auditor, tal como se observa en la Figura 28.

Figura 28. Limpieza de canal previo a la colocación de paneles de recubrimiento pantalla de pilotes.
Fecha: 17 de febrero de 2021



Según la condición evidenciada donde se observó que el agua colectada de los drenajes de la pantalla de pilotes se puede estancar con facilidad en el canal interno, surge la preocupación del Equipo Auditor sobre la forma en que se brindará mantenimiento a este canal. Lo anterior debido a que, al haberse colocado los paneles, la complejidad para brindar mantenimiento aumenta al encontrarse el canal de forma interna. El estancamiento de agua en el canal interno ya sea por sedimentación o por escasa pendiente del elemento, aumenta el riesgo del desbordamiento del canal por la reducción de la capacidad hidráulica del mismo bajo condiciones críticas de invierno.

La Unidad Ejecutora y UNOPS brindaron respuestas al oficio mediante las notas POE-10-2021-0291 del 17 de abril de 2021 y 6800/210415/ER/113 del 15 de abril de 2020 donde se indica que las obstrucciones y estancamiento de agua obedecen a material de desperdicio acumulado en el canal durante la construcción. No obstante, se indica que previo a la colocación de los paneles, se iba realizando la limpieza detallada y el lavado del drenaje para garantizar la circulación del agua correctamente y cualquier estancamiento presente previo a la limpieza, aspecto verificado por la Supervisión del proyecto.

Por otra parte, en el oficio LM-IC-D-0165-2021 se solicitó detalle del diseño de la sección transversal de canal de concreto interno aprobado para colectar el agua de los drenajes californianos de la pantalla de pilotes, así como las pendientes seleccionadas para el proceso constructivo. UNOPS en el oficio 6800/210415/ER/113 indicó que el diseño del canal había sido entregado a la Unidad Ejecutora mediante oficio 96800/210216/ER/035, sin embargo, este documento no fue entregado al Equipo Auditor.

Por lo tanto, se desconoce si la sección transversal construida es suficiente para coleccionar toda el agua proveniente de los drenajes sin que esta se desborde del canal, ya que no se cuenta con la justificación técnica sobre su capacidad hidráulica. Además, se debe indicar que el colector de agua originalmente contemplaba una tubería de PVC y no un canal abierto como se construyó, por lo que de no tener las dimensiones adecuadas aumenta el riesgo de desbordamiento.

Ahora bien, se debe mencionar que las filtraciones de agua evidenciadas en las pantallas de pilotes y el agua coleccionada de los drenajes californianos no tienen ninguna afectación de la capacidad estructural de ambos muros, sin embargo, como se mencionó anteriormente existe el potencial riesgo de que los drenajes adaptados para solventar la condición identificada no cuenten con la capacidad hidráulica adecuada para garantizar la evacuación las aguas freáticas a la zona del viaducto, ya sea por falta de mantenimiento o por el mismo diseño de la sección seleccionada. Esto podría generar el desbordamiento de agua hacia la calzada.

Por lo tanto, se considera primordial brindar un monitoreo continuo del funcionamiento de los drenajes de la pantalla de pilotes de ambos muros, especialmente el correspondiente al canal interno adaptado para evacuar las aguas de los drenajes longitudinales.

OBSERVACIÓN 8. SE OBSERVÓ LA INCORPORACIÓN DEL AGUA DE FORMA NO UNIFORME DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE BASES ESTABILIZADAS

Durante las diferentes visitas del Equipo Auditor a los frentes de estabilización de agregados del proyecto se observó que la adición del agua necesaria para alcanzar la humedad óptima en el proceso de densificación de la capa de base estabilizada se realizaba de forma no uniforme.

La dosificación del agua en el proceso constructivo se realizaba mediante una tanqueta, la cual no contaba con un medidor para controlar el volumen dosificado, lo cual generaba una distribución no uniforme del agua en la superficie y acumulaciones en ciertos sectores. En la Figura 29 y Figura 30 se muestra la condición evidenciada por el Equipo Auditor en las vistas realizadas de los días 08 de enero de 2021 y 13 de enero de 2021.

Figura 29. Dosificación de agua en proceso de estabilización de agregados, acumulación de agua producto de una dosificación no uniforme. Fecha 08 de enero de 2021.



Figura 30. Dosificación de agua en proceso de estabilización de agregados, acumulación de agua producto de una dosificación no uniforme. Fecha 13 de enero de 2021.



Es importante mencionar que la adición del agua se realizaba una vez que el material granular se había homogenizado con el cemento. Después de la adición del agua, la niveladora realizaba varias pasadas con el fin de distribuir el agua dosificada previo al inicio del proceso de compactación. No obstante, pese a lo anterior es criterio del Equipo Auditor que los cúmulos de agua localizados en algunas secciones de la capa, como se evidenció en la Figura 29 y Figura 30, no permiten garantizar que exista una distribución de forma homogénea del agua en la capa estabilizada para alcanzar la humedad óptima requerida. Al no existir un control de la humedad óptima de la base estabilizada, se puede tener como resultado un proceso de compactación muy variable con secciones que podrían no cumplir con la densidad máxima y con la resistencia a la compresión requerida por el paquete estructural del pavimento.

Las inquietudes sobre el método de trabajo adoptado por el contratista fueron comunicadas vía oral a los inspectores de la supervisión y a la Unidad Ejecutora posterior a la visita realizada, además se emitió la nota LM-IC-D-0032-2021 del 15 de enero de 2021.

La Unidad Ejecutora y UNOPS brindaron respuesta a la nota anteriormente citada mediante los oficios POE-10-2021-0131 del 18 de febrero de 2021 y 6800/210216/ER/035 del 16 de febrero de 2021. En el oficio 6800/210216/ER/035 UNOPS acepta que no se cuenta con un vehículo dosificador de agua para el control de la humedad durante el proceso de estabilización, no obstante, se indica que siempre se realiza la correcta verificación de la cantidad de humedad en el material granular con el uso del densímetro nuclear y en caso que esta cantidad de humedad se pasa de la humedad óptima, basta con mezclar nuevamente el material en repetidas ocasiones y volver a verificar la humedad; en caso contrario de que aún falte para alcanzar la humedad óptima, se agrega un poco más de agua, homogenizando adecuadamente y verificando con el densímetro nuclear nuevamente. Además, el oficio indica que los tramos colocados de base estabilizada con cemento, han resultado satisfactorios tanto en porcentaje de compactación como en resistencia la compresión de especímenes moldeados, medidos a partir de densímetros nucleares realizados en campo.

Sobre los comentarios emitidos por UNOPS se debe aclarar que el Equipo Auditor no pone en duda el control de humedad en sitio realizado por la Supervisión ni los resultados de los ensayos obtenidos, sin embargo, es importante aclarar que este control no se realiza de forma generalizada en toda la sección,



si no que se hace de forma representativa, por lo cual no existe garantía que se haya realizado la verificación de humedad en las zonas puntuales donde se evidenciaron las acumulaciones de agua. También se debe indicar que en el mes de enero 2021 sí se evidenciaron dos resultados de resistencia a la compresión base estabilizada fuera de los valores establecidos según la actualización de la sección 302 Base granular estabilizada con cemento del CR-2010, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Base estabilizada con incumplimientos del parámetro de resistencia a la compresión, enero 2020. Fuente: PEYCO,2021

Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo	Resistencia (kg/cm ²)	
Límite superior				39,0	39,0
Límite inferior				21,0	21,0
01-0258-2021	01-0818-2020	Eje 1 deprimido LI 1+430 - 1+500	6/1/2021	50	50,7
01-0258-2021	01-0819-2020			51	
01-0258-2021	01-0820-2020			51	
01-0258-2021	01-2183-2020	Eje 1 Sur deprimido 1+125 - 1+175	15/1/2021	19	18,7
01-0258-2021	01-2184-2020			18	
01-0258-2021	01-2185-2020			19	

Es importante aclarar que, en el caso de la base estabilizada del 15 de enero de 2021, la Supervisión levantó un hallazgo, donde inclusive se solicitó la demolición de un tramo, según data en el informe mensual del mes de enero de 2021.

Ahora bien, el Equipo Auditor es consciente que la mayoría de resultados de resistencia de la base estabilizada se encuentran dentro de los límites establecidos en la especificación, no obstante, el objetivo de la observación es señalar que la técnica constructiva y equipo utilizado en el proceso proyecto de estabilización son factores que pueden incidir directamente en los resultados de calidad esperado para la capa de la estructura de pavimento.

También se considera importante señalar que la realización de múltiples pasadas de la niveladora para disminuir la humedad de la mezcla, retarda el inicio del proceso de compactación de la capa lo cual también puede incidir en los resultados de densificación del material por lo cual no se considera recomendable, ya que se podría incumplir con el tiempo máximo establecido para llevar a cabo el proceso constructivo según lo indica la sección 302 Base granular estabilizada con cemento del CR-2010.

A partir de lo anterior se recomienda exigir en los carteles de licitación de futuros proyectos la utilización de equipos que cuantifiquen la dosificación de agua colocada en la base estabilizada para tener un adecuado control de humedad en busca de alcanzar la humedad óptima para el proceso de compactación.

OBSERVACIÓN 9. SE EVIDENCIÓ LA COLOCACIÓN DE LA CAPA DE RODADURA DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS DE FORMA CONTINUA A LO LARGO DE LA TOTALIDAD DE ALGUNOS DE LOS CARRILES DEL TRONCO PRINCIPAL DEL PROYECTO EN BENEFICIO DEL ACABADO Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL CARRIL.

Durante las visitas del Equipo Auditor a la fase final del proyecto se evidenció el proceso constructivo de la capa de ruedo o segunda capa del carril interno en el sentido San Pedro-Calle Blancos. El proceso constructivo consistió en la colocación de un espesor de 8 cm de una mezcla asfáltica con tamaño nominal de 19 mm, sobre una capa asfáltica de 12,5 mm que ya había sido completada previamente. La pavimentación se realizó con un suministro continuo de mezcla asfáltica a lo largo de la totalidad del carril en una sola noche, tal como se muestra en la Figura 31.

La metodología de trabajo adoptada por la empresa contratista generó que el carril fuera construido sin juntas transversales lo cual repercutió favorablemente en el acabado y regularidad superficial del pavimento. Según lo descrito por encargados de la empresa esta práctica constructiva se repitió en los restantes carriles del proyecto.

Figura 31. Proceso de pavimentación segunda capa, carril interno sentido San Pedro Paso Ancho. Fecha 01 de marzo de 2021



No obstante, se debe indicar que en el carril externo en el sentido San Pedro - Calle Blancos sí se logró percibir una única junta transversal tal como se muestra en la Figura 32.

Figura 32. Junta transversal carril externo sentido San Pedro-Calle Blancos, Estacionamiento 1+000. Fecha 22 de marzo de 2021



La práctica constructiva de la colocación total del carril de forma continua es considerada como un aspecto positivo por el Equipo Auditor y difiere de la experiencia del proyecto Garantías Sociales, donde se evidenciaron múltiples juntas constructivas en el acabado final de la capa a partir de la programación y ejecución del método constructivo seleccionado. Por lo tanto, se considera el proceso constructivo adoptado en la construcción del paso a desnivel de Guadalupe como una lección aprendida en la gestión del CONAVI y UNOPS dentro de los proyectos bajo su administración.

En relación con los resultados positivos de la implementación de esta práctica constructiva se debe indicar que se obtuvieron valores de IRI buenos en 3 de los 4 carriles analizados según los resultados de la evaluación del parámetro de regularidad superficial (IRI) realizada por el LanammeUCR. Estos resultados fueron notificados a la Unidad Ejecutora mediante el oficio LM-IC-D-0267-2021 del 25 de marzo de 2021, este tema se profundizará más adelante, en el informe de desempeño del proyecto.

Es importante mencionar que la realización de juntas transversales tampoco se considera un aspecto que influya directamente en el resultado del IRI, siempre y cuando estas sean adecuadamente construidas y tratadas. Lo anterior se considera relevante aclararlo, ya que no todos los proyectos cuentan con la posibilidad de colocar la totalidad de la capa de rueda de un carril debido a su extensión. Sin embargo, se considera relevante la adopción de este tipo de prácticas constructivas en los procesos de colocación de mezcla asfáltica del proyecto de obra nueva, especialmente si estos proyectos son de longitudes cortas. Ahora para la aplicación de este método constructivo se considera transcendental que las capas inferiores de la estructura de pavimentos estén totalmente preparadas (en calidad de materiales y acabado) previos al proceso de pavimentación de la capa de rodadura, con el fin de obtener valores adecuados de IRI en la capa de rodadura.

SOBRE LA GESTIÓN DEL PROYECTO

OBSERVACIÓN 10. SE EVIDENCIÓ LA UTILIZACIÓN DE APLICACIONES DIGITALES PARA EL REGISTRO DE LAS LABORES DE INSPECCIÓN POR PARTE DE LA SUPERVISIÓN DEL PROYECTO BAJO LA COORDINACIÓN DE UNOPS.

Durante las diferentes visitas del Equipo Auditor al proyecto se evidenció el uso de aplicaciones digitales por parte de los inspectores de la Supervisión para el registro de las labores de inspección de las diferentes actividades del proceso constructivo, así como con las labores de control de calidad y reportes ambientales y de seguridad ocupacional del proyecto.

El uso de la aplicación seleccionada y gestionada por UNOPS, implicó que los inspectores y profesionales responsables de la Supervisión tuvieran que completar un formulario digital de inspección para cada uno de los temas citados anteriormente. En la Figura 33 se muestra aplicación utilizada por la supervisión PEYCO para el registro de sus actividades de inspección.

Los registros recolectados en sitio mediante la aplicación a lo largo del proceso de ejecución del proyecto, fueron compilados en la base de datos de UNOPS y además fueron incluidos por la Supervisión como parte del contenido de los informes mensuales que forman parte de los entregables contemplados dentro de su contrato. En la Figura 34 se muestran ejemplos de la incorporación de los formularios de inspección a los informes mensuales emitidos por la Supervisión.

Figura 33. Registro de inspección correspondiente a labores de construcción de pilotes. Fecha 30 de abril de 2020.

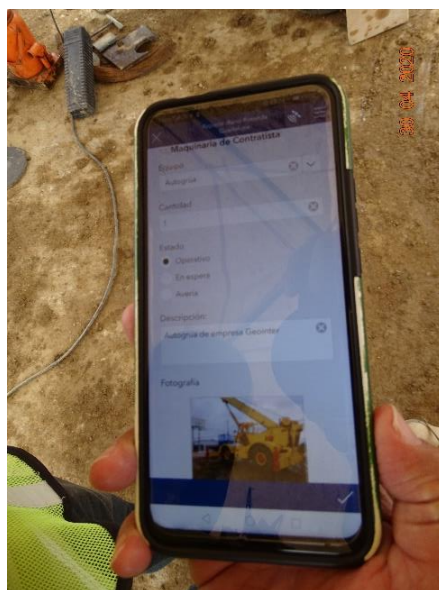




Figura 34. Registro de inspección correspondiente a labores de construcción de pilotes. Fecha, marzo, 2020.

Supervisión Obras paso a desnivel y Rotonda de Guadalupe			
Página 3 de 14			
UNOPS			
HOJA DE CONTROL DE ACTIVIDAD / REPORTE DIARIO			
1.5. PARTIDA GENERAL	ACTIVIDAD	CONTRATISTA	DESCRIPCIÓN
Rampas, Marginales y Rotonda-Drenaje	Excavación en la vía	Alfaro Campos S.A. ALYCA	Excavación en la vía para construcción de muro de retención costado de wallmart Eje 10
FOTOGRAFÍA			
1.6. PARTIDA GENERAL	ACTIVIDAD	CONTRATISTA	DESCRIPCIÓN
Reposición De Servicios		Multiservicios Kinny S.A.	Rellenos con material tipo sub base en colocación de tubería para cableado eléctrico sector wallmart Eje 10
FOTOGRAFÍA			
1.7. PARTIDA GENERAL	ACTIVIDAD	CONTRATISTA	DESCRIPCIÓN
Rampas, Marginales y Rotonda-Drenaje	Pozos de registro y cámaras colectoras	Multiservicios Kinny S.A.	Extracción de agua estancada por lluvia en excavación realizada para pozo de registro de tubería de agua pluvial p63
FOTOGRAFÍA			



REPORTES DIARIOS CONSTRUCTIVOS DE LA OBRA "PASO A DESNIVEL EN LA INTERSECCIÓN DE GUADALUPE, RUTA NACIONAL No. 39 EN SAN JOSÉ, COSTA RICA"

MES DE MAYO



Supervisión Obras paso a desnivel y Rotonda de Guadalupe		
REPORTE PRUEBAS		
Página 1 de 1		
UNOPS		
HOJA DE CONTROL DE ACTIVIDAD / REPORTE PRUEBAS		
PRUEBAS		
FECHA: 30/05/2020		
TIPO	DESCRIPCION	CALIFICACIÓN
Moldeo de cilindros de concreto / ASTM C31	Moldeo de cilindros de concreto para la construcción de los pilotes tomas de temperatura y revenimiento para cada Mixer	<input checked="" type="checkbox"/> Satisfactorio <input type="checkbox"/> No Satisfactorio <input type="checkbox"/> No Aplica
COMENTARIOS DEL INSPECTOR:	FOTOGRAFÍA	LOCALIZACIÓN
-Día parcialmente nublado		

La revisión de los informes mensuales permitió evidenciar una inspección continua y detallada de los procesos constructivos, control de calidad y otros temas del proyecto a través de los formularios completados con la aplicación digital. La forma en que se presentó la información permite generar un registro técnico completo del proyecto, lo cual contribuye a la gestión de los tomadores de decisiones del proyecto, así como la transparencia de los procesos supervisados por la empresa.

Otra de las ventajas de la utilización de este tipo de herramientas digitales, es que permite visualizar en tiempo real los procesos de inspección que se realizan en el sitio, de manera que se puedan atender

eventualidades del proceso constructivo o calidad de materiales con la mayor prontitud por parte de los profesionales responsables.

Sobre la estructura adoptada y coordinada UNOPS para la recolección y presentación de datos de los diferentes procesos de inspección, es criterio del Equipo Auditor que la misma responde a una metodología que se ajusta a las buenas prácticas internacionales para los procesos de inspección o supervisión de proyectos. Por lo tanto, el contenido de esta observación se estima como un aspecto positivo, por lo que se considera de relevancia extender esta forma de trabajo para futuros proyectos de obra nueva, de manera que se pueda contribuir a mejorar los procesos de supervisión de los mismos.

Además, se recomienda la inclusión de coordenadas en los formularios de inspección de los diferentes temas abordados por parte de la Supervisión, ya que no se evidenciaron en todos los reportes. La inclusión de las coordenadas en los informes de la Supervisión permite ubicar espacialmente las labores ejecutadas, esto constituye un historial o insumo o valioso para los futuros encargados de dar mantenimiento a los trabajos ejecutados, al tener información técnica de cómo se ejecutaron los trabajos y bajo qué condiciones. Por lo tanto, se insta a la incorporación de esta información como parte de futuros informes en otros proyectos.

SOBRE LA CALIDAD DEL PROYECTO

En esta sección se realizó un análisis de los resultados de los parámetros de calidad de los diferentes materiales empleados en el proceso constructivo del proyecto con el fin evaluar el cumplimiento de las especificaciones de cada uno de estos según lo estipulado en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto.

Para ello se realizó una revisión de los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación de la calidad LGC en representación de la Supervisión del proyecto. Lo anterior a partir de la información de calidad contenida en los informes mensuales emitidos por la Supervisión del proyecto entre los meses de enero 2020 y enero 2021, a los cuales el Equipo Auditor tuvo acceso al cierre del informe.

Por otra parte, la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR realizó ensayo a los diferentes materiales durante el periodo comprendido entre los meses de junio de 2020 y marzo de 2021. Los resultados de los ensayos de calidad fueron comunicados a la Unidad Ejecutora del proyecto mediante oficios durante el periodo de ejecución del proyecto, con el objetivo de informar oportunamente y constituyeran un respaldo técnico para la misma. Los oficios de remisión de ensayos de calidad enviados se encuentran en la Tabla 1 de este informe y corresponde a: LM-IC-D-0637-2020, LM-IC-D-0919-2020, LM-IC-D-1064-2020, LM-IC-D-0124-2021, LM-IC-D-0241-2021, LM-IC-D-0244-2021, LM-IC-D-0274-2021.

Es importante aclarar que la toma de muestras por parte de la Auditoría Técnica dentro del proceso de fiscalización, no tienen como finalidad cumplir la función del autocontrol ni la verificación de calidad, por lo que la información aportada no constituye obligatoriamente un dictamen final de la calidad, más bien se proporcionaron como insumo para que la Administración analizara los resultados obtenidos por el LanammeUCR y tuviera una referencia en el orden de magnitud de los parámetros analizados.

El análisis realizado se limita a la evaluación y cumplimiento de los parámetros de calidad de los siguientes materiales: concreto estructural clase A 300 kg/cm², acero, subbase granular, base granular para estabilización, base estabilizada y mezcla asfáltica.

Se muestran a continuación los principales hallazgos y observaciones del estudio.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 58 de 116
----------------------------	---------------	------------------

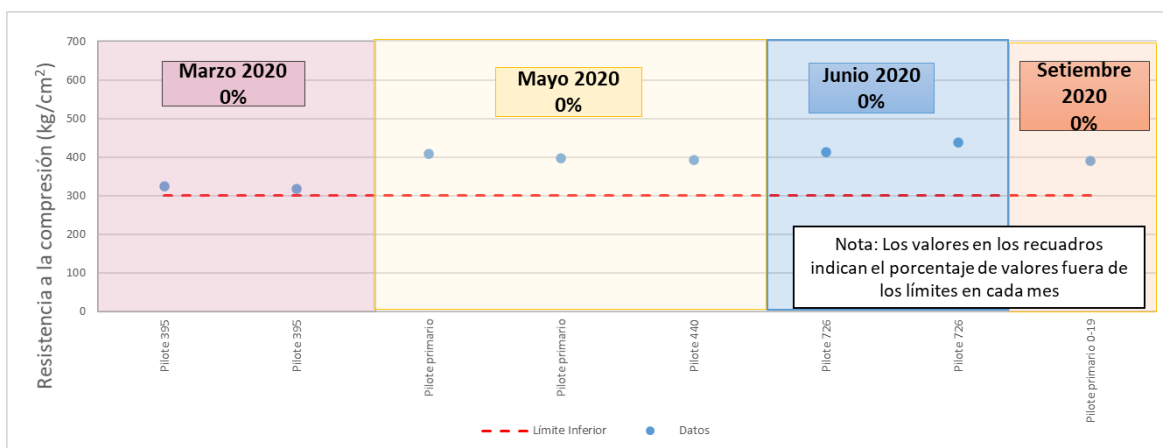
HALLAZGO 4. LAS MUESTRAS DE CONCRETO TOMADAS POR EL LANAMMEUCR Y LA SUPERVISIÓN TIENEN UNA RESISTENCIA SUPERIOR A LA RESISTENCIA MÍNIMA ESTABLECIDA EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES PARA EL CONCRETO ESTRUCTURAL DE 300 kg/cm². LOS PARÁMETROS DE ASENTAMIENTO Y TEMPERATURA MEDIDOS POR EL LANAMMEUCR TIENEN UNA TENDENCIA A ENCONTRARSE DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS.

Para la evaluación del concreto estructural clase A 300 kg/cm² los límites en los parámetros evaluados fueron tomados del diseño 200128-050-PC-C031 suministrado por la Unidad Ejecutora. En relación con los resultados del LanammeUCR se consideraron todas las muestras para el análisis estadístico al ser una muestra reducida y tomada de forma aleatoria durante el proceso de ejecución del proyecto. Por otra parte, en relación con las muestras utilizadas para el análisis estadístico de los resultados de verificación de calidad se seleccionaron meses de forma aleatoria debido a su tamaño. Se muestran a continuación los resultados del análisis para los casos del concreto de 300 kg/cm² utilizado en pilotes y elementos estructurales.

Sobre las pruebas calidad del concreto clase A para pilotes (300 kg/cm²) realizadas por el LanammeUCR

En la Figura 35, se muestran los resultados obtenidos por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión simple a los 28 días. De la Figura 35 se observa que todas las muestras están por encima de la resistencia mínima requerida a los 28 días.

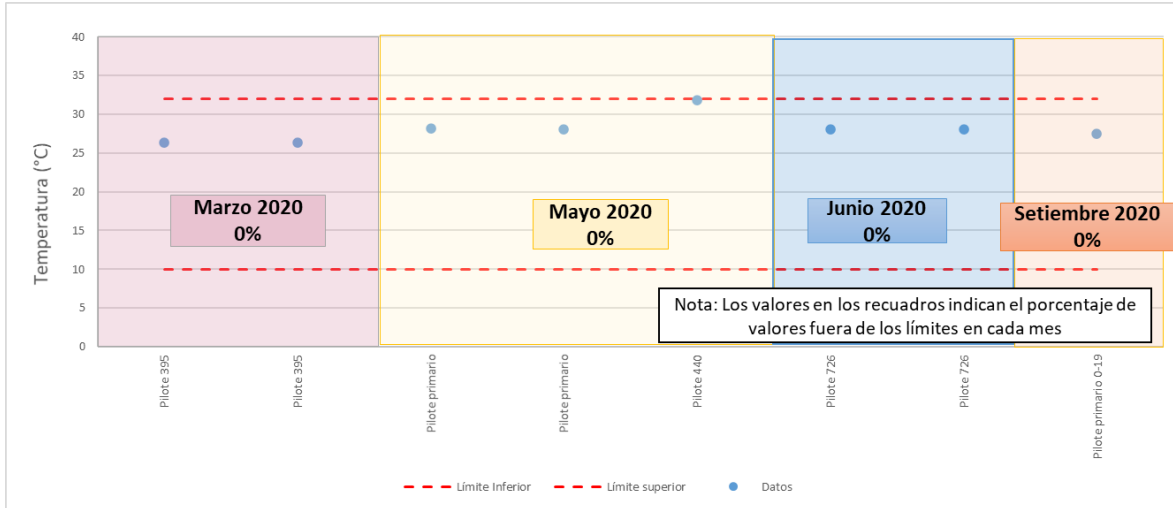
Figura 35. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión simple a los 28 días de las muestras de concreto estructural clase A para pilotes



En cuanto a la temperatura del concreto fresco, se observa que los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación se encuentran cercanos al límite superior, no obstante, no se evidencia ningún incumplimiento. (ver Figura 36).

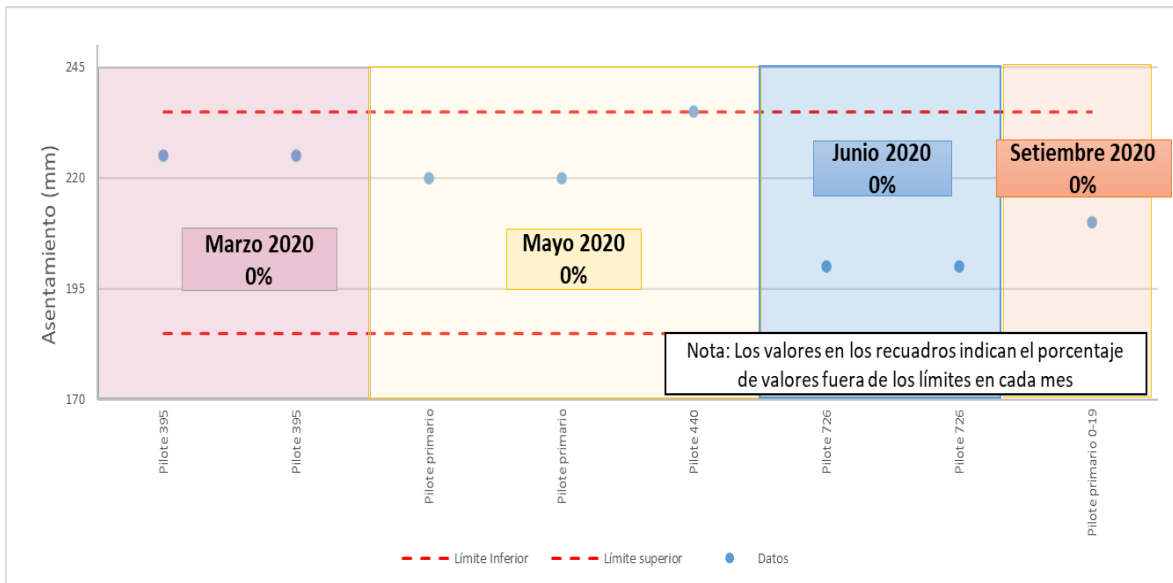


Figura 36. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para la temperatura de las muestras de concreto estructural clase A para pilotes



Con respecto al asentamiento, todos los muestreos realizados por LanammeUCR, se encuentran dentro de los límites de aceptación, tal y como se aprecia en la Figura 37.

Figura 37. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el asentamiento de las muestras de concreto estructural clase A

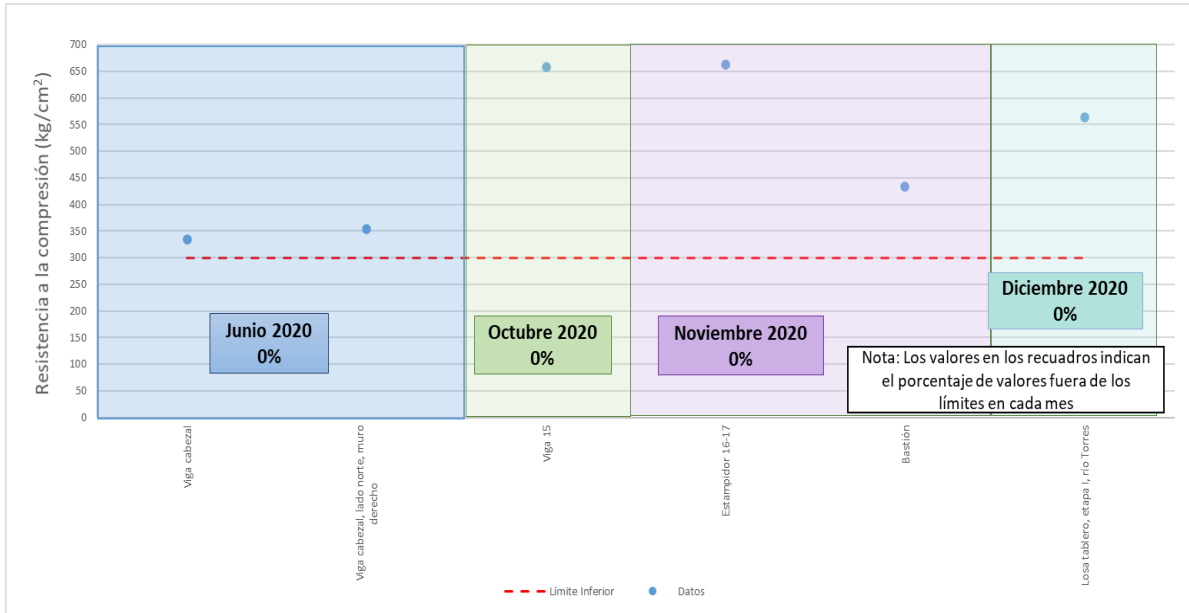


Sobre las pruebas calidad del concreto estructural clase A (300 kg/cm²) para elementos estructurales realizadas por el LanammeUCR

En la Figura 38, se muestran los resultados obtenidos por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión simple a los 28 días. Como se observa en la Figura 38, todos los muestreos tienen una resistencia por encima del límite mínimo establecido.

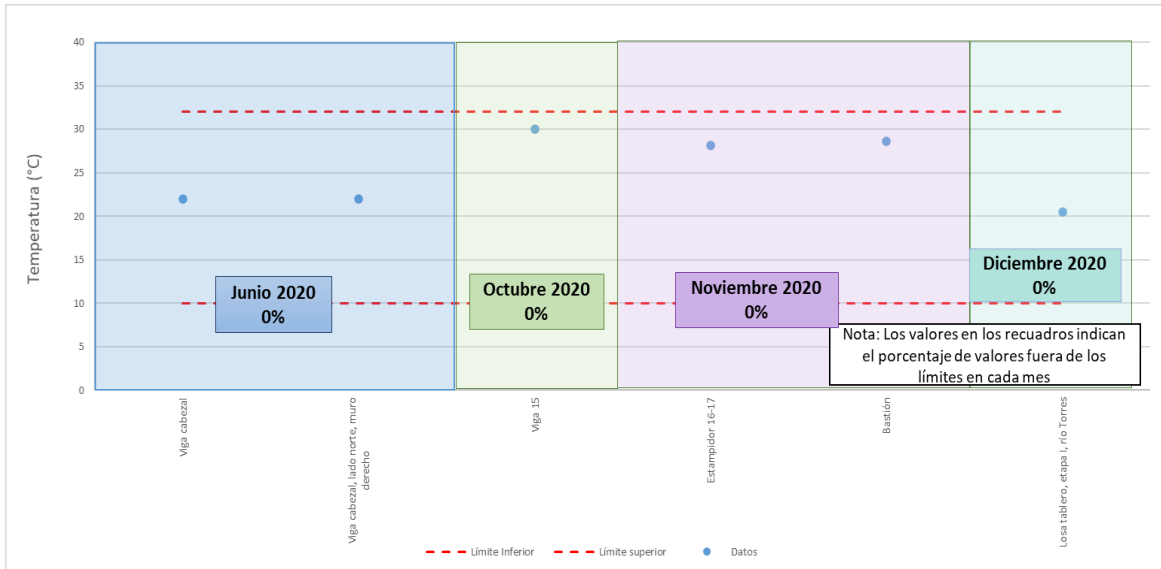


Figura 38. Resultados de las muestras de concreto estructural clase A obtenidos por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión simple a los 28 días



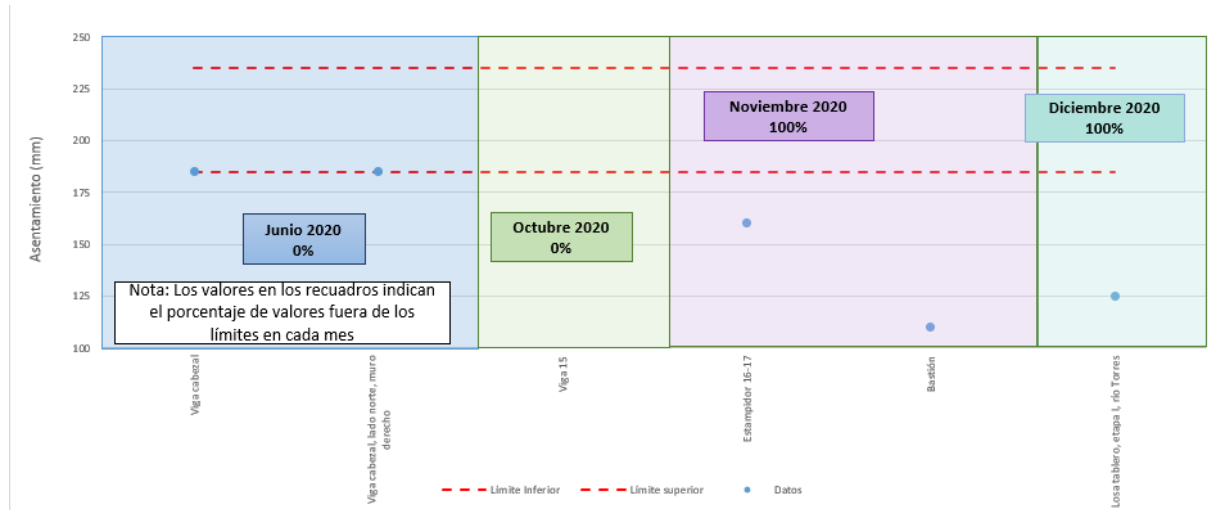
En cuanto a la temperatura de colocación, las muestras tomadas tienen una tendencia a mantenerse dentro de los límites contractuales (ver Figura 39).

Figura 39. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para la temperatura de las muestras de concreto estructural clase A para pilotes



Los límites para el asentamiento del concreto fresco (185 – 235 mm) se tomaron del diseño 200128-050-PC-C031. Como se puede observar en la Figura 40, se identificaron 3 valores que corresponden a la prueba de asentamiento que se encuentran fuera de los límites del diseño de la mezcla de concreto.

Figura 40. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el asentamiento de las muestras de concreto estructural clase A



Sobre las pruebas de calidad del concreto estructural clase A (300 kg/cm²) para pilotes realizadas por la supervisión del proyecto.

El análisis de resultados comprendió los resultados de las pruebas calidad del concreto estructural clase A (300 kg/cm²) para pilotes entre los meses de febrero 2020 y marzo 2020, este periodo fue seleccionado de forma aleatoria debido al tamaño de la muestra total.

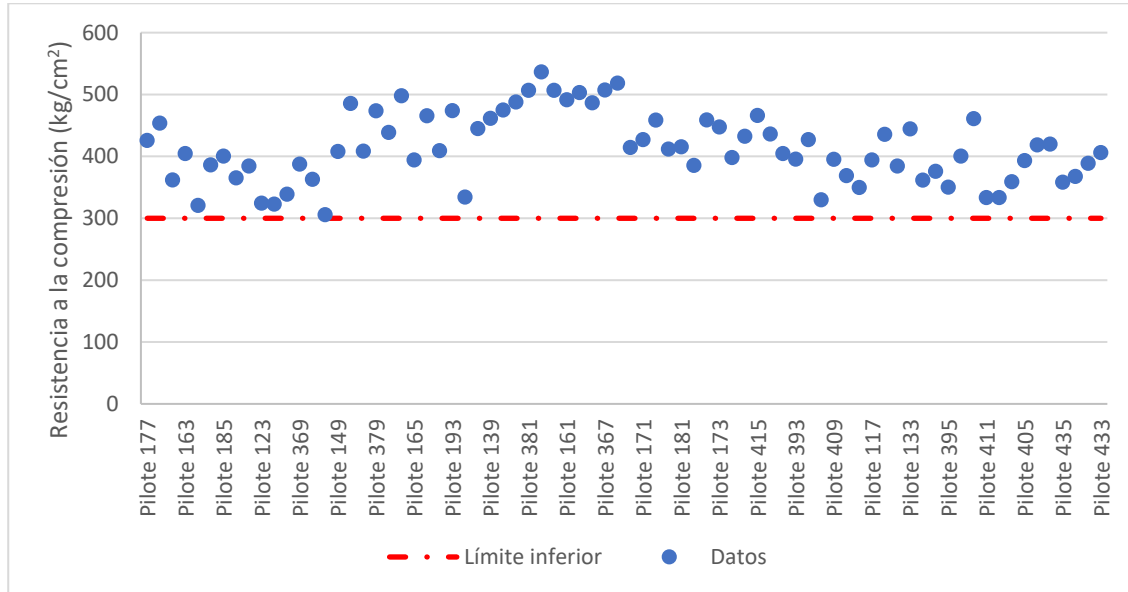
En relación con los resultados todas las muestras evaluadas por el laboratorio de verificación tienen una resistencia por encima del límite mínimo establecido (ver Figura 41). De igual manera, todas las temperaturas del concreto fresco medidas por el laboratorio de verificación se encuentran entre los límites permitidos (ver Figura 42). En cuanto al asentamiento, las mediciones realizadas por el laboratorio de verificación muestran una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos en el diseño de mezcla y sólo 4 mediciones se encuentran por encima del límite superior (ver Figura 43).

Se debe mencionar en relación con las muestras con asentamientos por encima del límite, que un asentamiento muy alto genera un concreto susceptible a la segregación, perjudicando de igual manera la calidad final del concreto.

No obstante, pese a lo anterior se concluye que las muestras de concreto tomadas por el LanammeUCR y la Supervisión tienen una resistencia superior a la resistencia mínima establecida en los documentos contractuales para el concreto estructural de 300 kg/cm². Los parámetros de asentamiento y temperatura medidos por el LanammeUCR tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos.

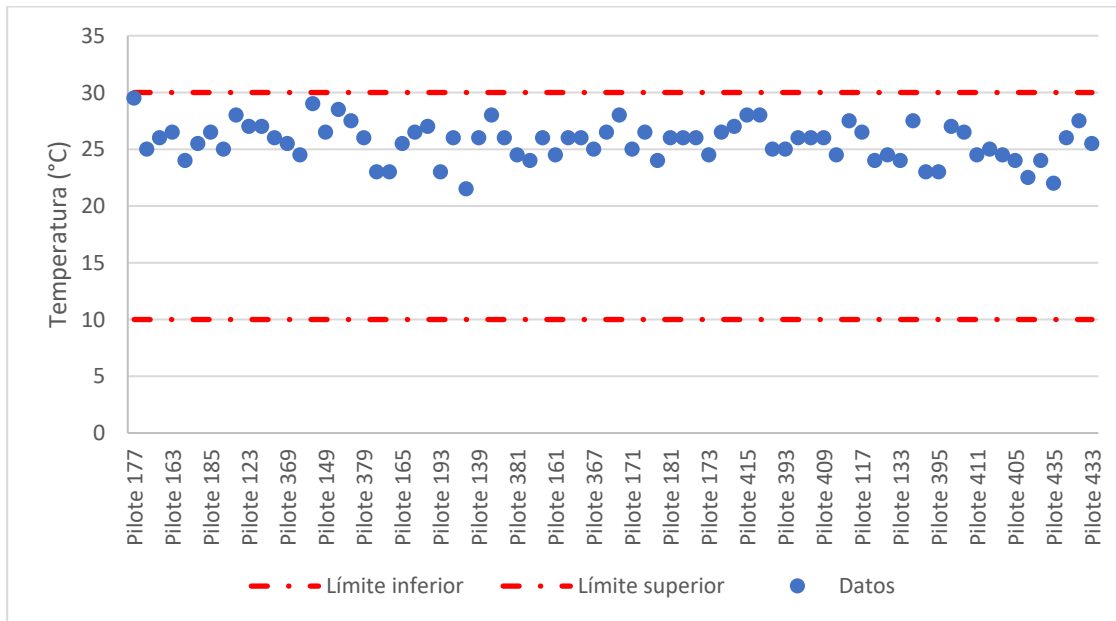


Figura 41. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la resistencia a la compresión simple a los 28 días de las muestras de concreto estructural clase A para pilotes



Fuente: LGCLGC, 2020

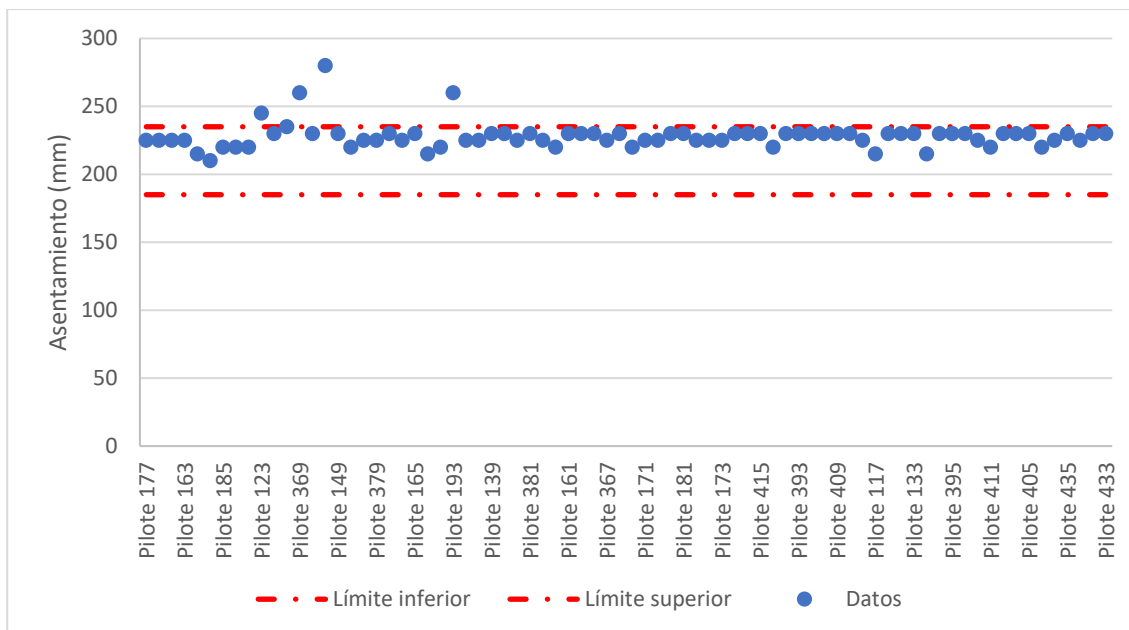
Figura 42. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la temperatura de las muestras de concreto estructural clase A para pilotes



Fuente: LGCLGC, 2020



Figura 43. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el asentamiento de las muestras de concreto estructural clase A



Fuente: LGC, 2020

HALLAZGO 5. SE IDENTIFICÓ EL CUMPLIMIENTO DE LA MAYORÍA DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL ACERO SEGÚN LO ESTABLECIDO EN LA NORMA ASTM A706 DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS POR EL LANAMMEUCR, A EXCEPCIÓN DE LAS VARILLAS N°4 DE LA MUESTRA DEL 24 DE JUNIO DE 2020 EN LA CUAL SE EVIDENCIARON ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LA ELONGACIÓN

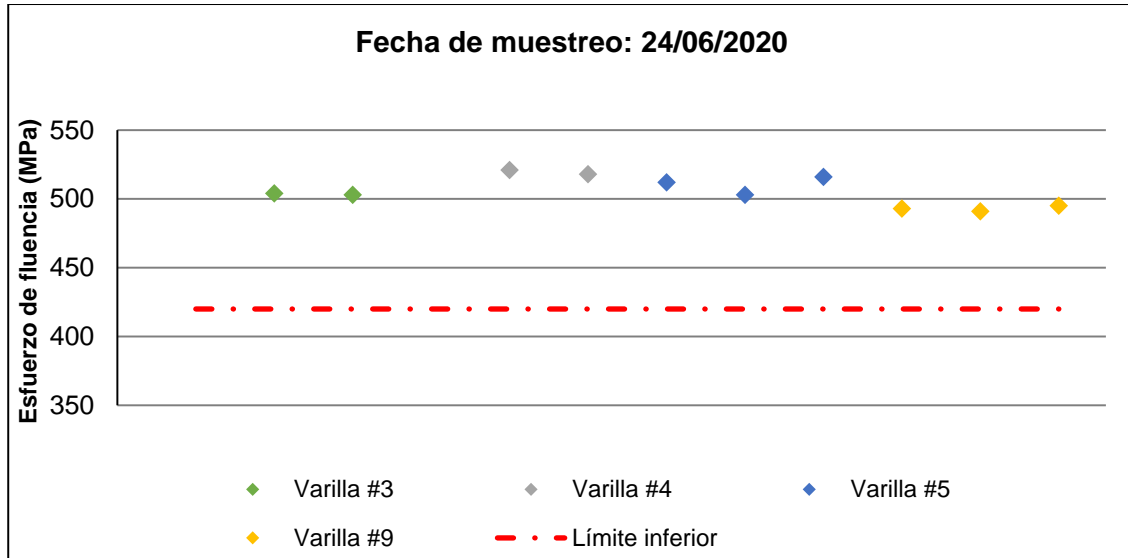
El LanammeUCR realizó dos muestreos del acero utilizado en el proyecto, específicamente el 24 de junio de 2020 y el 23 de setiembre de 2020. Los muestreos contemplaron especímenes de varillas N°4, N°5, N°8 y N°9. Se evaluaron los parámetros de esfuerzo de fluencia (ver Figura 44), esfuerzo máximo (ver Figura 45), elongación (ver Figura 46), espaciamento entre corrugaciones (ver Figura 47), altura de corrugación (ver Figura 48) y ancho individual de separación de corrugación (ver Figura 49), respecto a las especificaciones la norma ASTM A706.

Los resultados de la evaluación evidencian el cumplimiento de la mayoría de parámetros de calidad en los especímenes ensayados. A excepción de los resultados porcentaje de elongación promedio obtenida del acero de refuerzo en los 3 especímenes varilla N°4, 1 espécimen de varilla N°5 y 1 espécimen de la varilla N°9 de la muestra del 24 de enero de 2020. De igual manera el promedio del porcentaje de elongación promedio de la varilla #4 se encuentra por debajo del valor límite establecido.

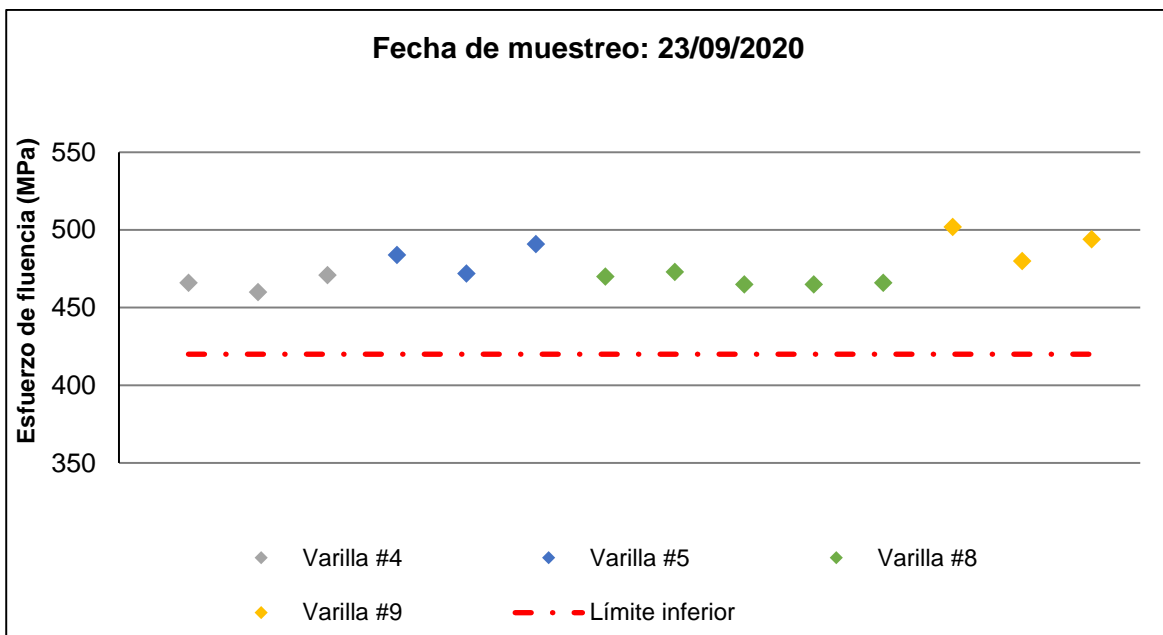
Los resultados de acero fueron comunicados a la Administración mediante los oficios LM-IC-D-0637-2020 del 03 de agosto de 2020 y LM-IC-D-0121-2021 del 11 de febrero de 2021.



Figura 44. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el esfuerzo de fluencia promedio del acero de refuerzo utilizado en la construcción del proyecto. Fecha de muestreo: (a)24/06/2020 (b)23/09/2020



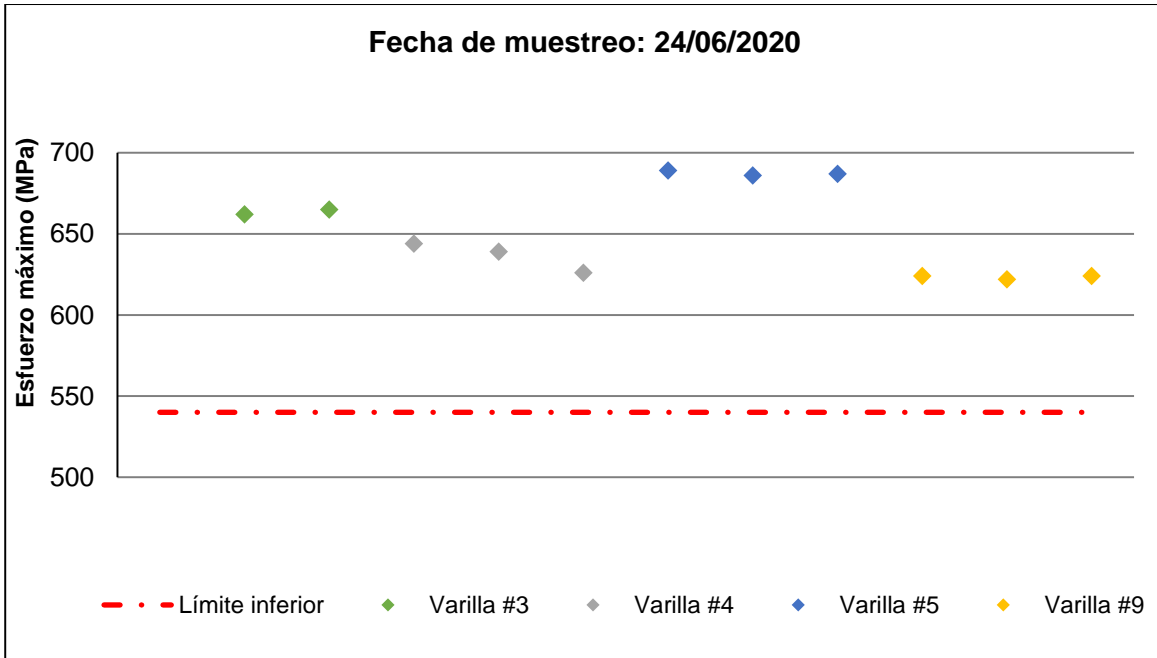
(a)



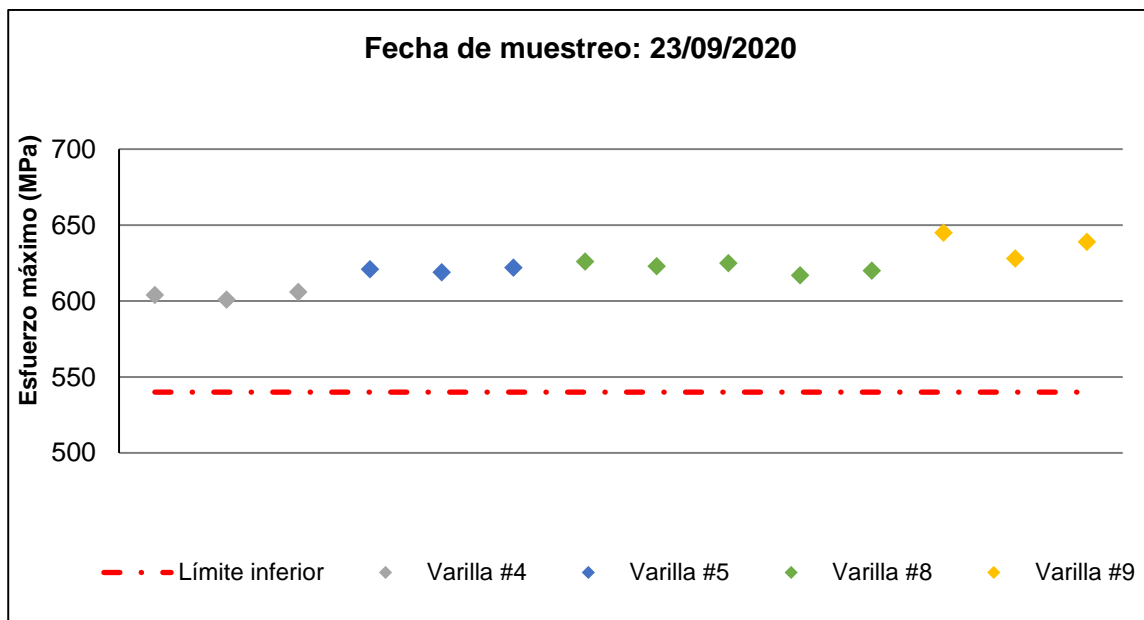
(b)



Figura 45. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el esfuerzo de máximo promedio del acero de refuerzo utilizado en la construcción del proyecto. Fecha de muestreo: (a)24/06/2020 (b)23/09/2020



(a)



(b)



Figura 46. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el porcentaje de elongación del acero de refuerzo utilizado en la construcción del proyecto. Fecha de muestreo: (a)24/06/2020 (b)23/09/2020

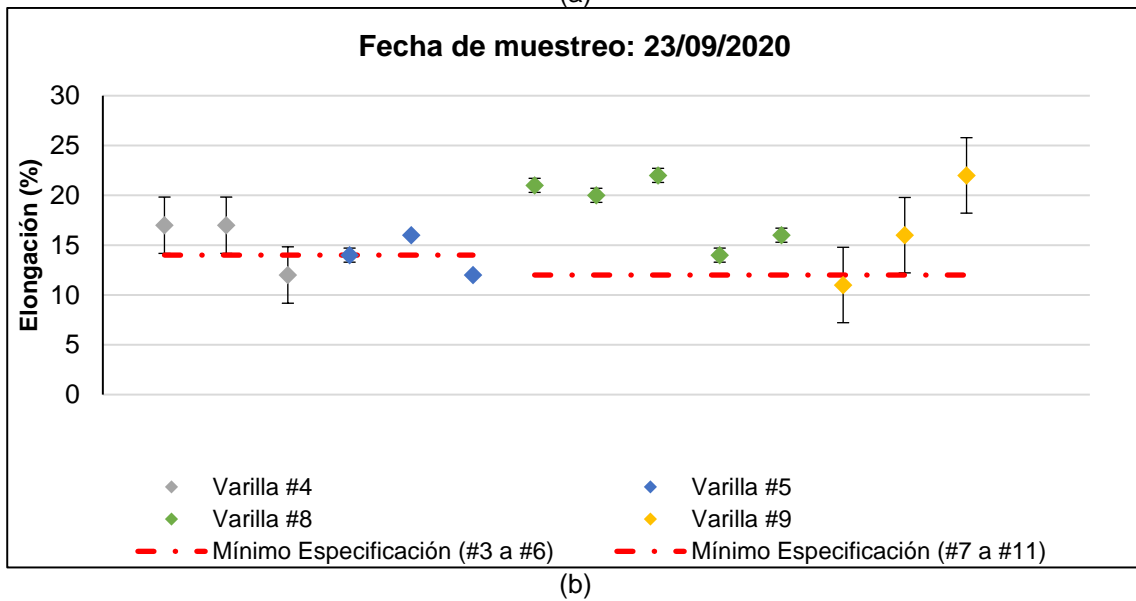
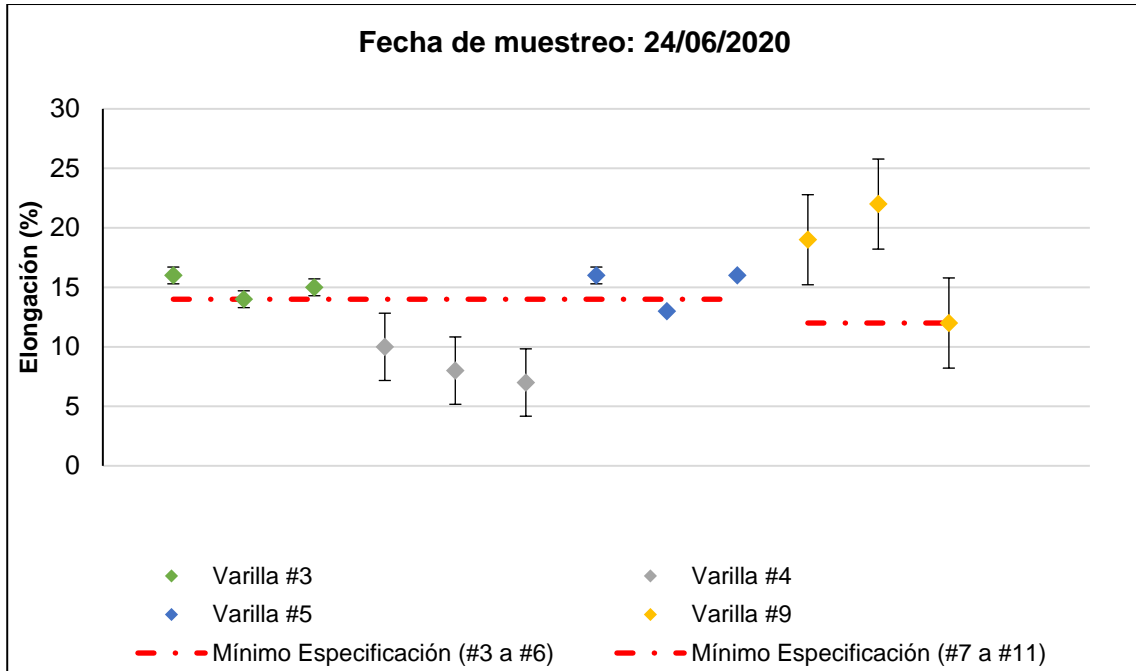
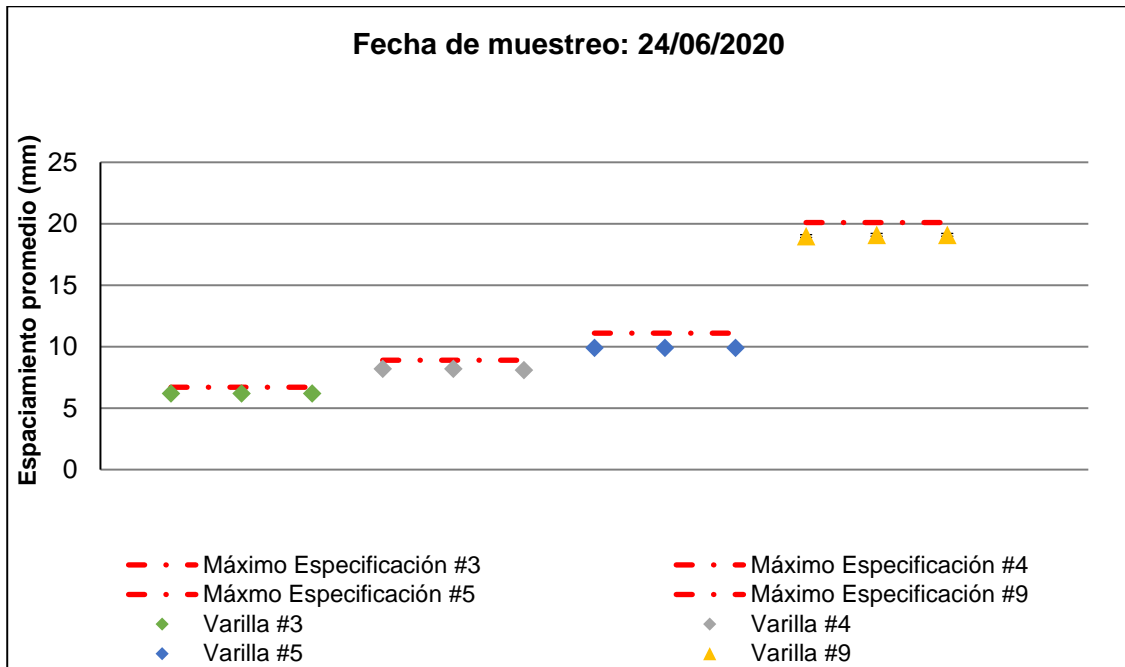
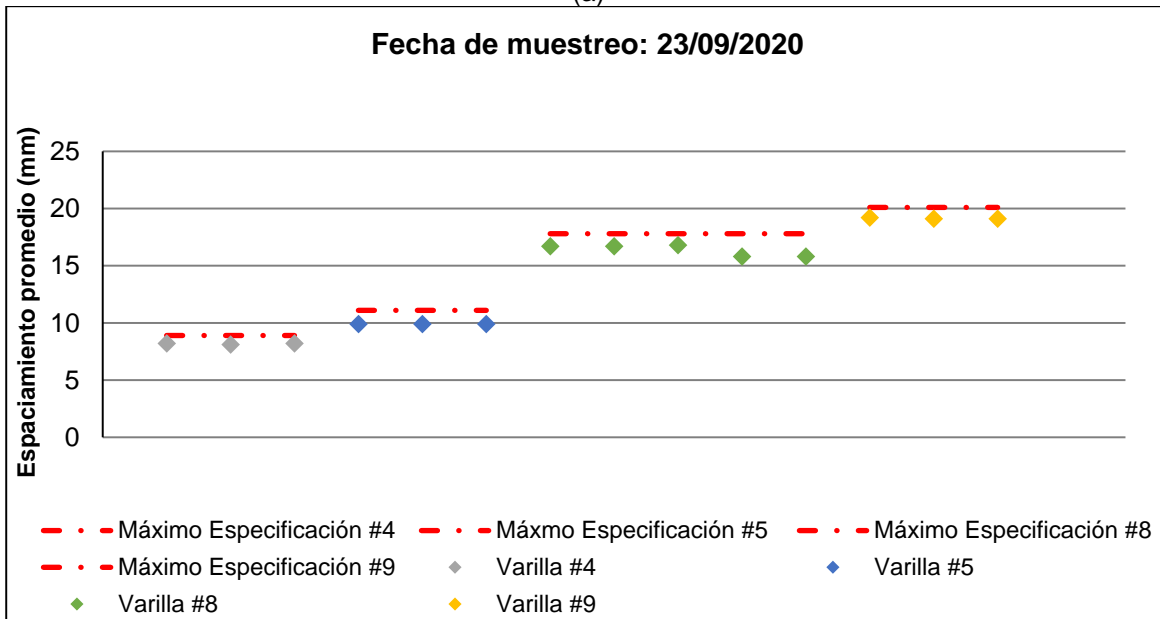




Figura 47. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el espaciamiento promedio entre corrugaciones del acero de refuerzo utilizado en la construcción del proyecto. Fecha de muestreo: (a)24/06/2020 (b)23/09/2020



(a)



(b)



Figura 48. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para la altura de corrugación promedio del acero de refuerzo utilizado en la construcción del proyecto. Fecha de muestreo: (a)24/06/2020 (b)23/09/2020

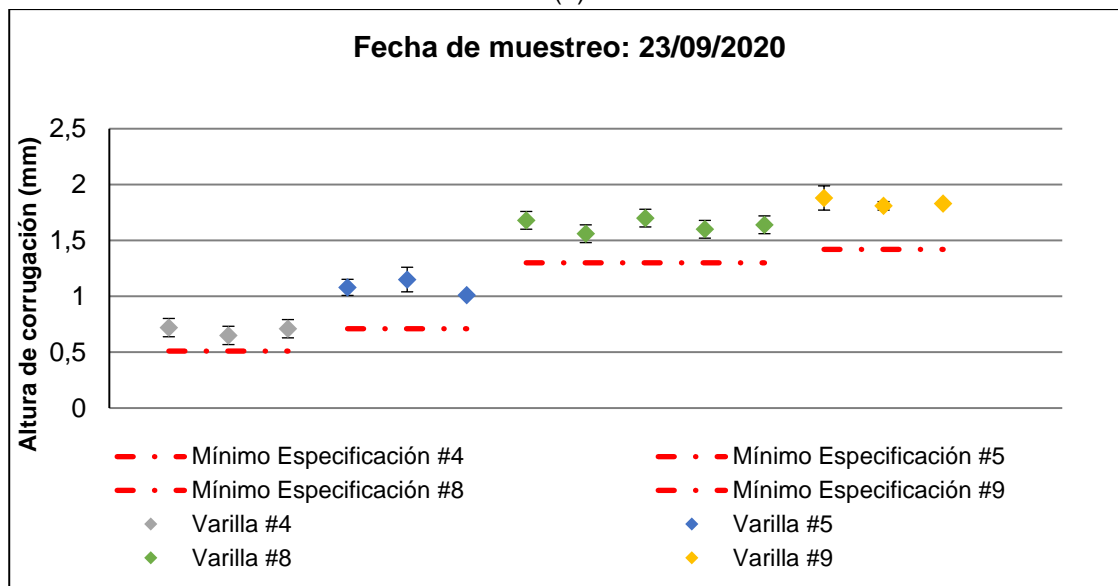
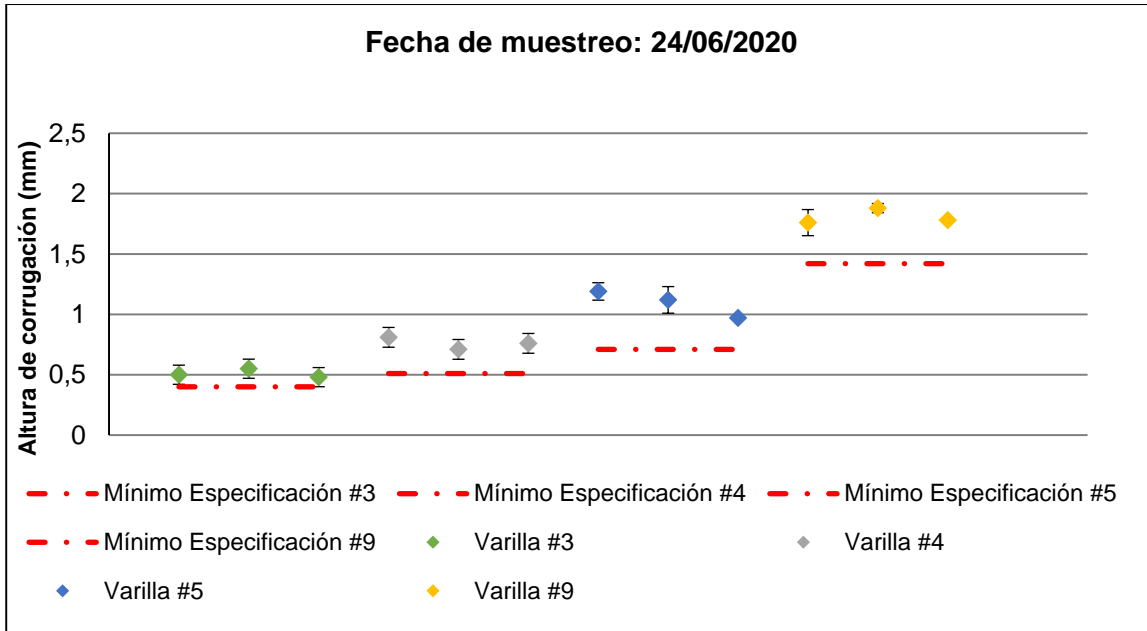
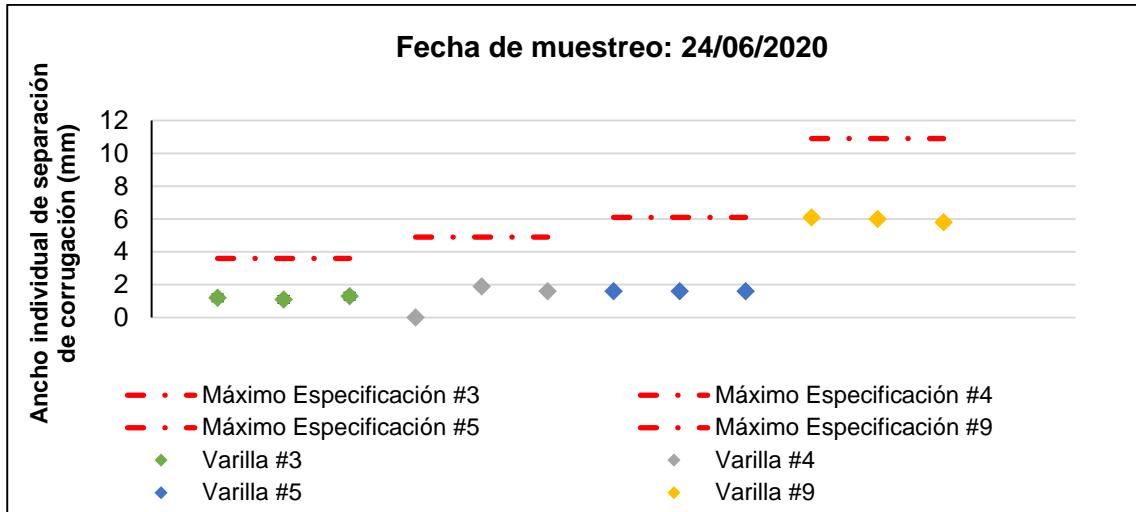
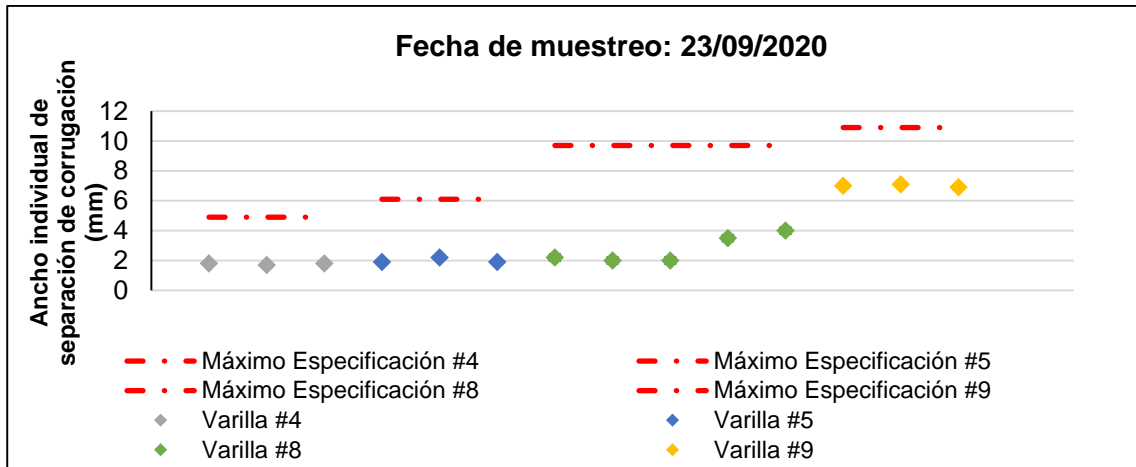




Figura 49. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el ancho individual de separación de corrugación promedio del acero de refuerzo utilizado en la construcción del proyecto. Fecha de muestreo: (a)24/06/2020 (b)23/09/2020



(a)



(b)

La Unidad Ejecutora brindó respuesta a la nota LM-IC-D-0637-2020 mediante el oficio POE-10-2020-0770 del 02 de octubre de 2020 con la nota adjunta emitida por UNOPS 96800/201001/ER/211 del 01 de octubre donde se indica que se verificaron los resultados de ensayo de muestras gemelas tomadas el día 24 de junio de 2020 por el Contratista y la Supervisión. El resultado de la verificación determinó que se obtuvieron resultados favorables a los ensayos aplicados al acero por el laboratorio de control de calidad del contratista con base en el informe 2020-06-5200. Por otro lado, en relación con los resultados de la Supervisión se obtuvieron resultados favorables en los ensayos aplicados a las varillas #3, #5, #9, respecto a la varilla #4 se obtuvieron valores adecuados en esfuerzo a la fluencia y esfuerzo máximo, sin embargo, los valores de la elongación se encuentran ligeramente por debajo del mínimo requerido. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos por el LanammeUCR.



En relación con el incumplimiento evidenciado por la Supervisión, UNOPS indica que se analiza que el esfuerzo a la fluencia de las varillas se encuentran por encima del valor mínimo establecido lo que garantiza que las obras de concreto no se van a ver comprometidas con los resultados, así mismo se menciona que los valores de elongación no se encuentran lejos del valor mínimo según los resultados obtenidos por la Supervisión, lo que indica que no se compromete negativamente las estructuras correspondientes.

Sobre lo señalado anteriormente, se coincide en el criterio emitido por el esfuerzo de fluencia, no obstante, se debe indicar que incumplimientos del porcentaje de elongación mínimo pueden generar un potencial riesgo que se produzca una falla más frágil del material. Por lo cual no se comparte con el criterio emitido por UNOPS en relación con la elongación obtenida en estas muestras.

HALLAZGO 6. SE EVIDENCIARON INCUMPLIMIENTOS RELACIONADOS CON LA GRADUACIÓN DEL MATERIAL DE SUBBASE UTILIZADO EN EL PROYECTO, ESPECIALMENTE CON LO RELACIONADO CON LA MALLA #4 Y #1/2"

La revisión de los informes mensuales de la Supervisión permitió identificar 7 muestras de subbase granular que fueron ensayadas durante el proceso de ejecución del proyecto. El Equipo Auditor realizó la evaluación de los parámetros de calidad del material de subbase con base en lo estipulado en la Sección 301.) Subbases o bases granulares del pliego de prescripciones técnicas del proyecto.

A partir de lo anterior se identificaron incumplimientos en 4 de las 7 muestras, respecto a los límites granulométricos contemplados en la graduación B correspondiente al material de subbase. Al menos tres de las muestras incumplieron respecto a los límites granulométricos en la malla N°4 al encontrarse por debajo del límite inferior y una muestra respecto a los límites de la 1/2". En la Tabla 4 y Figura 50 se detallan las graduaciones evaluadas y en rojo se observan los incumplimientos.

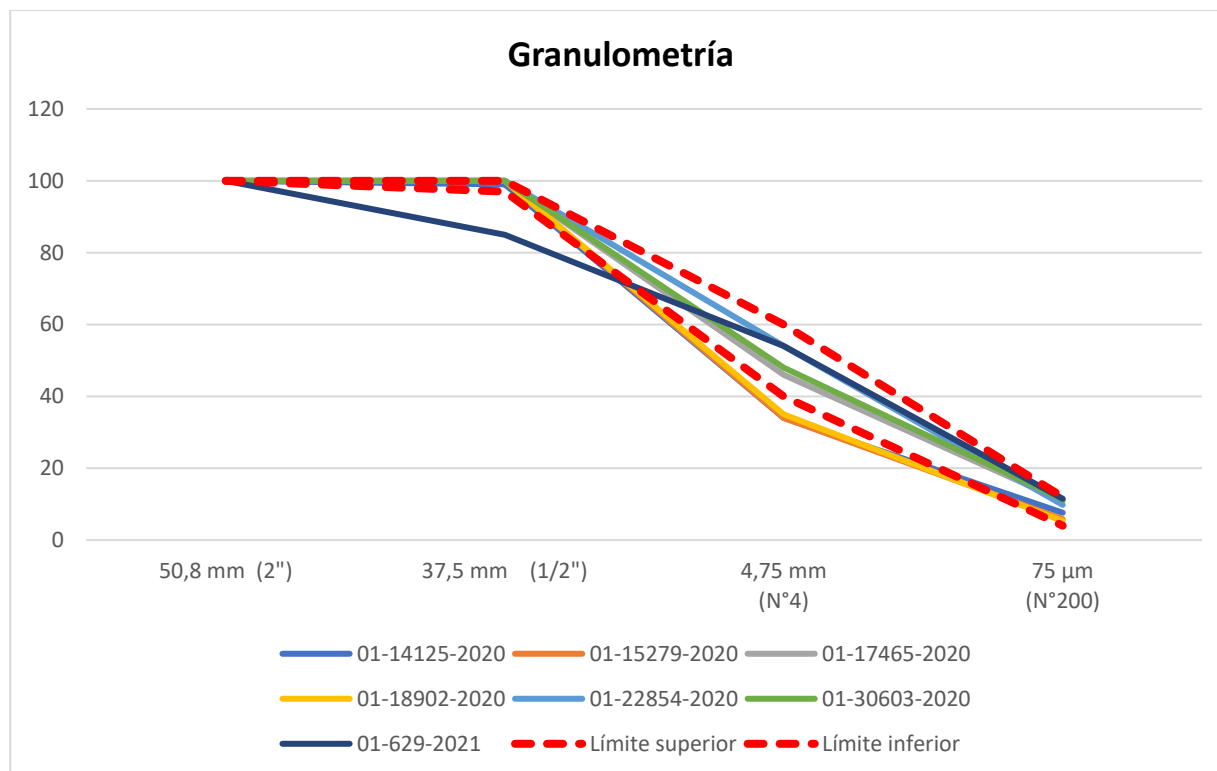
A pesar de los incumplimientos en las diferentes muestras no se identificó una no conformidad en relación al tema.

Los incumplimientos identificados podrían incidir en el acomodo de partículas y en el proceso de densificación del material, además de que se aleja del estándar de calidad especificado.

Tabla 4. Graduaciones subbase granular ensayos de Supervisión, enero 2020-enero 2021

Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo	Granulometría B			
				50,8 mm (2")	37,5 mm (1/2")	4,75 mm (N°4)	75 µm (N°200)
Límite superior				100	100	60	12
Límite inferior				100	97	40	4
01-0821-2020	01-14125-2020	-	-	100	99	34	7,6
01-0821-2020	01-15279-2020	-	-	100	100	34	5,8
01-0821-2020	01-17465-2020	-	4/6/2020	100	100	46	10,9
01-0821-2020	01-18902-2020	-	15/6/2020	100	100	35	5,3
01-1344-2020	01-22854-2020	-	30/7/2020	100	100	54	9,8
01-1736-2020	01-30603-2020	-	12/10/2020	100	100	48	11,3
01-0249-2021	01-629-2021	-	-	100	85	54	11,5

Figura 50. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la granulometría de las muestras del material de subbase



Por otra parte, respecto al parámetro de capacidad de soporte se debe indicar que todas las muestras cumplen con el límite de CBR mínimo. De igual manera todas las muestras cumplen con el parámetro del límite líquido al encontrarse por debajo del valor máximo permitido. En relación con el parámetro de plasticidad 5 muestras fueron caracterizadas como no plásticas.

Tabla 5. Capacidad soporte y límites de Atterberg subbase granular ensayos de Supervisión, Enero 2020-Enero 2021

Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo	CBR (95%)	Límite Líquido (%)	Indice plasticidad (%)
Límite superior				-	35	10
Límite inferior				30	-	4
01-0821-2020	01-14125-2020	-	-	67	NP	NP
01-0821-2020	01-15279-2020	-	-	95	NP	NP
01-0821-2020	01-17465-2020	-	4/6/2020	-	-	-
01-0821-2020	01-18902-2020	-	15/6/2020	106	30	7
01-1344-2020	01-22854-2020	-	30/7/2020	85	NP	NP
01-1736-2020	01-30603-2020	-	12/10/2020	90	NP	NP
01-0249-2021	01-629-2021	-	-	-	-	-

Por su parte, el LanammeUCR realizó un único muestreo del material de subbase en octubre de 2020 (ver Tabla 6). Los resultados del ensayo determinaron incumplimientos en la graduación de la malla de 37,5 mm (1/2") y la malla N°200. Llama la atención el alto contenido de finos identificado en dicha muestra.

Además, los parámetros de CBR, límite líquido cumplen de forma satisfactoria, no obstante, el material fue clasificado como no plástico. Estos resultados fueron tomados del informe I-0037-2021 y I-0099-2021, el cual fue remitido a la Unidad Ejecutora mediante el oficio LM-IC-D-0124-2021 del 11 de febrero de 2021.

Tabla 6. Resultados de los ensayos realizados por el LanammeUCR para la subbase

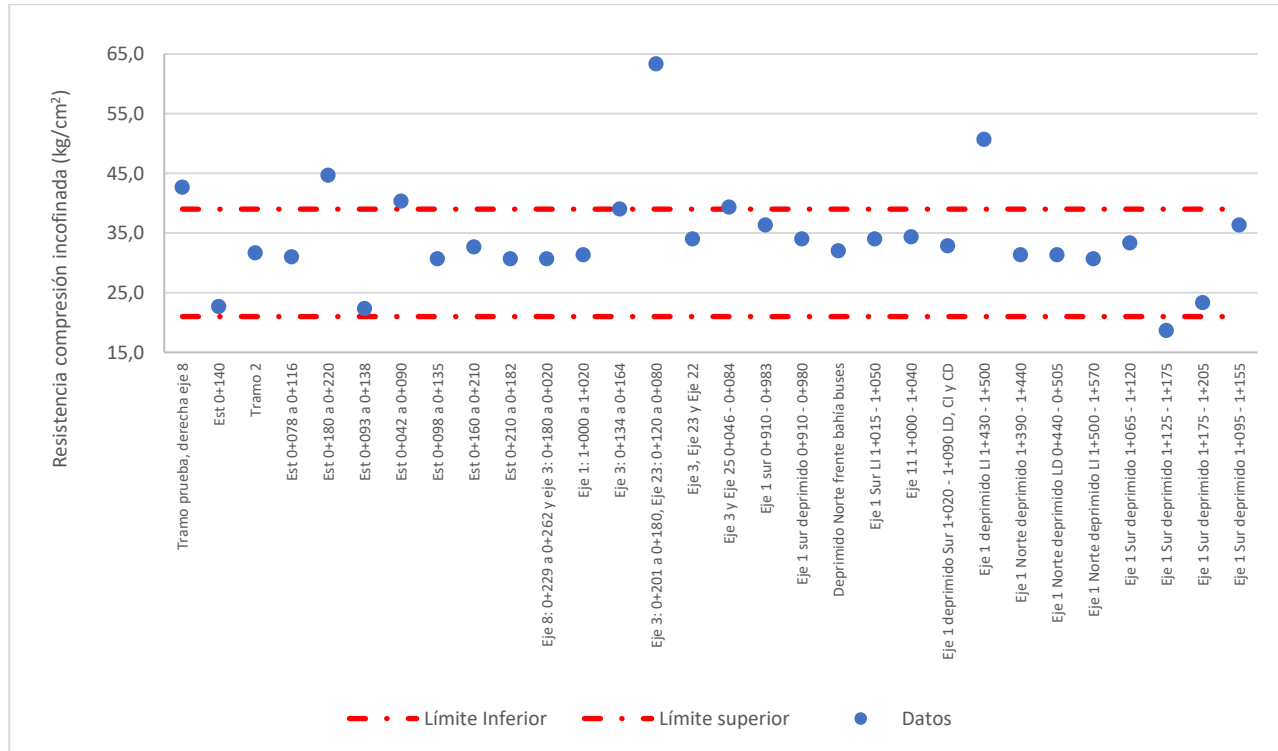
Informe	Muestra	Fecha de muestreo	CBR (95%)	Límite Líquido (%)	Índice plasticidad (%)	Granulometría B			
						50,8 mm (2")	37,5 mm (1/2")	4,75 mm (N°4)	75 µm (N°200)
Límite superior				35	10	100	100	60	12
Límite inferior			30	-	4	100	97	40	4
I-0037-2021 I-0099-2021	1351-2020	10/12/2020	116	NP	NP	100	80	50	24,3

HALLAZGO 7. SE EVIDENCIÓ UN INCUMPLIMIENTO DEL 31% DE LOS RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA BASE ESTABILIZADA COLOCADA EN EL PROYECTO DE ACUERDO CON LOS DATOS DE CALIDAD DE LA SUPERVISIÓN, ADEMÁS ALGUNAS DE LAS MUESTRAS DE DEL LANAMMEUCR TIENEN UNA RESISTENCIA POR FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES

Para la evaluación de la resistencia de la base estabilizada se recopiló un total de 29 resultados de resistencia a la compresión a los 7 días de pastillas de base estabilizada contemplados en los diferentes ensayos de los informes mensuales de la Supervisión a lo largo del periodo de evaluación. Los resultados de ensayos fueron evaluados de conformidad con lo establecido en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto, actualización Sección 302 Base estabilizada con cemento del CR2010 y el diseño 200602-251-PC-C082.

El diagnóstico realizado permitió determinar un comportamiento o tendencia a que la resistencia de la base estabilizada construida y ensayada se mantuviera dentro de los límites permitidos de 3,9 MPa y 2,1 MPa. Se evidenció un total de 23 resultados dentro de los límites establecidos, identificando 6 incumplimientos, 5 en secciones con resistencias por encima del límite superior de aceptación, y 1 por debajo del límite inferior. En la Figura 51 se observan los resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días de los especímenes de base estabilizada ensayados por el laboratorio de verificación de calidad.

Figura 51. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la resistencia a la compresión simple a 7 días de las muestras del material de base estabilizada con cemento



Fuente: LGC, 2020

Tal como se observa en la Figura 51, los muestreos que presentaron una resistencia por el límite superior se encuentran dentro de un tramo de prueba del mes de junio, la estación 0+180 a 0+220 en agosto, la estación 0+042 a 0+090 en setiembre, el eje 3: 0+201 a 0+180 y eje 23: 0+120 a 0+080 de octubre, eje 3 y eje 25: 0+046 a 0+084 en diciembre y eje 1 1+430 a 1+500 LI, mientras la resistencia a la compresión medida en la base estabilizada del eje 1 1+125 a 1+175 en enero se encuentra por debajo de la resistencia mínima.

Sin embargo, pese a la tendencia al cumplimiento evidenciado por el Equipo Auditor en la mayoría de datos de calidad analizados, UNOPS en el descargo del informe preliminar, nota No. 96800-210611-ER-166 del día 11 de junio de 2021, señala un porcentaje de incumplimiento de un 31% en la resistencia promedio de la base estabilizada colocada en el proyecto con base en el análisis estadístico de una muestra de 53 datos suministrados por la Supervisión del Proyecto, tal como se muestra en la Figura 52.

Figura 52. Análisis estadístico realizado por UNOPS sobre los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la resistencia a la compresión simple a 7 días de las muestras del material de base estabilizada con cemento. Fuente: UNOPS ,2021.



Parámetro	Magnitud
Resistencia promedio a los 7 días (MPa)	3.4
Des. Estándar de resistencia a los 7 días (MPa)	0.8
Cantidad de Observaciones (grupos de 3 especímenes)	53
Límite inferior de aceptación (MPa)	21.0
Límite superior de aceptación (MPa)	39.0
Porcentaje de cumplimiento (MPa)	69

Por lo cual el Equipo Auditor considera relevante señalar que este porcentaje podría incidir en la capacidad estructural de algunas secciones de pavimento construidas.

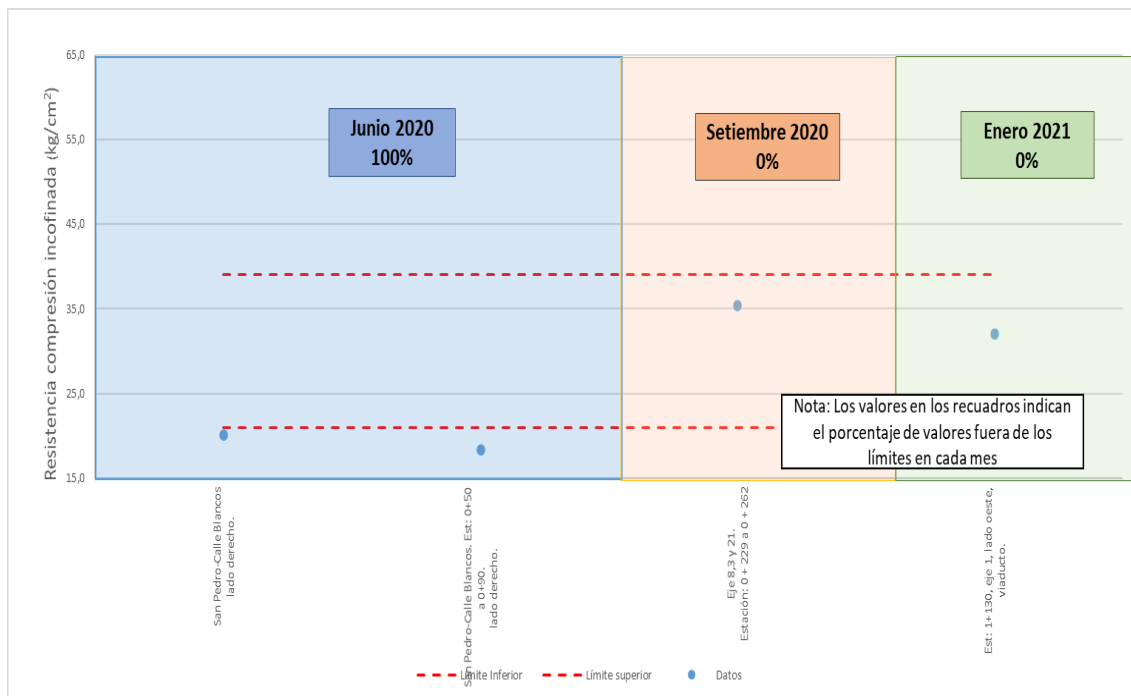
Cabe reiterar que la muestra analizada por el Equipo Auditor contempló hasta el mes de enero 2021 por lo que la cantidad de muestras analizadas por UNOPS abarcó los resultados de los dos últimos meses de ejecución del proyecto.

Además, se puede precisar que de acuerdo con lo establecido en la sección 107.05 “Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)”, se determina que la variabilidad máxima permitida para considerar un material completamente aceptable (o sea no se rechace), es para un valor de “Nivel de Incumplimiento ó Porcentaje Fuera de los Límites de Especificación” de 27,108%, para un material catalogado como “Categoría I” para una muestra de 53 datos. Por lo tanto, el valor declarado como porcentaje de cumplimiento del análisis global de resultados de resistencia de la base estabilizada, excede la variabilidad máxima permisible indicada en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010).

Por otro lado, el LanammeUCR realizó muestreo en diferentes puntos de la construcción del proyecto durante el mes de junio 2020, setiembre 2020 y enero 2021 con el fin de evaluar la resistencia a la compresión simple a 7 días. Durante el mes de junio se presentan incumplimientos en 2 especímenes, los mismos están por debajo del límite mínimo de resistencia (ver Figura 53).



Figura 53. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para la resistencia a la compresión simple a 7 días de las muestras del material de base estabilizada con cemento



En relación con las secciones donde se identificaron incumplimientos de la base estabilizada, es criterio del Equipo Auditor que tal como se mencionó en la Observación 8 de este informe, la forma en que se adicionó agua para el control de humedad durante el proceso constructivo es un factor que pudo haber incidido en los resultados obtenidos. Cabe volver a mencionar que, si bien la mayoría de las muestras cumplió el método constructivo, genera incertidumbre sobre la homogenización de la humedad en todos los sectores atendidos.

Sobre las secciones de base estabilizada que presentaron resultados de resistencia a la compresión por encima del límite superior de la especificación se debe mencionar que las mismas constituyen una base más rígida y susceptible a agrietarse lo cual puede incidir en el desempeño de la estructura de pavimento. Mientras las secciones que presentaron resistencias inferiores al límite inferior presentarán una menor capacidad estructural a la supuesta en el diseño de pavimentos repercutiendo en la vida útil de la estructura.

Por otra parte, se debe indicar que no se identificaron no conformidades en relación al cumplimiento de la resistencia de la base estabilizada, sin embargo, mediante los informes de la Supervisión si se logró identificar que se ordenó a la empresa contratista a la demolición de algunas secciones por resistencia, tal como se evidenció en el informe mensual del mes de enero 2021 con la sección de la base estabilizada comprendida entre los estacionamientos 1+125 al 1+175.

Es importante señalar que pese al incumplimiento no se identificó la aplicación de una multa o reducción de pago dentro de la información revisada por el Equipo Auditor.

MEZCLA ASFÁLTICA

Para este análisis se tomaron como referencia los diseños de mezcla 200625-311-PC-C097 (para TMN de 19 mm) e ITP-535-2020-E2 (para TMN de 12,5 mm), así como lo establecido en la Sección 418.) mezcla asfáltica en caliente para usos específicos. Además, el periodo de evaluación de la mezcla asfáltica a partir de los ensayos del laboratorio de verificación de calidad contempló los periodos entre agosto 2020 y enero 2021 según la información revisada de los informes mensuales de la Supervisión, mientras que en el caso del LanammeUCR se consideraron los cuatro resultados de los muestreos realizados a lo largo del periodo de la auditoría.

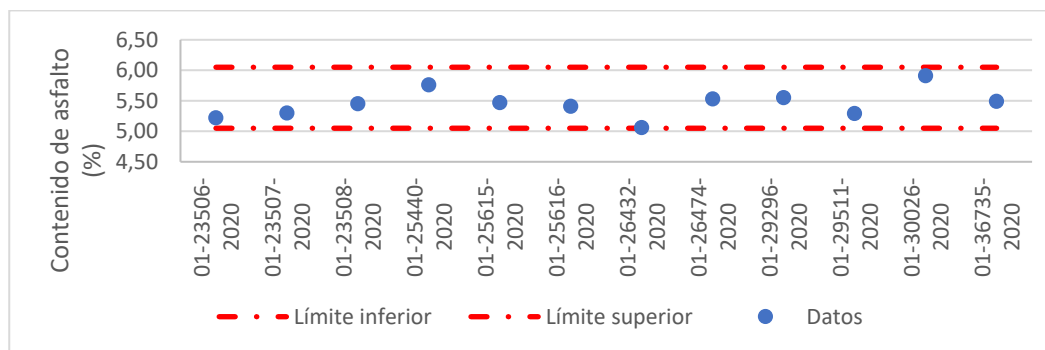
HALLAZGO N°8. SE EVIDENCIÓ UN PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO DE UN 35% EN EL PARÁMETRO DE VFA EN LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA DE TMN DE 19 MM ENSAYADAS POR LA SUPERVISIÓN, LOS DEMÁS PARÁMETROS MOSTRARON UNA TENDENCIA AL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA Y LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES. ADEMÁS, LA MUESTRA TOMADA POR EL LANAMMEUCR EL DÍA 02 DE MARZO DE 2021 PRESENTÓ INCUMPLIMIENTO EN VARIOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS INCLUIDO EL VFA.

Del análisis de la información de calidad realizado se puede afirmar que todos los resultados de los ensayos realizados por el laboratorio de verificación para el contenido de asfalto (ver Figura 54), vacíos de aire (ver Figura 55), porcentaje de vacíos llenos de asfalto (ver Figura 57) y razón polvo/asfalto (ver Figura 58) se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 19 mm. En el caso del porcentaje de vacíos en el agregado mineral (ver Figura 56), los resultados tienen una tendencia a encontrarse por encima del límite mínimo permitido y sólo un resultado se encuentra ligeramente por debajo del límite mínimo permitido.

Todos los resultados reportados por el laboratorio de verificación para la prueba de tensión indirecta retenida y deformación plástica APA satisfacen los requisitos contractuales. Cabe mencionar que no se observaron resultados de ensayos de fatiga dentro de la información revisada en los informes mensuales de la supervisión.

En cuanto a la granulometría, los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación tienen una tendencia a encontrarse dentro de las tolerancias establecidas en el diseño de mezcla aprobado.

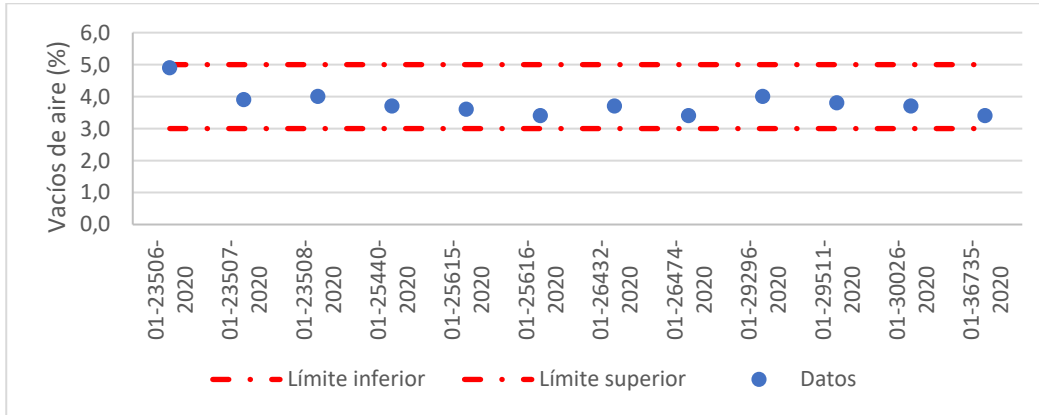
Figura 54. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el contenido de asfalto de la mezcla asfáltica TMN 19 mm colocada en el proyecto



Fuente: LGC, 2020

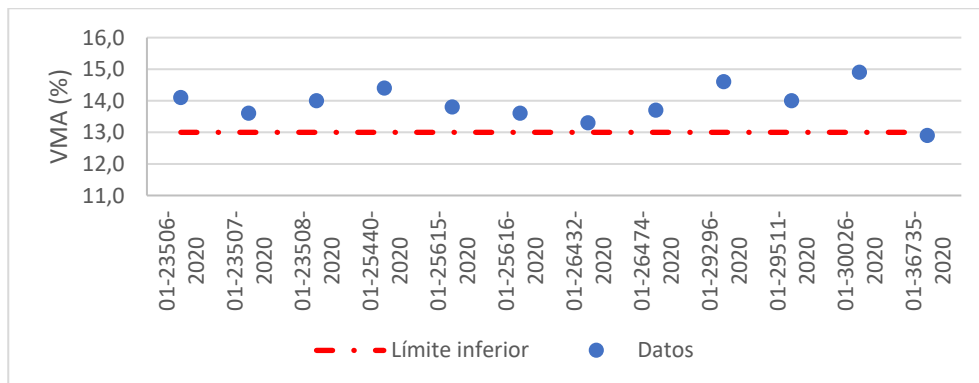


Figura 55. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para los vacíos de aire de la mezcla asfáltica TMN 19 mm colocada en el proyecto



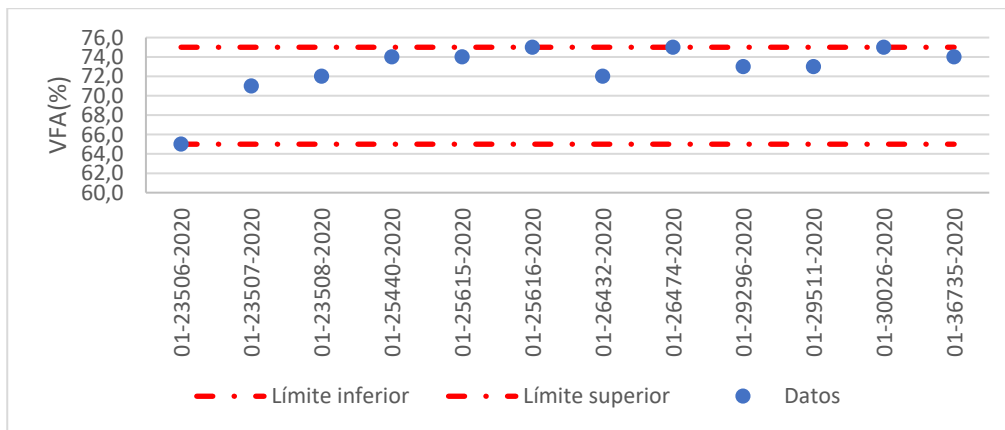
Fuente: LGC, 2020

Figura 56. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para los vacíos en el agregado mineral (VMA) de la mezcla asfáltica TMN 19 mm colocada en el proyecto



Fuente: LGC, 2020

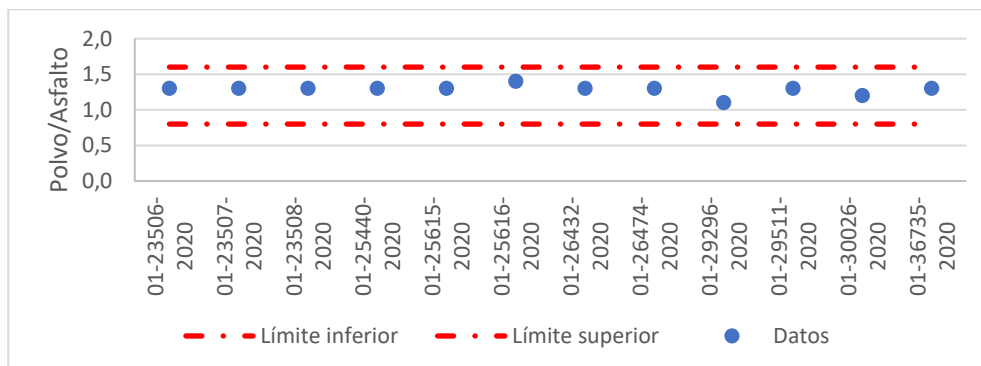
Figura 57. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para los vacíos llenos de asfalto (VFA) de la mezcla asfáltica TMN 19 mm colocada en el proyecto



Fuente: LGC, 2020



Figura 58. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la razón polvo asfalto de la mezcla asfáltica TMN 19 mm colocada en el proyecto



Fuente: LGC, 2020

Pese a que inicialmente el análisis de calidad de la mezcla asfáltica de TMN19 mm mostraba una tendencia al cumplimiento en la mayoría de los parámetros Superpave según el periodo analizado por el Equipo Auditor (Agosto 2020-Enero 2021), la evidencia presentada por UNOPS y la Unidad Ejecutora en el descargo al informe preliminar denota que la tendencia señalada en el informe preliminar no se cumple al identificar porcentajes de incumplimientos mayores en un total de 21 muestras ensayadas.

Cabe mencionar que el Equipo Auditor no tuvo acceso a los resultados las muestras de mezcla asfáltica ensayadas en los meses de febrero y marzo 2021 por lo cual no se había identificado dicho incumplimiento.

Los resultados del análisis estadístico realizado por UNOPS en la Figura 59 se identifican porcentajes de cumplimiento de 95 % en vacíos, 97% VMA, 89% en el porcentaje de agregado pasando el tamiz No. 30 y un 65% en el parámetro de VFA, tal como se muestra en la siguiente tabla extraída de la nota Ref. 96800/210611/ER/166 del 11 de junio de 2021 que forma parte del descargo emitido por la Unidad Ejecutora.

Figura 59. Análisis estadístico realizado por UNOPS sobre los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la mezcla asfáltica de 19 mm ensayada en el proyecto.

Tabla No. 4: Resultados de verificación de calidad para mezcla asfáltica con tamaño nominal de 19.0 mm.

Parámetro	% Vacíos	% VAM	% VFA	% Asfalto	%P30
Promedio (%)	3.6	14.0	74.0	5.48	15.8
Desviación Estándar (%)	0.4	0.5	2.6	0.22	0.9
Cantidad de Observaciones	21	21	21	21	21
Límite inferior de aceptación (%)	3.0	13.0	65	5.05	11
Límite superior de aceptación (%)	5.0	-	75	6.05	17
Porcentaje de cumplimiento (%)	95	97	65	96	89

El porcentaje de incumplimiento del VFA de un 35%, demuestra que algunos lotes del material colocado debieron haber sido rechazados o al menos se debió establecer una multa o disminución del pago por la calidad del material colocado en el proyecto de acuerdo con las herramientas con las que cuenta UNOPS para la gestión de una no conformidad o incumplimiento, dicho aspecto no evidenciado por el Equipo Auditor.

Por su parte, el LanammeUCR realizó dos muestreos de la mezcla asfáltica con tamaño nominal de 19 mm colocada en el proyecto (ver Tabla 7).

Como se observa en la Tabla 7, la muestra tomada el 27/08/2020 satisface los requerimientos contractuales establecidos para volumetría, granulometría, tensión retenida y APA, sin embargo, no satisface los requisitos establecidos para la prueba a fatiga.

Por su parte, la muestra tomada el 2/3/2021 muestra algunos incumplimientos en los ensayos de volumetría de la mezcla y en una de las mallas de acuerdo con las graduaciones especificadas. Los incumplimientos en la volumetría de la mezcla asfáltica fueron notificados mediante el oficio LM-EIC-D-0274-2021 del 26 de marzo de 2021. También se identificó un incumplimiento de la cantidad de ciclos para soportar el agrietamiento a fatiga en la deformación de 600 microstrain.

En dicho documento se menciona que para el parámetro VMA se obtuvo un valor de 12 %, el cual es inferior al mínimo especificado en el diseño de mezcla, pero si se considera la incertidumbre, estaría cumpliendo en el límite de la especificación. En el caso del VFA, se obtuvo un valor de 84 %, el cual supera el máximo especificado y, por último, para la densidad relativa de la mezcla para un número de giros máximo de 160, el resultado fue 99 %, y se encuentra por encima del máximo permitido por la especificación.

Sobre los resultados obtenidos se advierte sobre la posible incidencia en la estabilidad del material, posibles problemas de exudación del asfalto y susceptibilidad a la deformación permanente, lo anterior conforme a lo señalado LM-PI-AT-021-14 (LanammeUCR, 2014), donde se indica que para valores de VFA de alrededor de un 80 % para condiciones de tránsito alto se podrían presentar este tipo de deterioros.

En relación con la muestra del 02 de marzo de 2021 en la que el LanammeUCR identificó incumplimientos en los parámetros volumétricos del material se debe indicar que no se logró establecer un vínculo con los porcentajes de incumplimientos registrados en el análisis estadístico de UNOPS, ya que únicamente se presentaron los datos resumidos y no de forma individualizada.



Tabla 7. Resultados de los ensayos realizados por el LanammeUCR para la mezcla asfáltica TMN 19 mm

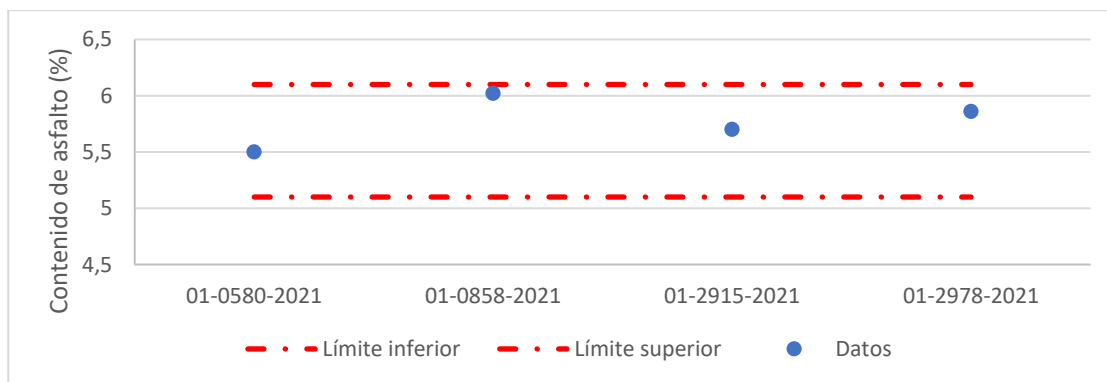
Informe	Muestra	Fecha de muestreo	Contenido asfalto (%)	Vacíos aire (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo/asfalto	Fatiga		Tensión retenida (%)	APA (mm)	
								400 µStrain	600 µStrain			
Límite superior			6,05	5,0	-	75	1,6	-	-	-	2,50	
Límite inferior			5,05	3,0	13	65	0,8	200000	40000	80,0	-	
I-0927-2020 I-0978-2020	0802-2020	27/8/2020	5,25	4,6	14	67	1,4	111558	9133	88,5	0,731	
I-0347-2021	0311-2021	2/3/2021	5,58	1,9	12	84	1,5	214295	10870	93,5	1,614	
Informe	Muestra	Fecha de muestreo	Granulometría									
			25,4 mm (1")	19mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	1,18 mm (N°16)	0,6 mm (N°30)	0,3 mm (N°50)	75 µm (N°200)
Límite superior			100	100	90	76	53	36	23	17	14	7,0
Límite inferior			100	95	82	68	39	26	17	11	8	3,0
I-0927-2020	0802-2020	27/8/2020	100	100	86	70	44	29	20	15	11	5,6
I-0347-2021	0311-2021	2/3/2021	100	100	90	73	48	33	23	18	13	6,8

HALLAZGO N°9. SE EVIDENCIÓ QUE LOS PARÁMETROS SUPERPAVE DE LAS MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA DE TMN DE 12,5MM TOMADAS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN Y EL LANAMMEUCR TIENEN UNA TENDENCIA A ENCONTRARSE DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA Y LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES.

En relación con el análisis de los ensayos de la muestra de mezcla asfáltica de 12,5mm, se indica que los resultados de los ensayos realizados por el laboratorio de verificación para el contenido de asfalto (ver Figura 60), vacíos de aire (ver Figura 61), porcentaje de vacíos en el agregado mineral (ver Figura 62) y razón polvo/asfalto (ver Figura 64) se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 12,5 mm. En el caso del porcentaje de vacíos llenos de asfalto (ver Figura 63), los resultados tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites permitidos y sólo un resultado se encuentra ligeramente por encima del límite máximo permitido.

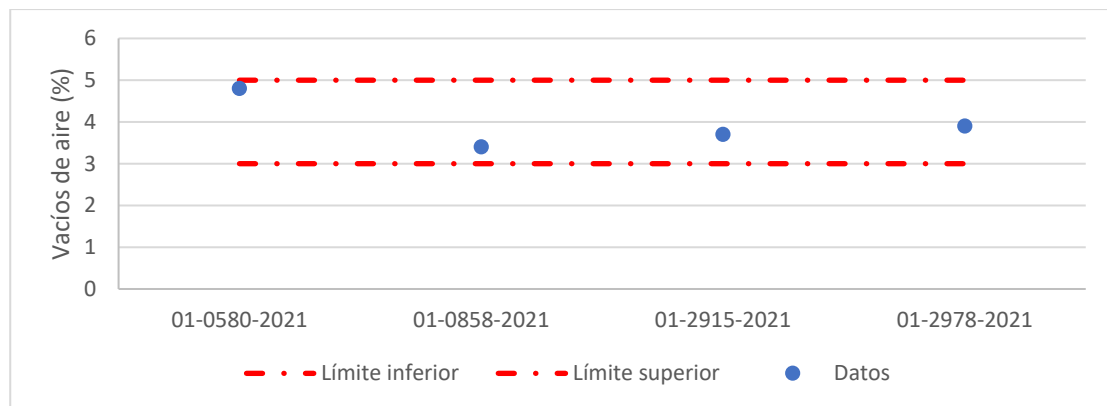
En cuanto a la granulometría, los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación tienen una tendencia a encontrarse dentro de las tolerancias establecidas en el diseño de mezcla aprobado.

Figura 60. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el contenido de asfalto de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm colocada en el proyecto.



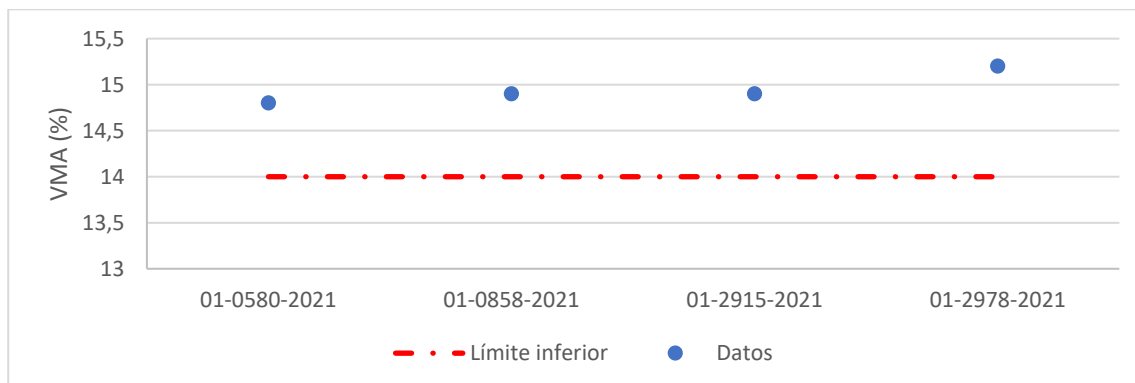
Fuente: LGC, 2021

Figura 61. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para los vacíos de aire de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm colocada en el proyecto



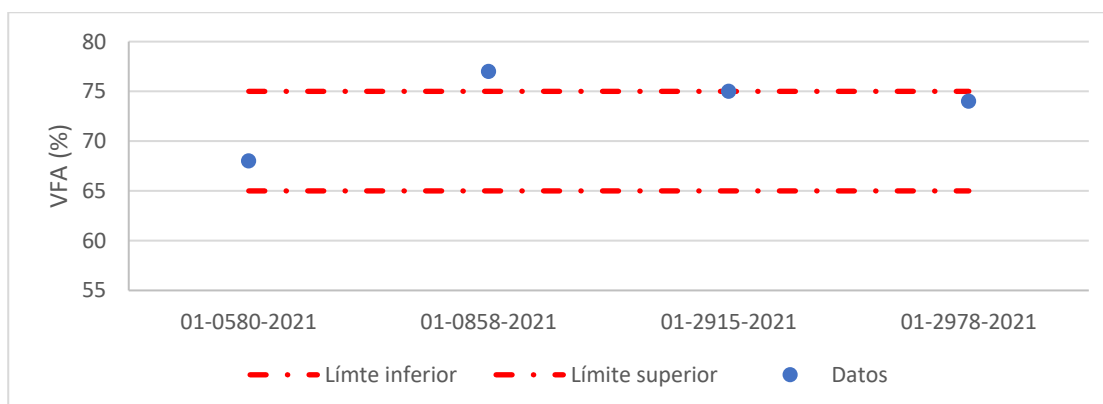
Fuente: LGC, 2021

Figura 62. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para los vacíos en el agregado mineral (VMA) de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm colocada en el proyecto



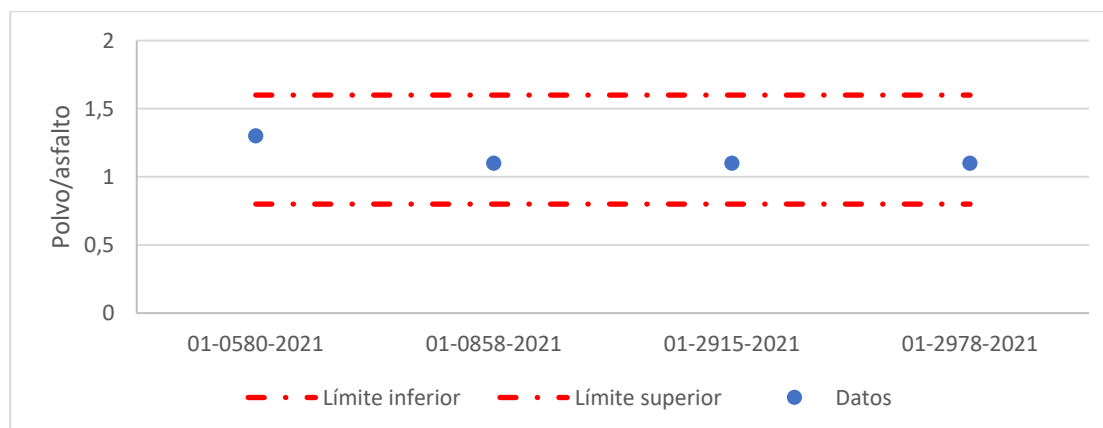
Fuente: LGC, 2021

Figura 63. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para los vacíos llenos de asfalto (VFA) de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm colocada en el proyecto



Fuente: LGC, 2021

Figura 64. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la razón polvo asfalto de la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm colocada en el proyecto



Fuente: LGC, 2021

Por su parte, el LanammeUCR realizó dos muestreos de la mezcla asfáltica con tamaño nominal de 12,5 mm colocada en el proyecto (ver Tabla 8).

Como se observa en la Tabla 8, las muestras tomadas por el LanammeUCR satisfacen los requerimientos contractuales establecidos para volumetría, granulometría, tensión retenida y APA, sin embargo, ambas muestras no satisfacen los requisitos establecidos para la prueba de fatiga para una deformación de 600 microstrain.

Tabla 8. Resultados de los ensayos realizados por el LanammeUCR para la mezcla asfáltica TMN 12,5 mm

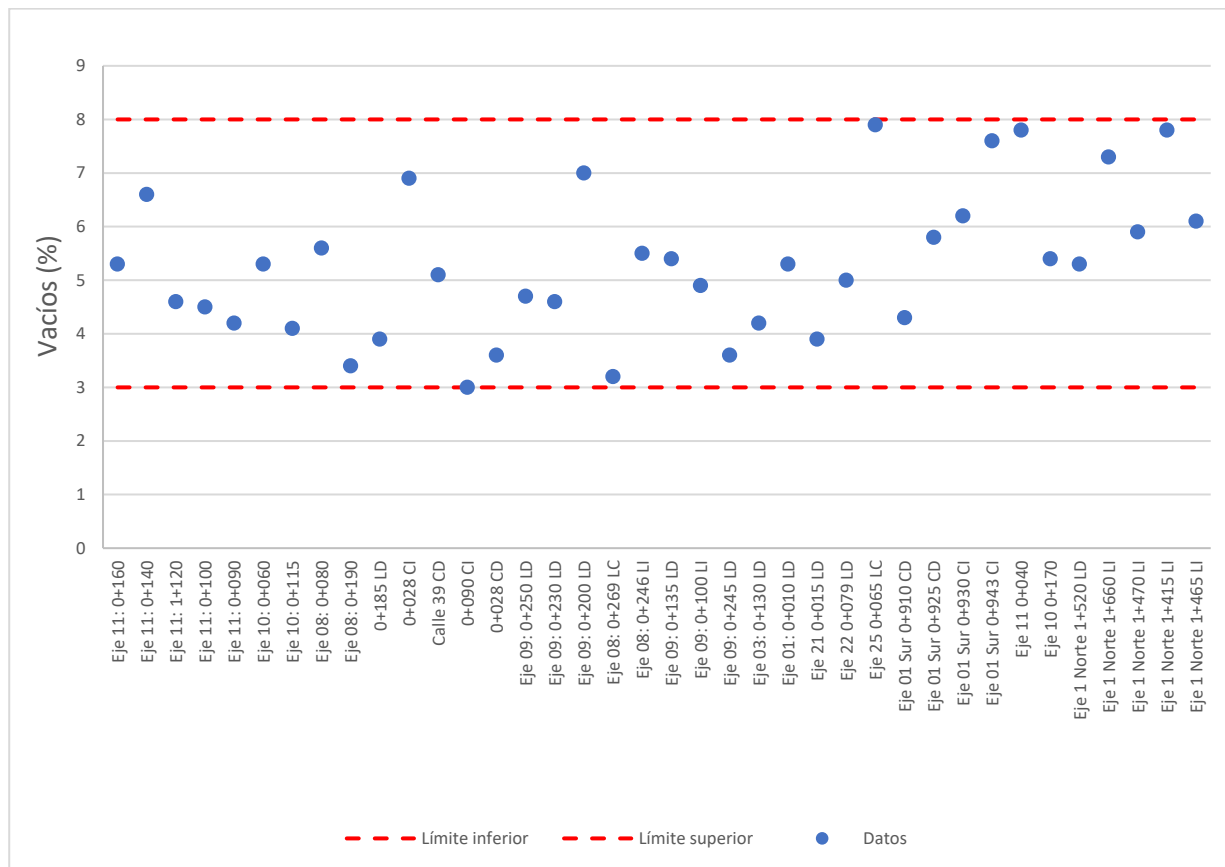
Informe	Muestra	Fecha de muestreo	Contenido asfalto (%)	Vacíos aire (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo/asfalto	Fatiga		Tensión retenida (%)	APA (mm)	
								400 μ train	600 μ Strain			
Límite superior			6,10	5,0	-	75	1,6	-	-	-	2,50	
Límite inferior			5,10	3,0	14	65	0,8	200000	40000	80,0	-	
I-0156-2021 I-0206-2021	0096-2021	21/1/2021	5,67	4,3	15	71	1,2	481903	36743	94,0	1,245	
I-0292-2021 I-0431-2021	0213-2021	22/2/2021	5,47	3,6	14	74	1,3	306203	21150	94	0,985	
Informe	Muestra	Fecha de muestreo	Granulometría									
			25,4 mm (1")	19mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	1,18 mm (N°16)	0,6 mm (N°30)	0,3 mm (N°50)	75 μ m (N°200)
Límite superior			100	100	95	84	58	38	26	18	15	7,4
Límite inferior			100	100	90	76	45	28	18	12	9	3,4
I-0156-2021	0096-2021	21/1/2021	100	100	91	80	52	33	22	16	11	5,5
I-0292-2021	0213-2021	22/2/2021	100	100	92	81	51	34	23	17	12	5,7



HALLAZGO 10. SE EVIDENCIA UNA TENDENCIA AL CUMPLIMIENTO DE LAS VACÍOS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA COLOCADA EN EL PROYECTO

Por último, el análisis de calidad el material contempló la evaluación de la calidad del proceso de compactación en sitio de la mezcla asfáltica, esto mediante el análisis de resultados del porcentaje de vacíos de núcleos extraídos en sitio. En la Figura 65, se muestran los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el porcentaje de vacíos en el sitio de colocación) de la mezcla asfáltica colocada en el proyecto. Todos los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación se encuentran dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales.

Figura 65. Resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para el porcentaje de vacíos en el sitio (núcleos) de la mezcla asfáltica en caliente colocada en el proyecto (núcleos).



Fuente: LGCLGC, 2020

Por otra parte, el LanammeUCR también realizó la extracción de núcleos de las dos capas colocadas en la estructura de pavimentos. Los resultados obtenidos por el LanammeUCR también muestran una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales (Figura 66), únicamente un dato se encuentra por encima del valor máximo permitido del 8%



Figura 66. Resultados obtenidos por el LanammeUCR para el porcentaje de vacíos en el sitio de la mezcla asfáltica en caliente colocada en el proyecto(núcleos).



HALLAZGO 11. LA MAYORÍA DE LAS MUESTRAS TOMADAS POR EL LANAMMEUCR NO SATISFACEN LOS REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS PARA LA RESISTENCIA A FATIGA.

Los resultados de los ensayos de fatiga realizados a partir de los muestreos realizados por el LanammeUCR identificaron incumplimientos en relación con los parámetros establecidos en la tabla 418-16” repeticiones de carga para la falla por fatiga mínimas en mezcla asfáltica tipo 418(4).

Tres de los cuatro muestreos en los cuales se realizaron los ensayos de fatiga corresponden a la mezcla asfáltica que constituye la capa asociada para resistir agrietamiento por fatiga.

En la Tabla 7, se observa que la mezcla asfáltica de 19mm muestreada el día 2 de agosto de 2020 y utilizada en la construcción de la estructura de pavimentos de la rampa de salida hacia Calle Blancos presentó incumplimientos en relación con los valores mínimos establecidos para deformación unitaria controlada para 400x10⁻⁶ mm/mm y 600x10⁻⁶ mm/mm, esto según el informe de ensayo I-0978-2020 el cual fue remitido mediante el oficio LM-IC-D-0124-2021 del 02 de marzo de 2021.

De igual manera en la Tabla 8, se observa que la mezcla asfáltica de 12,5 mm muestreada el día 21 de enero de 2021 y 22 de febrero de 2021 utilizadas en la construcción de la estructura de pavimentos del

paso inferior del proyecto presentaron incumplimientos en relación con el valor mínimo para deformación unitaria controlada 600×10^{-6} mm/mm, esto según los informes de ensayo I-0206-2021 e I-0431-2021 los cuales fueron remitidos mediante los oficios LM-EIC-D-0241-2021 del 22 de marzo de 2021 y LM-EIC-D-0351-2021 del 23 de abril de 2021.

En relación con los resultados del ensayo AASHTO T231, se debe indicar que durante el proceso de ejecución del proyecto no se registraron resultados de fatiga dentro de los informes mensuales por parte de la Supervisión ni en la información a la cual tuvo acceso el Equipo Auditor.

Por otra parte, la Unidad Ejecutora y UNOPS brindaron respuesta al oficio LM-IC-D-0124-2021 mediante las notas POE-10-2021-0294 del 17 de abril de 2021 y 6800/210415/ER/118 del 15 de abril de 2021, donde se adjuntan los resultados del ensayo de fatiga de mezcla asfáltica de 19,0 mm y 12,5 mm ejecutados por el Laboratorio de Autocontrol en el mes de enero de 2021. Los resultados presentados por el Autocontrol cumplen con los resultados establecidos en la tabla 418-16.

Si bien existen discrepancias entre los resultados obtenidos por el Laboratorio de Autocontrol y el LanammeUCR, se reitera la importancia que se de monitoreo a este parámetro durante el proceso de producción del material en la ejecución del proyecto especialmente por parte de la Supervisión del proyecto.

Ahora bien, en relación con los resultados del LanammeUCR en las mezclas de 19mm y 12,5mm se identifica un potencial riesgo en el desempeño a fatiga de la capa asfáltica colocada en el proyecto en los lotes de producción muestreados.

CONCLUSIONES

ESTUDIOS PRELIMINARES

- Los valores del coeficiente C de Creager y los valores de caudal máximo instantáneo obtenidos mediante el método de Creager no necesariamente son representativos de la cuenca en estudio.
- El modelado hidrológico con HEC-HMS pudo haber brindado resultados más representativos.
- Seleccionar el caudal máximo instantáneo obtenido mediante un método empírico (como el método de Creager), bajo el criterio conservador de que es un valor mayor al que se obtiene de otros métodos, puede llevar al sobrediseño de las obras hidráulicas.
- No se muestra la caracterización climática a partir de la información de la estación meteorológica 84111 Santa Lucía, ni se hace un análisis comparativo con las estaciones seleccionadas para la caracterización climática de la zona del proyecto, para garantizar que el patrón de precipitación registrado en la estación 84111 Santa Lucía es representativo del patrón de precipitación de la zona en estudio.
- El uso de la intensidad de precipitación obtenida a partir de la estación 84111 Santa Lucía produce mayores caudales pico, en comparación con estaciones más cercanas al proyecto.
- De haber seleccionado los caudales máximos instantáneos obtenidos mediante el modelo HEC-HMS, utilizando como base información meteorológica de la estación 84111 Santa Lucía, se pudo haber incurrido en un sobrediseño de la obra de drenaje transversal mayor.



- Se pudo haber utilizado desde el inicio de los estudios información meteorológica más representativa de la zona de estudio para el cálculo del caudal máximo instantáneo, como la utilizada posteriormente por el Consultor Especialista para elaborar el nuevo modelo ajustado para las curvas IDF de la estación 84141 IMN Aranjuez.
- La información de entrada del retrocálculo de módulos presentada en la actualización del diseño de pavimentos no fue suficiente para fundamentar el procedimiento o metodología utilizada, lo cual genera incertidumbre en algunos de los resultados obtenidos.
- Los resultados del retrocálculo de módulos de la actualización del diseño de pavimentos genera incertidumbre sobre la metodología utilizada, especialmente en lo relacionado con las capas granulares de las estructuras de pavimentos existentes, ya que la mayoría de módulos retrocalculados no responden a la naturaleza y condición de los materiales existentes en nuestro país.
- Se utilizaron módulos retrocalculados de la subbase y base granular en el diseño de rehabilitaciones que podrían sobreestimar las propiedades mecánicas de los materiales existentes y por ende el subdiseño de algunas secciones.
- La fuerza de sismo utilizada en la memoria de cálculo fue tomada del Código Sísmico de Costa Rica en lugar de tomarla de los lineamientos de para el Diseños Sismorresistente de Puentes, la cual era la normativa exigida en el cartel.
- En la memoria de cálculo se evidenciaron omisiones en el análisis de distintos elementos estructurales los cuales no permiten asegurar que efectivamente se realizaron estos cálculos.
- Se evidencia que en el documento Solicitud de Propuesta SDP-002-2014-TOPOGRAFIA hay una percepción errónea en la solicitud de formatos de archivos, lo que puede incurrir en vicios que afecten a la administración del proyecto.
- Existe un criterio no adecuado en el cartel de licitación para la verificación de las cotas de elevación y la falta de un criterio de verificación de planimetría.
- Se observa desconocimiento de los factores que influyen en la precisión de un sistema de medida dentro de la documentación revisada, además de pasar por alto la ley de propagación de errores.
- Se identificó la falta de requerimientos específicos para garantizar la calidad de los profesionales supervisores relacionadas con las actividades topográficas del cartel de licitación revisado.
- Se evidenciaron oportunidades de mejora en los lineamientos para el registro y trazabilidad de la información topográfica.
- Se evidencian oportunidades de mejora en los profesionales responsables de elaborar los carteles de licitación en el área de topografía y en la claridad de los conceptos, lo cual podría generar errores e inconsistencias en el desarrollo del proyecto.
- La delimitación de especificaciones técnicas y metodológicas son de suma importancia al determinar los elementos y sus geometrías del diseño al sitio de construcción, sin embargo, esta parametrización es deficiente en el documento analizado.

PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS

- Se evidenció a lo largo del proceso de ejecución del proyecto la colocación de tuberías con deterioros de severidad bajo en los sistemas del drenaje del proyecto.
- Se evidenció ausencia de un registro de deterioros y reparaciones en las tuberías con daños identificadas por el Equipo Auditor.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 88 de 116
----------------------------	---------------	------------------



- Se colocó concreto con diferentes resistencias debido a un problema en la estimación del volumen de concreto de una de las placas de la cimentación del puente peatonal del proyecto.
- Se evidenció el levantamiento de la No conformidad No1 del proyecto a pesar de que no se cumplió con lo especificado en el apartado 552.19 “Aceptación” de la sección 552 “Concreto Estructural, esto al registrarse una resistencia promedio de 250kg/cm² equivalente a un 83,33 % del valor de diseño.
- Se evidenciaron grietas en las barreras de concreto tipo New Jersey en distintos ejes del proyecto.
- Se evidenció el ranurado con sierra luego de la aparición de las grietas por contracción.
- Se sellaron las grietas en las barreras New Jersey con un material de base cementicia.
- Se evidenció en el proceso de estabilización de agregados que la adición del agua necesaria para alcanzar la humedad óptima en el proceso de densificación de la capa se realizaba de forma no uniforme.
- Se evidenciaron oportunidades de mejora en relación con la técnica y equipo utilizado para alcanzar la humedad óptima en el proceso de estabilización de agregados.
- Se evidenciaron filtraciones de agua en la pantalla de los pilotes de los muros del Eje 1 correspondientes al paso inferior del proyecto.
- Se realizaron diferentes soluciones para disminuir el problema de infiltración de agua, tales como aumento de drenajes californianos, construcción de canal interno de concreto en zócalo, canal de concreto CAZ y reparación de pilotes.
- La solución del canal interno de concreto en zócalo adoptada para coleccionar el agua de los drenajes californianos genera incertidumbre sobre su desempeño debido a que se evidenciaron problemas de estancamientos de agua, además de que no se pudo verificar si las dimensiones del canal son las apropiadas para garantizar la adecuada evacuación de las aguas pluviales.
- Se identifica un potencial riesgo de desbordamiento del agua colectada mediante el canal interno de concreto del zócalo.
- Se considera un aspecto positivo la metodología implementada por el contratista en el proceso de pavimentación de la capa de ruedo del proyecto, lo cual repercutió en el acabado y regularidad superficial de al menos 3 carriles.
- Se considera una lección aprendida la gestión realizada por UNOPS y la Unidad Ejecutora en el proceso de pavimentación de la capa de ruedo de los carriles del tronco principal del proyecto.

GESTIÓN DEL PROYECTO

- Se evidenció la utilización de aplicaciones digitales para el registro de las labores de inspección por parte de la Supervisión, lo cual permitió generar un registro técnico completo del proyecto. Esto contribuye a la gestión de los tomadores de decisiones del proyecto, así como la transparencia de los procesos supervisados por la empresa.

CALIDAD DEL PROYECTO

- La resistencia de los ensayos realizados por el LanammeUCR y la supervisión del proyecto al concreto estructural de 300 kg/cm² muestra una tendencia a encontrarse por encima del límite mínimo establecido en los documentos contractuales.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 89 de 116
----------------------------	---------------	------------------



- La temperatura de colocación y el asentamiento medidos en los muestreos realizados por el LanammeUCR y la Supervisión tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos en los documentos contractuales.
- A partir de la realización de dos muestreos de acero por parte del LanammeUCR se identificó el cumplimiento de la mayoría de parámetros de calidad del acero según lo establecido en la norma ASTM A706 a excepción de las varillas N°4 de la muestra del 24 de junio de 2020 en la cual se evidenciaron algunos incumplimientos en la elongación lo cual fue confirmado con los resultados de la Supervisión.
- Se evidenció que 4 de 7 muestras del material de subbase analizado por la Supervisión del proyecto presentaron incumplimiento en algunos de los límites granulométricos según la graduación especificada para este material.
- La graduación de la muestra subbase tomada por el LanammeUCR determinó incumplimientos en 2 de los límites granulométricos especificados para las mallas requeridas en la Sección 301.) Subbases o bases granulares del pliego de prescripciones técnicas del proyecto.
- Se evidenció a partir de la información aportada en el análisis del descargo al informe un incumplimiento del 31% de los resultados de resistencia a la compresión de la base estabilizada colocada en el proyecto de acuerdo a datos de calidad de la Supervisión del proyecto.
- No se identificó el establecimiento de una no conformidad, la aplicación de una multa o reducción de pago a partir del porcentaje de incumplimiento de los resultados de resistencia a la compresión de la base estabilizada colocada en el proyecto dentro de la información revisada por el Equipo Auditor.
- Al menos dos muestreos de base estabilizada realizados por el LanammeUCR determinaron resistencia por debajo del límite inferior.
- Se identificaron algunas muestras de base estabilizada con resistencias por fuera de los límites establecidos en los documentos contractuales.
- Se evidenció a partir de la información aportada en el análisis del descargo al informe preliminar un incumplimiento del 35% en el parámetro de VFA en las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 19 mm ensayadas por la Supervisión.
- Los demás parámetros volumétricos de la mezcla de TMN de 19mm ensayadas por la Supervisión mostraron una tendencia al cumplimiento de los límites establecidos en el diseño de mezcla asfáltica y los documentos contractuales.
- Los parámetros volumétricos y granulometría de las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 12,5 mm tomadas por el laboratorio de verificación tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos en los diseños de mezcla aprobados.
- No se identificaron no conformidades, multas o reducciones de pago en relación con el incumplimiento evidenciado del 35% en el parámetro de VFA
- Se identificaron incumplimientos en los parámetros volumétricos en uno de los muestreos realizados por el LanammeUCR para la mezcla asfáltica con tamaño máximo nominal de 19 mm.
- Los resultados de la Supervisión y del LanammeUCR sobre los vacíos de los núcleos de la mezcla asfáltica colocada en el proyecto muestran una tendencia al cumplimiento según lo dispuesto en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto
- Las muestras de mezcla asfáltica a fatiga ensayadas por el LanammeUCR no satisfacen los requisitos contractuales.



RECOMENDACIONES

ESTUDIOS PRELIMINARES

- Velar por la utilización de información representativa en futuros proyectos, que el fundamento de las metodologías empleadas se ajuste a la realidad de las cuencas en estudio y que los criterios técnicos utilizados sean debidamente justificados.
- Realizar una campaña de sondeos acorde a la magnitud e importancia de las obras que se desean desarrollar, especialmente en lo relacionado con el diseño de rehabilitaciones de estructuras de pavimento de manera que se tenga garantía de una adecuada caracterización de las capas del pavimento existente.
- Valorar la incorporación de la información considerada como mínima en este informe para la justificación técnica y explicación de la procedencia de los datos de los retrocálculos realizados.
- Se sugiere contrastar los resultados de los módulos de los materiales retrocalculados de materiales granulares con ensayos de caracterización de las propiedades mecánicas de los mismos, tal como se realizó con el módulo de la subrasante.
- Velar por la utilización de información correcta en futuros proyectos, y que la memoria del diseño estructural cuente con todos los cálculos y suposiciones que llevan al diseñador al dimensionamiento de los elementos estructurales.
- Se recomienda valorar implementar las oportunidades de mejora en la redacción de especificaciones y lineamientos del área topográfica de proyectos de obra nueva recomendadas por el grupo de experto técnicos de la Escuela de Topografía de la Universidad de Costa Rica.
- Mejorar la capacitación de los profesionales responsables de la redacción de los carteles de licitación en el tema de topografía y considerar que exista un profesional colegiado ante el colegio profesional correspondiente y con experiencia en topografía y en redacción y revisión de carteles de licitación, con el fin de corregir los errores encontrados en dicha área.

PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS

- Se recomienda fortalecer las labores de inspección en el proceso de aceptación tuberías de concreto con el fin de identificar y registrar daños en los elementos por colocar en el proyecto y garantizar la calidad de los productos entregados.
- Se recomienda adoptar un formulario o registro para la inspección del estado y reparación de tuberías de concreto.
- Se recomienda fortalecer el contenido de la especificación Sección 651 "Alcantarillas de tubos de concreto" del Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto de manera que exista claridad sobre el proceder en el caso de que se tenga que solicitar al contratista reparaciones por daños asociados al transporte y descarga de tuberías.
- Se recomienda brindar monitoreo e inspección rigurosa al cálculo del volumen de concreto (incluyendo desperdicios), solicitado por el contratista en los procesos de colado de elementos estructurales, de manera que se garantice la continuidad y uniformidad del concreto durante los procesos de descarga del material, ajustándose a lo establecido en las especificaciones y planos del proyecto.
- Se evidenciaron oportunidades de mejora en relación con la técnica y equipo utilizado para alcanzar la humedad óptima en el proceso de estabilización de agregados.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 91 de 116
----------------------------	---------------	------------------



- Se recomienda realizar el corte de juntas tan pronto se desencofren las barreras tipo New Jersey y estas tengan la suficiente consistencia para el ranurado con sierra, así como que la Supervisión brinde un monitoreo más continuo a este proceso.
- Se recomienda realizar el curado correspondiente de estos elementos de concreto por todo el tiempo que sea requerido, de acuerdo con la normativa aplicable.
- Se considera primordial brindar un monitoreo continuo del funcionamiento de los drenajes de la pantalla de pilotes de ambos muros, especialmente el correspondiente al canal interno adoptado para evacuar las aguas de los drenajes longitudinales.
- Se evidenció la necesidad de brindar monitoreo y establecer un plan de mantenimiento de los drenajes correspondientes a la evacuación de las aguas freáticas de la zona del viaducto.
- Se considera relevante extender a otros proyectos de obra nueva, la práctica constructiva evidenciada en el proceso de pavimentación de los carriles del tronco principal del paso a desnivel de Guadalupe, especialmente si estos proyectos son de longitudes cortas.
- Se recomienda asegurar la preparación de las capas inferiores de la estructura de pavimentos previos a la adopción de la práctica constructiva evidenciada en el proceso de pavimentación de los carriles del tronco principal del paso a desnivel de Guadalupe.

GESTIÓN DEL PROYECTO

- Se considera de relevancia extender la metodología del registro de inspección adoptada por la Supervisión y coordinada por UNOPS para futuros proyectos de obra nueva de manera que se pueda contribuir a mejorar los procesos de supervisión de los mismos.
- Se recomienda la inclusión de coordenadas en los formularios de inspección de los diferentes temas abordados por parte de la Supervisión, ya que no se evidenciaron en todos los reportes.

CALIDAD DEL PROYECTO

- Se recomienda diferenciar las pruebas de asentamiento y flujo dentro de los informes de calidad según el objetivo de cada una de estas en el concreto analizado. Lo anterior debido a que se evidenciaron pruebas de flujo dentro del concreto de 300 kg/cm² siendo este un concreto convencional y no autocompactable.
- Se sugiere brindar un monitoreo constante y representativo a los diferentes lotes de acero que se colocan en el proyecto, ya que como se evidenció en el informe se pueden presentar incumplimientos en algunos de los parámetros de calidad del material que no son identificables con los certificados de los proveedores.
- Se recomienda una mayor rigurosidad en el cumplimiento de los criterios de aceptación del material de subbase colocado en el proyecto respecto a los límites granulométricos de la graduación solicitada.
- Se recomienda valorar la oportunidad de mejora en relación al proceso constructivo de base estabilizada respecto a la distribución y homogenización del agua ya que es un factor que puede incidir en algunos de los resultados identificados.
- Se recomienda a la Administración efectuar un análisis estadístico detallado, con el fin de establecer y determinar cuáles tramos de la base estabilizada con cemento presentan altos niveles de variabilidad, de forma que se le dé un seguimiento a su desempeño durante su vida útil.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 92 de 116
----------------------------	---------------	------------------



- Se recomienda a la Unidad Ejecutora un control estricto en el cumplimiento de los parámetros volumétricos establecidos en el cartel de licitación según la disposición de calidad demanda en el proyecto.
- Se recomienda monitorear el desempeño de la mezcla asfáltica de 19mm en la cual se identificaron incumplimientos en el parámetro de VFA según los datos de la Supervisión del proyecto.
- Se recomienda monitorear el desempeño de la mezcla asfáltica de 19mm colocada en el lote de producción del día 02 de marzo de 2021 ya que podría presentar susceptibilidad a deterioros.
- Se reitera la importancia de que los contratos de la Supervisión incluyan dentro su alcance la realización de ensayos de fatiga durante el proceso de producción del material en la etapa ejecución del proyecto.
- Se sugiere el monitoreo del desempeño del pavimento a corto y mediano plazo en relación con los resultados obtenidos para el parámetro de fatiga por el LanammeUCR.



REFERENCIAS

- ASTM International. (2016). *ATM 706 Standard Specification for Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement*. Pennsylvania UnitedStates: ASTM.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. (2013). *Lineamientos de Diseño Sismo Resistente para Puentes*. San José: LanammeUCR.
- Federal Highway Administration. (2017). CHAPTER 3. General Backcalculation Guidelines. En F. H. FHWA-HRT-16-01, *Design and Analysis, Volume III: Guidelines for Deflection Testing, Analysis, and Interpretation* (pág. CHAPTER 3.). US: Federal Highway Administration.
- GOBIERNO DE COSTA RICA MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTE CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD. (2015). *Tomos del PROYECTO DE LAS INTERSECCIONES DE LA BANDERA Y GUADALUPE. SAN JOSÉ (COSTA RICA)*. San José: MOPT-CONAVI-UNOPS.
- Ingeniería Técnica de Proyectos. (2020). *ITP-535-2020-E2*. San José: ITP.
- LanammeUCR. (2014). *LM-PI-AT-021-14 EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA EN COSTA RICA PARA LOS PROYECTOS VIALES DE CONSERVACION VIAL. Contratación Directa No. 2009LN-000003-CV. Varias Zonas*. San José: Universidad de Costa Rica.
- LanammeUCR. (2020). *Informe LM-AT-044-2019 CALIDAD DE MATERIALES Y PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN INTERSECCIÓN GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL NO. 39*. San Jose: Universidad de Costa Rica.
- Ministerio de Obras Públicas Y Transportes. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010)*. San José: MOPT.
- MOPT y CONAVI. (2015). *TOMO 4 C) PLIEGOS DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS*. San José, Costa Rica: MOPT.
- OFICINA DE LAS NACIONES UNIDAS DE SERVICIOS PARA PROYECTOS (“UNOPS”). (2018). *ITB-CRPC-96800-2018- 002 CONSTRUCCION Y SUPERVISION DE TRES PASOS A DESNIVEL EN LA RUTA NACIONAL No. 39, CARRETERA DE CIRCUNVALACION, EN LA INTERSECCIÓN DE GUADALUPE Y FORTALECIMIENTO DE LA UNIDAD EJECUTORA DEL PROGRAMA DE OBRAS ESTRATEGICAS DE INFR VIAL*. San José: Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS).
- Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) . (2019). *CON-CRCP-96800-2019-010 Contrato de Obra a Tanto Alzado*. San José: Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) .
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). *DP-001-2014 INGENIERIA PARA EL DISEÑO DE DETALLE, PRESUPUESTO, PLIEGOS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y DOCUMENTOS PARA LICITACIÓN DE LAS INTERSECCIONES GARANTÍAS SOCIALES, LA BANDERA-UCR Y GUADALUPE*. Costa Rica: UNOPS.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). *SDP-002-2014-TOPOGRAFIA. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO COMPLEMENTARIO Y ELABORACION DE LA CARTOGRAFIA DIGITAL PARA EL DISEÑO DE LOS PASOS A NIVEL EN LAS INTERSECCIONES GARANTIAS SOCIALES, LA BANDERA-UCR Y GUADALUPE. SAN JOSE, COSTA RICA*. Costa Rica: UNOPS.
- PUENTES Y CALZADAS GRUPO DE EMPRESAS. (2020). *200128-050-PC-C031 Diseños de mezcla de concreto*. San José: Grupo Puentes.
- PUENTES Y CALZADAS GRUPO DE EMPRESAS. (2020). *200205-072-PC-C031 Diseños de mezcla de concreto en Obra*. San José.: Grupo Puentes.
- PUENTES Y CALZADAS GRUPO DE EMPRESAS. (2020). *200602-251-PC-C082 Procedimiento base estabilizada*. San José: Grupo Puentes.
- PUENTES Y CALZADAS GRUPO DE EMPRESAS. (2020). *200625-311-PC-C097*. San José: Grupo Puentes.



EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Fiorella Murillo Contreras. Auditora Técnica
Visto bueno legal por: Lic. Nidia Segura Asesora Legal LanammeUCR	Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	Aprobado por: Ing. Alejandro Navas Carro, MSc. Director LanammeUCR



ANEXOS

A1. DESCARGO DE INFORME PRELIMINAR LM-INF-EIC-D-0001-B-2021



San José, 22 de junio del 2021.

POE-10-2021-0453

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

Ingeniero
Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director
LanammeUCR

ASUNTO: Respuesta oficio LM-IC-D-0421-2021 sobre Informe preliminar de auditoría LM-INF-EIC-D-0001B-2021, Paso a Desnivel Guadalupe.

Estimados ingenieros:

Reciba un atento y cordial saludo.

Hacemos entrega formal de las aclaraciones y observaciones al Informe Preliminar Final No. al Oficio No. LM-INF-EIC-D-0001B-2021, para el proyecto Paso a Desnivel Guadalupe, se adjunta el oficio de UNOPS No. 96800-210611-ER-166, en donde se amplía información. Como parte de las respuestas se adjunta el siguiente link para el descargo de cada archivo que complementa el oficio de UNOPS indicado anteriormente.

<https://drive.google.com/drive/folders/1Fav7LsfYHH4J-2WFWVM-vJqd7z7YtRs?usp=sharing>

Sin otro particular, atentamente,

JOHNNY GOMEZ NAVARR
Firmado digitalmente por
JOHNNY GOMEZ NAVARRO
(FIRMA)
Fecha:
2021.06.22
15:06:25 -06'00'

Ing. Johnny Gómez Navarro
Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial
PAR



Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel: (506) 2202-5300 Fax: (506) 2202-5315 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.co.cr



Consejo Nacional de Vialidad CONAVI

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 96 de 116
----------------------------	---------------	------------------

A2. ANÁLISIS DEL DESCARGO DE INFORME PRELIMINAR LM-INF-EIC-D-0001-B-2021

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-INF-EIC-D-001-B-2021 fue remitido a la Administración y recibido el día 17 de mayo de 2021 mediante oficio LM-EIC-D-0421-2021, para que fuese analizado y donde se indicó que la presentación oral del informe se realizaría el día 24 de mayo de 2021 de forma virtual por el estado de emergencia debido al COVID-19.

A partir de la fecha de envío del informe preliminar, se le otorgó un plazo de 15 días hábiles a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita, estableciéndose como plazo máximo el 07 de junio de 2021.

El día 02 de junio de 2021, se recibió el oficio POE-10-2021-0416 emitido por la Administración, solicitando una ampliación del plazo de entrega del descargo al informe para el día 11 de junio de 2021. No obstante, la Administración brindó respuesta el día 22 de junio de 2021 mediante el oficio POE-10-2021-0453, en el mismo se encontraba adjunto la nota No. 96800-210611-ER-166 emitida por la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS) el día 11 de junio de 2021.

Cabe mencionar que en el oficio POE-10-2021-0453, no se identificó ningún criterio o petitoria de modificación por la Unidad Ejecutora del Proyecto por parte del CONAVI, por lo que se asume que los criterios emitidos por UNOPS son compartidos por la Unidad Ejecutora y serán objeto de revisión y análisis como parte del descargo emitido.

Es importante reiterar que los hallazgos y observaciones descritos en el informe LM-INF-EIC-D-001--2021, se fundamentan en evidencias obtenidas por el Equipo Auditor durante las visitas al sitio del proyecto auditado, ensayos de control de calidad, revisión del cartel y especificaciones y control de pago de las actividades ejecutadas. Por lo tanto, es importante reiterar que como parte de las labores de fiscalización externa que competen al LanammeUCR conforme a la Ley 8114, la Auditoría Técnica no busca únicamente informar a la Administración de las situaciones evidenciadas durante el proceso de auditoría, sino también que los hallazgos y observaciones realizadas representen oportunidades de mejoras y de fortalecimiento desde el punto de vista técnico y de gestión a las labores que realiza la Administración en la ejecución de proyectos de obra nueva.

A continuación, se detalla el análisis correspondiente al descargo POE-10-2021-0453

Observación 1: Los caudales máximos instantáneos estimados en el sitio donde el río Torres pasa bajo la Ruta Nacional No. 39 pueden no ser representativos de la cuenca en estudio, debido al carácter empírico de la metodología seleccionada para calcularlos.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza de la observación. Además, no se identifica ninguna petitoria por ninguna de las partes en relación al contenido de la observación.

Se reitera que el enfoque de la observación radica en las oportunidades de mejora en el proceso de diseño de estudios hidrológicos y diseño de obras hidráulicas y en ningún momento la observación pone en duda la capacidad hidráulica de la obra construida.

Se considera positivo que UNOPS considere las recomendaciones emitidas para futuros proyectos.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 97 de 116
----------------------------	---------------	------------------

Observación 2: La información meteorológica utilizada como base para el modelado hidrológico de la cuenca del río Torres con HEC-HMS puede no ser representativa de la cuenca en estudio.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza de la observación. Además, no se identifica ninguna petitoria por ninguna de las partes en relación al contenido de la observación.

Se reitera que el enfoque de la observación radica en las oportunidades de mejora en el proceso de diseño de estudios hidrológicos y diseño de obras hidráulicas y en ningún momento la observación pone en duda la capacidad hidráulica de la obra construida.

Se considera positivo que UNOPS considere las recomendaciones emitidas para futuros proyectos.

Observación 3. Se evidenció que la información de la actualización del diseño de pavimentos correspondiente al retrocálculo de módulos es insuficiente y genera incertidumbre en algunos de los resultados obtenidos.

En el contenido de la nota No. 96800-210611-ER-166 específicamente en la sección “Sobre comentarios finales” se identifican 3 petitorias de UNOPS en relación con la Observación 3 del informe preliminar

1. Se solicita que la Observación No. 3 sea reformulada con base en la respuesta que se ha emitido a las interrogantes del oficio LM-IC-D-0509-2020.
2. Se solicita que se mencione que no se cuenta con estudios concretos concluyentes a nivel nacional de rangos de variación razonables para módulos de rigidez retrocalculados.
3. Que se mencione que los módulos de rigidez retrocalculados empleados en la actualización y optimización de los diseños estructurales de pavimentos para el proyecto evidencian errores de estimación mayoritariamente menores a 10 %.

En relación con la primera petitoria realizada se debe indicar que la misma no es de recibo ya que el Equipo Auditor considera con base en la evidencia revisada de previo y la nueva información presentada en la nota No. 96800-210611-ER-166 que la información e insumos del retrocálculo de módulos no son suficientes y generan incertidumbre en sus resultados, especialmente lo relacionado con los espesores y capas existentes.

Se debe señalar que el contenido de este apartado dentro del informe corresponde a una Observación y no a un Hallazgo de auditoría, por lo que no existe un incumplimiento cartelario en relación con lo desarrollado. La Observación 3 del informe preliminar hace referencia al contenido mínimo que debe incluir un retrocálculo para el desarrollo de este procedimiento con base en guías internacionales, así como informes de Auditoría que han sido conocidos de previo por el CONAVI. Por lo que se aclara que el Equipo Auditor en ningún momento señala un incumplimiento en relación con la información contenida, ya que como bien lo detalla UNOPS en el descargo del informe preliminar actualmente no hay una normativa que señale el contenido mínimo del procedimiento, sino más bien la observación plantea que estos documentos son necesarios para una adecuada fundamentación técnica del procedimiento, así como facilitar la trazabilidad de la revisión.

Por otra parte, en relación con la información faltante solicitada por el LanammeUCR como parte de la memoria de cálculo del retrocálculo, UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166 indica que se

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 98 de 116
----------------------------	---------------	------------------



adjuntaban Informes de Euroestudios y CACISA con resultados de sondeos de espesores y de caracterización de materiales existentes donde además se incluye el informe de deflectometría con los detalles de dicha prueba, también se menciona que se incluía la memoria de cálculo del retrocálculo de módulos de rigidez, por segmento homogéneo. Sin embargo, en la revisión de la documentación enviada por la Unidad Ejecutora como parte del descargo no se lograron identificar tales documentos, por lo que solo se considerara el contenido de la nota No. 96800-210611-ER-166.

Respecto a la segunda petitoria realizada por UNOPS indicar que a nivel nacional no hay estudios de rangos de variación razonables para módulos de rigidez retrocalculados. El Equipo Auditor coincide que a nivel nacional no hay un estudio a profundidad que establezca un rango de variabilidad permitido para los módulos retrocalculados de los materiales. No obstante, pese a que no exista lineamientos sobre el tema a nivel nacional no impide que el Equipo Auditor utilice criterios internacionales para evaluar y generar oportunidades de mejora para el procedimiento, tal como lo hace UNOPS en el descargo en esta observación. Lo anterior queda ejemplificado en la Tabla 14 del informe de actualización donde se evidencia que la desviación estándar supera en casi dos veces el valor promedio del módulo retrocalculado.

En lo que respecta a la tercera petitoria, se debe indicar que un párrafo 14 de la Observación 3 del informe preliminar hace mención de los errores promedio del procedimiento son menores a 10 %, por lo que no existe la necesidad de volverlo a reiterar, de igual forma se expresa el criterio del Equipo Auditor que los porcentajes de error con mayor magnitud de los diferentes estacionamientos se encuentran concentrados en los últimos tres geófonos, los cuales están asociados a las capas inferiores de la estructura retrocalculada, lo cual refuerza aún más la incertidumbre de los resultados obtenidos en las capas inferiores. Por lo tanto, la petitoria no es de recibo.

Por otra parte, dentro del contenido del descargo se identifica información que había sido solicitada por el Equipo Auditor mediante el oficio **LM-IC-D-0509-2020 del 30 de junio de 2020**, por lo que sí se eliminan algunos aspectos señalados en la versión preliminar.

A partir de la información analizada en el descargo del informe se eliminan los siguientes párrafos del informe preliminar:

“En lo que respecta al contenido del retrocálculo de módulos del informe de actualización del diseño de pavimentos, no se identificó información considerada como mínima para la revisión y análisis del procedimiento aplicado, según el criterio del Equipo Auditor y lo señalado en el informe LM-PI-AT-121-2017. Dentro de la información que no se identificó en el informe se encuentran los siguientes aspectos:

- *Cantidad de geófonos utilizados (Debe especificarse, no deducirse del informe)*
- *Cantidad de caídas realizadas*
- *Normalización por carga*
- *Normalización por temperatura*
- *Valores del coeficiente de Poisson*
- *Gráficos de ajuste de deflexiones medidas y estimadas*
- *Gráficos de módulo superficial por estacionamiento*
- *Cantidad de estacionamientos por sección retrocalculada*
- *Tipo de error empleado (Suma promedio de la diferencia relativa absoluta, RMS, ARS).*

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 99 de 116
----------------------------	---------------	------------------



Otro aspecto que llama la atención es que el diseñador adjunta en la sección de anexos, diferentes tablas con los porcentajes de error, sin identificar el tipo de error que está utilizando y si estos corresponden a los geófonos empleados.

Ante la eliminación de los párrafos anteriores se considera importante agregar el siguiente párrafo al informe:

“UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166 emitida el día 11 de junio de 2021, como parte del informe preliminar aclaró parte de la información solicitada en el oficio LM-IC-D-0509-2020 del 20 de junio de 2020, no obstante, no adjuntó la memoria de cálculo del procedimiento aplicado para el desarrollo del retrocálculo de módulos.”

Adicionalmente a las petitorias ya realizadas por UNOPS, el Equipo Auditor considera relevante expresar su criterio sobre algunas de las observaciones realizadas por UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166.

Sobre el tránsito de diseño

Si bien la observación no se enfoca en el análisis del tránsito de diseño, llama la atención que UNOPS indique:

“efectivamente hay accesos y rampas con mayor volumen de tránsito que el deprimido, de conformidad con Euroestudios, Ibid. Al respecto no estaba dentro de los alcances de la optimización del diseño estructural, a cargo del suscrito, verificar la matriz de origen – destino de Euroestudios, Ibid”

UNOPS es el ente encargado de la gestión del proyecto por lo que de ninguna manera es de recibo indicar que no es su responsabilidad verificar la matriz origen destino como parte de los insumos para el diseño de pavimentos.

Sobre los sondeos realizados

Se difiere del criterio UNOPS en el que se indica que los sondeos realizados fueron suficientes para llevar a cabo el retrocálculo. Nuevamente se expresa el criterio del Equipo Auditor que no se considera adecuado que el consultor exprese que se presume la existencia de un estrato o no con base en los resultados determinados. El conocimiento de los espesores y materiales existentes es el principal insumo para llevar a cabo un retrocálculo de módulos por lo que, si generaliza la condición existiendo tanta variabilidad en estos parámetros, los resultados obtenidos a través del retrocálculo generan alta incertidumbre como se evidenció en algunas secciones del proyecto, lo cual podría sobreestimar o subestimar las propiedades de los materiales existentes.

Se recomienda que si no se tiene certeza de los materiales y espesores existentes que se opte por otras técnicas para caracterizar los materiales existentes y así definir el tipo de intervención a realizar.

Sobre los porcentajes de error de 10 % indicados por UNOPS como satisfactorios

UNOPS indica en la nota No. 96800-210611-ER-166 que previa consulta con especialistas internacionales, se ha llegado a la conclusión de que un error de estimación promedio 10.0 % es satisfactorio, en contraste el Equipo Auditor tiene como referencia el valor de 5 % como un valor aceptable en el error del procedimiento del retrocálculo de módulo, esto a partir de bibliografía internacional como por ejemplo, el capítulo III “Guía para el retrocálculo de módulos” de la publicación Guía para la interpretación, análisis y muestreo de deflexiones (Federal Highway Administration, 2017) donde inclusive se considera que errores mayores al 3% son considerados cuestionables.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 100 de 116
----------------------------	---------------	-------------------



Ahora bien, en la observación del informe preliminar nunca hace mención a los porcentajes de error mayores al 5%, sino más bien se destaca que los errores con mayor porcentaje son los que se encuentran en los últimos geófonos los cuales están asociados a la estimación de los módulos de las capas inferiores, siendo estos los que generan mayor incertidumbre y los cuales en algunos casos se alejan de las propiedades mecánicas de los materiales existentes.

Sobre el criterio conservador mencionado por UNOPS en los módulos retrocalculados de base y subbase granular

En relación con el criterio de UNOPS en el que se indica que se ha sido conservador al utilizar el valor máximo de coeficiente estructural permitido por la metodología AASHTO 93 según los valores de retrocalculados de los módulos de la subbase y base granular, se debe indicar que el Equipo Auditor no coincide con el dictamen emitido. La incertidumbre sobre los resultados obtenidos a partir de un procedimiento en el que no se tenía claro espesores y capas existentes, no permite garantizar que las propiedades de los materiales existentes se ajusten al máximo coeficiente estructural permitido por la metodología AASHTO93, por el contrario, es criterio del Equipo Auditor que existe la posibilidad que la capacidad estructural del material haya sido sobreestimada, según los resultados presentados por UNOPS. Nuevamente se recomienda al igual que se hizo en el caso de la subrasante que se realicen pruebas a los materiales extraídos de las calicatas para verificar las propiedades mecánicas de los materiales y contrarrestarlas con los módulos obtenidos.

Sobre el criterio UNOPS relacionado con el módulo superficial

UNOPS hace referencia dentro de la nota No. 96800-210611-ER-166 a que no considera necesario calcular el módulo superficial a partir del análisis alternativo donde se compara los módulos retrocalculados a partir del software Back-FA y ANN.

Primeramente, se debe indicar que el cálculo y gráficos del módulo superficial a partir de las deflexiones mediadas no requiere de ningún software complejo para desarrollarlo. Este insumo permite determinar la presencia de grietas, estratos rígidos, no linealidad de materiales o alguna otra condición anómala a partir de los datos de las deflexiones para considerarlos o no dentro de análisis por lo que el Equipo Auditor considera de relevancia que se haya hecho este análisis.

Ahora bien, UNOPS realiza un análisis más profundo para verificar la afectación de la no linealidad en los materiales granulares con el software ANN, el Equipo Auditor considera valioso el desarrollo de este tipo de análisis siempre y cuando se tenga garantía que los insumos o variables de entrada del procedimiento sean adecuadas. En el caso del retrocálculo hay incertidumbre sobre los espesores y capas colocadas, por lo cual no se puede considerar como adecuado.

Hallazgo 1. La fuerza de sismo utilizada en la memoria de cálculo para el diseño del intercambio fue tomada de la normativa incorrecta.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo. Además, no se identifica ninguna petitoria por ninguna de las partes en relación al contenido de la observación.

Se considera positivo que UNOPS considere las recomendaciones emitidas para futuros proyectos.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 101 de 116
----------------------------	---------------	-------------------



Hallazgo 2. Se presentaron omisiones o información faltante en distintos elementos estructurales del intercambio.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo. Además, no se identifica ninguna petitoria por ninguna de las partes en relación al contenido de la observación.

El Equipo Auditor, con base en el criterio técnico emitido por los ingenieros del Programa Ingeniería Estructural del LanammeUCR, difiere del criterio emitido por UNOPS con que se cuenta con el expediente técnico suficiente para mostrar la rigurosidad del diseño, ya que como se evidenció en el Hallazgo 2 existe el faltante de memoria de cálculo para justificar algunos elementos estructurales según la información facilitada por la Unidad Ejecutora al Equipo Auditor.

Observación 4. Oportunidad de mejora en la redacción del cartel de licitación, en el área de ingeniería topográfica.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo. Además, no se identifica ninguna petitoria por ninguna de las partes en relación al contenido de la observación.

Se considera positivo que UNOPS considere las recomendaciones emitidas para futuros proyectos.

Hallazgo 3. Se evidenció la colocación de tuberías con deterioros de severidad leve como parte de las obras de drenaje del proyecto.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo. Además, no se identifica ninguna petitoria por ninguna de las partes en relación al contenido del hallazgo.

Sobre el comentario emitido por UNOPS en el oficio POE-10-2021-0453, donde se indica que:

“UNOPS no considera que lo hallado por el LanammeUCR implique en un detrimento en la calidad, flujo y desempeño del drenaje pluvial, los desprendimientos de concreto observados, fueron trabajados cuando se colocó en campo la tubería, permitiendo que la tubería se enterrara completa para que cumpliera su función.”

El Equipo Auditor debe señalar que en el hallazgo en ningún momento se indica que se compromete el flujo y desempeño del drenaje pluvial a partir de los deterioros señalados. Por otra parte, UNOPS indica que los desprendimientos del concreto fueron trabajados previo al relleno, pero no presenta ninguna evidencia o registro fotográfico para evidenciarlo, por lo que no es recibo la observación realizada.

Observación 5. Se evidenció un problema en la estimación del volumen del concreto en una de las placas de cimentación del puente peatonal del proyecto, lo cual generó la colocación de concretos con distintas resistencias incidiendo en la resistencia final del elemento.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo. Además, no se identifica ninguna petitoria por ninguna de las partes en relación al contenido de la observación.

Se considera positivo que UNOPS considere las recomendaciones emitidas para futuros proyectos.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 102 de 116
----------------------------	---------------	-------------------



Sobre el comentario emitido por UNOPS en el *oficio* POE-10-2021-0453, donde se indica que:

“Sin embargo, UNOPS considera que el hecho ocurrido no afecta la capacidad de soporte de los elementos, no pone en riesgo la vida de los transeúntes que circulan por las obras y no reduce la vida útil de la pasarela.”

El Equipo Auditor debe indicar que en la observación realizada en ningún momento se señala que la práctica constructiva evidenciada y la resistencia del material obtenida pongan en riesgo la vida humana. Se reitera que el énfasis de la observación es la necesidad se ejecuten buenas prácticas en la programación de volúmenes de concreto para el colado de elementos estructurales con el fin de evitar eventualidades como las descritas en este caso.

Observación 6. Se evidenció la aparición de agrietamientos y fisuras en las barreras de concreto tipo New Jersey y en un par de muros de concreto, asociadas a problemas de curado y corte tardío de juntas, no obstante, la mayoría de grietas fueron Subsanaadas.

Las observaciones y criterios emitidos en el *oficio* POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo.

El Equipo Auditor difiere del criterio emitido por UNOPS la nota No. 96800-210611-ER-166 sobre que los deterioros evidenciados corresponden únicamente a fisuramientos por contracción, cabe mencionar como se señalan en las notas de la Observación 6, que se identificaron espesores de grietas mayores a los considerados para tipificar un fisuramiento por contracción, especialmente en los muros de concreto armado y algunas barreras, por lo que la observación realizada no es de recibo.

Por otro lado, se debe aclarar que en el informe LM-INF-EIC-D-0001-2021 se señala que la mayoría de los agrietamientos y fisuras fueron subsanados, no obstante, la nota No. 96800-210611-ER-166 indica que fue la totalidad de los fisuramientos los atendidos, sobre este aspecto el Equipo Auditor realizó una visita el día 09 de julio de 2021 donde aún se evidencian fisuramientos que no fueron atendidos, tal como se muestra en la Figura A1, por lo tanto se descarta cualquier modificación al contenido del informe.

Figura A1. Fisuramientos en visita monitoreo al proyecto. Fecha 09 de julio de 2021.





Ahora bien, sobre el comentario emitido por UNOPS en el oficio POE-10-2021-0453, donde se indica que:

Además, se indica que por más que en teoría no deben ocurrir fisuras si se da el corte oportuno de juntas, la materia concreto, no es un elemento de comportamiento perfectamente definido, y siempre pueden ocurrir estas fisuras por la complejidad del elemento, aun cuando se hayan realizado los cortes oportunamente como fue nuestro caso.

El Equipo Auditor realiza la aclaración que en ningún momento en el informe se indica que el corte de juntas sea el único factor que puede incidir en el agrietamiento o fisuramiento del concreto, ya que existen diversos factores que pueden incidir en la aparición de este tipo de deterioros tales como el tipo de cemento utilizado, el diseño de mezcla, temperatura de colocación del material, razón de evaporación, curado del material, entre otros factores. El Equipo Auditor aclara que no se está señalando que los factores indicados anteriormente hayan sucedido en el proyecto, sin embargo, se debe señalar que en el proyecto sí se identificaron oportunidades de mejora en relación con el corte tardío de juntas en las barreras de concreto.

Observación 7. Se evidencia un potencial riesgo en el desempeño del sistema de drenajes adoptado en la pantalla de pilotes ante una posible reducción de la capacidad hidráulica del canal colector interno de concreto. y el desconocimiento del estudio hidráulico a partir del cual se construyó.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo. Además, no se identifica ninguna petitoria por ninguna de las partes en relación al contenido de la observación. Sobre el comentario emitido por UNOPS en el oficio POE-10-2021-0453, donde se indica que:

“Se indica que la construcción y drenajes estuvo expuesta durante la época lluviosa, razón por la cual se pudo constatar que la capacidad de la canalización de aguas es suficiente.”

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 104 de 116
----------------------------	---------------	-------------------



El Equipo Auditor debe señalar que los drenajes construidos en la pantalla de pilote estuvieron a la vista previo a la colocación de los paneles entre los meses de diciembre 2020 y marzo 2021, por lo que no es cierto que los drenajes de la pantalla de pilotes estuvieron expuestos a la época lluviosa más crítica del país para evidenciar su desempeño. Por otro lado, el Equipo Auditor en la observación señala la ausencia de un diseño hidráulico para justificar técnicamente las dimensiones del canal interno de concreto que fue seleccionado como la solución para captar el agua de los drenajes de la pantalla de pilotes, sin embargo, ni UNOPS ni la Unidad Ejecutora adjuntan tal documento por lo que no es de recibo el criterio expresado anteriormente.

Se debe mencionar que en la visita del monitoreo el 09 de julio de 2021 se comenzaron evidenciar los potenciales riesgos señalados por el Equipo Auditor en relación con el desempeño de los drenajes de la parte inferior del Paso a Desnivel de Guadalupe, en la Figura A2 se ilustra la condición evidenciada.

Figura A2. Condición de drenajes visita monitoreo al proyecto. Fecha 09 de julio de 2021.



Observación 8. Se observó la incorporación del agua de forma no uniforme durante el proceso constructivo de bases estabilizadas

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza de la observación.

Se considera positivo que UNOPS considere las recomendaciones emitidas para futuros proyectos.

Observación 9. Se evidenció la colocación de la capa de rodadura de la estructura de pavimentos de forma continua a lo largo de la totalidad de algunos de los carriles del tronco principal del proyecto en beneficio del acabado y regularidad superficial del carril.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza de la observación.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 105 de 116
----------------------------	---------------	-------------------

Observación 10. Se evidenció la utilización de aplicaciones digitales para el registro de las labores de inspección por parte de la Supervisión del proyecto bajo la coordinación de UNOPS.

No se realizan comentarios ni observaciones en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166.

Hallazgo 4. Las muestras de concreto tomadas por el LanammeUCR y la Supervisión tienen una resistencia superior a la resistencia mínima establecida en los documentos contractuales para el concreto estructural de 300 kg/cm². Los parámetros de asentamiento y temperatura medidos por el LanammeUCR tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo.

Hallazgo 5. Se identificó el cumplimiento de la mayoría de parámetros de calidad del acero según lo establecido en la norma ASTM A706 de las muestras ensayadas por el LanammeUCR, a excepción de las varillas N°4 de la muestra del 24 de junio de 2020 en la cual se evidenciaron algunos incumplimientos en la elongación.

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo.

Sobre el comentario emitido por UNOPS en el oficio POE-10-2021-0453, donde se indica que:

“...se le indica a la Unidad Ejecutora que UNOPS mantiene el criterio dado en el documento número 96800/201001/ER/211 donde se indica que el esfuerzo a la fluencia de las varillas se encuentra por encima del valor mínimo establecido lo que garantiza que las obras de concreto no se van a ver comprometidas con los resultados, así mismo los valores elongación no se encuentran lejos del valor mínimo según los resultados obtenidos por la Supervisión, lo que indica que no se compromete negativamente las estructuras correspondientes.”

Se debe indicar que la observación realizada no es de recibo, nuevamente dentro de la respuesta brindada por UNOPS se está aceptando un incumplimiento del lote de las varillas #4 respecto a los resultados del porcentaje de elongación del material, por lo que no se debería justificar bajo ninguna manera la colocación de un lote de acero que presente tendencia a incumplir un parámetro solicitado cartelariamente.

Ahora bien, en cuanto al criterio emitido por UNOPS de que el incumplimiento no compromete negativamente las estructuras correspondientes, el informe es claro sobre la posición del Equipo Auditor y no se brinda una evidencia o bibliografía técnica para modificar el señalamiento de que incumplimientos en el porcentaje de elongación del acero pueden generar una falla frágil del material, razón por la cual no se modifica el hallazgo.

Hallazgo 6. Se evidenciaron incumplimientos relacionados con la graduación del material de subbase utilizado en el proyecto, especialmente con lo relacionado con la malla #4 y #1/2”

Las observaciones y criterios emitidos en el oficio POE-10-2021-0453 y la nota No. 96800-210611-ER-166 no modifican el contenido y naturaleza del hallazgo.

El análisis estadístico realizado por UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166, refuerza aún más el contenido del hallazgo sobre los incumplimientos granulométricos identificados en el material de subbase con porcentajes de cumplimiento son 66 % para el tamiz de 37.5 mm, 55 % para el tamiz No. 4 y 71% para el tamiz No. 200.

Por otro lado, UNOPS justifica los incumplimientos granulométricos basándose en el cumplimiento del parámetro de CBR en los materiales ensayados. El criterio emitido no es de recibo por parte del Equipo Auditor, ya que la granulometría es un requisito cartelario del material tal como lo expresa la Sección 301.) Subbases o bases granulares del pliego de prescripciones técnicas del proyecto, por lo que el cumplimiento del CBR no exime el cumplimiento de la Granulometría solicitada en la especificación.

Ahora bien, si UNOPS y la Unidad Ejecutora consideran que el material de subbase únicamente debió haber cumplido con el porcentaje CBR solicitado para garantizar la calidad del material colocado, debe existir una variación o documentación donde se indique que se eximía a la empresa contratista de cumplir los requerimientos de graduación del material, aspecto que no fue evidenciado por el Equipo Auditor en la documentación técnica presentada por la Unidad Ejecutora, por lo tanto no se modifica el hallazgo.

Hallazgo 7. Se observó una tendencia a que la resistencia de la base estabilizada colocada en el proyecto se encuentre dentro de los límites permitidos, no obstante, algunas de las muestras de la Supervisión y del LanammeUCR tienen una resistencia por fuera de los límites permitidos en los documentos contractuales.

La información de calidad presentada por UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166 en relación al parámetro de resistencia de bases estabilizadas del proyecto describe una muestra estadística mayor a la analizada por el Equipo Auditor, esto debido a que en el cierre del informe preliminar no se contaba con la información de calidad de los meses de febrero y marzo de 2021. El análisis estadístico realizado por UNOPS, considera una muestra de 53 datos de resistencia promedio de 3 especímenes, mientras los datos a los cuales tuvo acceso el Equipo Auditor para el análisis fueron un total de 29.

Los resultados del análisis realizado por UNOPS denotan un porcentaje de cumplimiento de la resistencia de la base estabilizada requerida en el proyecto de un 69%, el cual es mucho menor al registrado por el Equipo Auditor de las muestras a las cuales tuvo acceso. La Tabla No3 del documento No. 96800-210611-ER-166 evidencia el porcentaje de cumplimiento indicado por UNOPS.



Tabla No3. Porcentaje de cumplimiento para resistencia a la compresión para la base estabilizada con cemento a los 7 días. A partir de datos de Supervisión



Parámetro	Magnitud
Resistencia promedio a los 7 días (MPa)	3.4
Des. Estándar de resistencia a los 7 días (MPa)	0.8
Cantidad de Observaciones (grupos de 3 especímenes)	53
Límite inferior de aceptación (MPa)	21.0
Límite superior de aceptación (MPa)	39.0
Porcentaje de cumplimiento (MPa)	69

A partir de la nueva evidencia registrada y el incremento en el porcentaje de incumplimiento a un 31% de las muestras ensayadas por la Supervisión, el Equipo Auditor considera de relevancia modificar el título del hallazgo al existir un porcentaje de incumplimiento de relevancia.

Además, se puede precisar que de acuerdo con lo establecido en la sección 107.05 “Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)”, se determina que la variabilidad máxima permitida para considerar un material completamente aceptable (o sea no se rechace), es para un valor de “Nivel de Incumplimiento o Porcentaje Fuera de los Límites de Especificación” de 27,108%, para un material catalogado como “Categoría I”. Por lo tanto, el valor declarado (en la tabla 3) como porcentaje de cumplimiento del análisis global de resultados de resistencia de la base estabilizada, excede la variabilidad máxima permisible indicada en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010).

Es importante señalar que pese al incumplimiento no se identificó la aplicación de una multa o reducción de pago dentro de la información revisada por el Equipo Auditor, así como en el contenido del descargo.

Por lo tanto, el título del hallazgo se modifica a:

Hallazgo 7. Se evidenció un incumplimiento del 31% de los resultados de resistencia a la compresión de la base estabilizada colocada en el proyecto de acuerdo con los datos de calidad de la Supervisión, además algunas de las muestras de del LanammeUCR tienen una resistencia por fuera de los límites permitidos en los documentos contractuales

Además, se agregan los siguientes párrafos del informe preliminar a:

Sin embargo, pese a la tendencia al cumplimiento evidenciado por el Equipo Auditor en la mayoría de datos de calidad analizados, UNOPS en el descargo del informe preliminar, nota No. 96800-210611-ER-166 del día 11 de junio de 2021, señala un porcentaje de incumplimiento de un 31% en la resistencia promedio de la base estabilizada colocada en el proyecto con base en el análisis estadístico de una muestra de 53 datos suministrados por la Supervisión del Proyecto, tal como se muestra en la Figura 52.



Figura 52. Análisis estadístico realizado por UNOPS sobre los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la resistencia a la compresión simple a 7 días de las muestras del material de base estabilizada con cemento.



Parámetro	Magnitud
Resistencia promedio a los 7 días (MPa)	3.4
Des. Estándar de resistencia a los 7 días (MPa)	0.8
Cantidad de Observaciones (grupos de 3 especímenes)	53
Límite inferior de aceptación (MPa)	21.0
Límite superior de aceptación (MPa)	39.0
Porcentaje de cumplimiento (MPa)	69

Fuente: UNOPS,2021.

Por lo cual el Equipo Auditor considera relevante señalar que este porcentaje podría incidir en la capacidad estructural de algunas secciones de pavimento construidas.

Cabe reiterar que la muestra analizada por el Equipo Auditor contempla hasta el mes de enero 2021 por lo que la cantidad de muestras analizadas por UNOPS abarcó los resultados de los dos últimos meses de ejecución del proyecto.

Además, se puede precisar que de acuerdo con lo establecido en la sección 107.05 “Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)”, se determina que la variabilidad máxima permitida para considerar un material completamente aceptable (o sea no se rechaza), es para un valor de “Nivel de Incumplimiento o Porcentaje Fuera de los Límites de Especificación” de 27,108%, para un material catalogado como “Categoría I”. Por lo tanto, el valor declarado (en la tabla 3) como porcentaje de cumplimiento del análisis global de resultados de resistencia de la base estabilizada, excede la variabilidad máxima permisible indicada en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010).

Es importante señalar que pese al incumplimiento no se identificó la aplicación de una multa o reducción de pago dentro de la información revisada por el Equipo Auditor.

Además, se elimina la conclusión del informe preliminar

- El análisis de calidad la Supervisión permitió identificar una tendencia a que la resistencia de la base estabilizada colocada en el proyecto se encuentre dentro de los límites permitidos según la actualización de la sección. No obstante, se identificaron 6 incumplimientos de 29 resultados evaluados, 5 en secciones con resistencias por encima del límite superior de aceptación, y 1 por debajo del límite inferior.

Y añaden la siguientes conclusiones y recomendación al informe.

Conclusión

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 109 de 116
----------------------------	---------------	-------------------



- Se evidenció a partir de la información aportada en el análisis del descargo al informe un incumplimiento del 31% de los resultados de resistencia a la compresión de la base estabilizada colocada en el proyecto de acuerdo a datos de calidad de la Supervisión del proyecto.
- No se identificó el establecimiento de una no conformidad, la aplicación de una multa o reducción de pago a partir del porcentaje de incumplimiento de los resultados de resistencia a la compresión de la base estabilizada colocada en el proyecto dentro de la información revisada por el Equipo Auditor.

Recomendación

Se recomienda a la Administración efectuar un análisis estadístico detallado, con el fin de establecer y determinar cuáles tramos de la base estabilizada con cemento presentan altos niveles de variabilidad, de forma que se le dé un seguimiento a su desempeño durante su vida útil.

A partir de la introducción de la Figura 52 se modifica la numeración de las figuras restantes del informe.

Hallazgo N°8. Se evidenció que los parámetros Superpave de las muestras de mezcla asfáltica tomadas por el laboratorio de verificación y por el LanammeUCR tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos en el diseño de mezcla asfáltica y los documentos contractuales a excepción de la muestra de TMN 19 mm tomada el 02 de marzo de 2021.

Se identifican 3 petitorias realizadas por UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166 en relación al contenido del hallazgo.

1. Se solicite que el LanammeUCR haga mención a que la gestión del proyecto cuenta con 21 resultados de ensayos para la mezcla asfáltica con tamaño nominal de 19.0 mm que permiten demostrar que el contenido de vacíos, el % VAM y el porcentaje de agregado pasando el tamiz No. 30 tuvieron niveles de cumplimiento estadístico de 89 % y más. De manera que la gestión del proyecto ha comprobado, con una mayor cantidad de muestras, tomadas a lo largo del proyecto, que el resultado de incumplimiento evidenciado por LanammeUCR, en una única muestra, no representa la generalidad de la mezcla asfáltica producida para el proyecto.
2. Por otro lado, se recomienda que se aclare que el % VAM, si bien evidencia únicamente un 65 % de cumplimiento al rango requerido por las prescripciones técnicas particulares (65 – 75 %), se encuentra mayoritariamente (98 % de los casos) por debajo de 80 %.
3. Por cuanto otros parámetros volumétricos cumplen, la mezcla ha evidenciado apropiada resistencia a la deformación plástica por medio del ensayo de la pista de Georgia (APA) y el % VAM, aunque elevado, no cae en la zona prevista por LanammeUCR como de un potencial riesgo de flujo plástico y exudación, se solicita la aclaración de que la probabilidad de deformación plástica y exudación no es considerable ni evidente.

Sobre el primer aspecto solicitado por UNOPS se debe indicar que el título de hallazgo y el contenido indica claramente una tendencia al cumplimiento de los parámetros Superpave tanto de los datos de la Supervisión como los del LanammeUCR, además se hace referencia a una única muestra tomada por el LanammeUCR donde se evidencian incumplimientos por lo que no se comprende la observación de

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 110 de 116
----------------------------	---------------	-------------------



UNOPS al indicar que lo señalado por el Equipo Auditor no representa la generalidad de la mezcla asfáltica producida para el proyecto.

Ahora bien, sobre la comparación que realiza UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166 sobre la cantidad de muestras tomadas por la Supervisión y el LanammeUCR se debe aclarar que la misma no es de recibo. El LanammeUCR realiza una fiscalización externa con la realización de muestreos aleatorios durante el periodo de ejecución, de ninguna manera se puede confundir la labor que realiza el LanammeUCR con el rol de una Supervisión en cantidad de muestreos, de ahí la diferenciación en los títulos de los hallazgos entre los resultados del LanammeUCR y los de la Supervisión.

El Equipo Auditor está consiente que, al reportar solamente 2 muestras, tan siquiera se puede aplicar análisis estadístico. Por lo que, en el informe de auditoría, se realiza una breve descripción de los resultados reflejados por las muestras ensayadas, sin llegar a un dictamen definitivo de la mezcla asfáltica producida.

Por otra parte, es criterio del Equipo Auditor que todo muestreo que realice el LanammeUCR o la Supervisión debería ajustarse al cumplimiento de los parámetros solicitados en las prescripciones técnicas del proyecto, por lo que de ninguna manera se deberían presentar incumplimientos en los lotes de producción evaluados, caso contrario se debería proceder al rechazo del material o al establecimiento de una reducción del pago debido a la entrega de un producto de menor calidad según las especificaciones del proyecto.

Dentro de la información presentada por UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166 se indica el resultado de 21 ensayos a la mezcla asfáltica del TMN de 19 mm a los cuales se le realiza un análisis estadístico para determinar el porcentaje de cumplimiento de la especificación. Los resultados del análisis identifican porcentajes de cumplimiento de 95 % en vacíos, 97% VMA, 89% en el porcentaje de agregado pasando el tamiz No. 30 y un 65% en el parámetro de VFA. Es decir, se identifican incumplimientos en los parámetros evaluados en menor o mayor grado, siendo el valor VFA el de mayor porcentaje de incumplimiento con un 35% de la mezcla asfáltica evaluada.

De acuerdo a lo establecido en la sección 107.05 “Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)”, se determina que la variabilidad máxima permitida (para una muestra de tamaño de 21) para considerar un material completamente aceptable (o sea no se rechace), es para un valor de “Nivel de Incumplimiento o Porcentaje Fuera de los Límites de Especificación” de 34,124%, para un parámetro que podría ser catalogado como “Categoría I”. Por lo tanto, el porcentaje de cumplimiento del análisis global de resultados de %VFA, excede la variabilidad máxima permisible requerida en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010), para señalar un material como aceptable.

No obstante, dentro de la información y documentación revisada por el Equipo Auditor, en el periodo de ejecución de la auditoría, no se identificó ninguna no conformidad sobre la mezcla asfáltica, rechazo de material colocado o aplicación de un factor de pago al material colocado, por lo cual los criterios emitido por UNOPS no son de recibo.

Ahora bien, UNOPS presenta en la Tabla 4 de la nota No. 96800-210611-ER-166 el resumen del análisis estadístico, sin embargo, no aporta los datos individuales evaluados en el análisis, por lo cual no hay certeza en cuales lotes fueron en los que se identificaron los incumplimientos, inclusive existe la posibilidad que los incumplimientos identificados en el lote de mezcla asfáltica del 02 de marzo de 2021 coincidan o sean parte de los porcentajes de incumplimientos evidenciados por la Supervisión. Cabe

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 111 de 116
----------------------------	---------------	-------------------

recordar que el análisis realizado por el Equipo Auditor consideró los resultados de mezcla asfáltica suministrados por la Supervisión hasta el mes de marzo ya que era la información suministrada por la Administración al cierre del informe preliminar en el mes de abril 2021, por lo que los resultados de marzo 2021 no podían ser comparados.

La segunda petitoria realizada por UNOPS sobre la aclaración de que hay un cumplimiento del 65 % del parámetro VFA en la mezcla asfáltica de 19mm según las especificaciones del proyecto y un 98% en relación con el valor del 80%, no es de recibo.

A pesar de que se determina que el 98% de los resultados se encuentran por debajo del valor de %VFA de 80%, el requerimiento de la metodología Marshall de mantener la cantidad de “Vacíos llenos de Asfalto (%VFA)” entre un rango de 65% a 75%, es con la finalidad de no excederse en la cantidad de asfalto (contenido de asfalto) incluido en la mezcla asfáltica. De modo tal que el espacio disponible de vacíos intergranulares no se llene completamente con asfalto, sino que se mantenga un balance adecuado entre cantidad de asfalto y contenido de vacíos.

Por ello no es deseable que el %VFA se mantenga por encima del 75% en las mezclas asfálticas producidas, por lo que se recomienda a la Administración, determinar específicamente cuanto es el porcentaje de las mezclas asfálticas producidas mensualmente que se mantienen por encima del máximo valor permitido por la especificación de este parámetro volumétrico.

El porcentaje de incumplimiento del VFA 35% según el análisis estadístico realizado por UNOPS con una mayor muestra de datos de la Supervisión debido al periodo de evaluación considerado, lo cual más bien demuestra que el material colocado debió haber sido rechazado o al menos se debió establecer una multa o disminución del pago por la calidad del material colocado en el proyecto de acuerdo con las herramientas con las que cuenta UNOPS para la gestión de una no conformidad, aspecto no evidenciado por el Equipo Auditor.

La tercera petitoria realizada por UNOPS sobre la aclaración de que la probabilidad de deformación plástica y exudación no es considerable ni evidente en la mezcla asfáltica del proyecto, no es de recibo. Los lotes de mezcla asfáltica que presentaron incumplimientos en los parámetros de VFA, según se explica en el informe presentan susceptibilidad a la deformación permanente o exudación, esto no quiere decir que el deterioro se presente de forma inmediata o en el corto plazo, por lo que de ninguna manera se comparte el criterio emitido por UNOPS de que no hay riesgo de que este deterioro se puede llegar a presentar durante la vida útil del proyecto.

Finalmente, el Equipo Auditor se permite aclarar que a nivel documental no se ha reportado correlación directa entre los resultados volumétricos del parámetro de VFA y el ensayo de deformación permanente mediante la pista de ensayo de Georgia (APA).

A la luz de la nueva evidencia presentada por UNOPS, se considera importante señalar el grado de incumplimiento en el parámetro de VFA registrado en la mezcla asfáltica de 19 mm, a partir de muestras de la Supervisión que no fueron considerada en el análisis por el Equipo Auditor debido a la fecha de corte del informe preliminar.

A partir de esto se considera pertinente separar el contenido del Hallazgo 8 del informe preliminar en tres secciones, la primera correspondiente a la mezcla asfáltica de TMN19 mm, la segunda en relación con la mezcla asfáltica de TMN12,5 mm. y la tercera en relación con el cumplimiento de vacíos de mezcla colocada en sitio. Por lo tanto, para el informe final se consideran los siguientes títulos de los hallazgos.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 112 de 116
----------------------------	---------------	-------------------



Hallazgo N°8. Se evidenció un porcentaje de incumplimiento de un 35% en el parámetro de VFA en las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 19 mm ensayadas por la Supervisión, los demás parámetros mostraron una tendencia al cumplimiento de los límites establecidos en el diseño de mezcla asfáltica y los documentos contractuales. Además, la muestra tomada por el LanammeUCR el día 02 de marzo de 2021 presentó incumplimiento en varios parámetros volumétricos incluido el VFA.

Hallazgo N°9. Se evidenció que los parámetros Superpave de las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 12,5mm tomadas por el laboratorio de verificación y el LanammeUCR tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos en el diseño de mezcla asfáltica y los documentos contractuales.

Hallazgo 10. Se evidencio una tendencia al cumplimiento de los vacíos de la mezcla asfáltica colocada en el proyecto

En el Hallazgo 8 se añaden los siguientes párrafos y figura como parte de su contenido

Pese a que inicialmente el análisis de calidad de la mezcla asfáltica de TMN19 mm mostraba una tendencia al cumplimiento en la mayoría de los parámetros Superpave según el periodo analizado por el Equipo Auditor (Agosto 2020-Enero 2021), la evidencia presentada por UNOPS y la Unidad Ejecutora en el descargo al informe preliminar denota que la tendencia señalada en el informe preliminar no se cumple al identificar porcentajes de incumplimientos mayores en un total de 21 muestras ensayadas. Cabe mencionar que el Equipo Auditor no tuvo acceso a los resultados las muestras de mezcla asfáltica ensayadas en los meses de febrero y marzo 2021 por lo cual no se había identificado dicho incumplimiento.

Los resultados del análisis estadístico realizado por UNOPS identifican porcentajes de cumplimiento de 95 % en vacíos, 97% VMA, 89% en el porcentaje de agregado pasando el tamiz No. 30 y un 65% en el parámetro de VFA, tal como se muestra en la siguiente tabla extraída de la nota Ref. 96800/210611/ER/166 del 11 de junio de 2021 que forma parte del descargo emitido por la Unidad Ejecutora.

Figura 59. Análisis estadístico realizado por UNOPS sobre los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación para la mezcla asfáltica de 19 mm ensayada en el proyecto.

Tabla No. 4: Resultados de verificación de calidad para mezcla asfáltica con tamaño nominal de 19.0 mm.

Parámetro	% Vacíos	% VAM	% VFA	% Asfalto	%P30
Promedio (%)	3.6	14.0	74.0	5.48	15.8
Desviación Estándar (%)	0.4	0.5	2.6	0.22	0.9
Cantidad de Observaciones	21	21	21	21	21
Límite inferior de aceptación (%)	3.0	13.0	65	5.05	11
Límite superior de aceptación (%)	5.0	-	75	6.05	17
Porcentaje de cumplimiento (%)	95	97	65	96	89



El porcentaje de incumplimiento del VFA de un 35%, demuestra que algunos lotes del material colocado debieron haber sido rechazados o al menos se debió establecer una multa o disminución del pago por la calidad del material colocado en el proyecto de acuerdo con las herramientas con las que cuenta UNOPS para la gestión de una no conformidad o incumplimiento, dicho aspecto no evidenciado por el Equipo Auditor.

En relación con la muestra del 02 de marzo de 2021 en la que el LanammeUCR identificó incumplimientos en los parámetros volumétricos del material se debe indicar que no se logró establecer un vínculo con los porcentajes de incumplimientos registrados en el análisis estadístico de UNOPS, ya que únicamente se presentaron los datos resumidos y no de forma individualizada.

Se añaden las siguientes conclusiones y recomendación al informe en relación al Hallazgo 8

Conclusión

- *Se evidenció a partir de la información aportada en el análisis del descargo al informe preliminar un incumplimiento del 35% en el parámetro de VFA en las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 19 mm ensayadas por la Supervisión.*
- *Los demás parámetros volumétricos de la mezcla de TMN de 19mm ensayadas por la Supervisión parámetros mostraron una tendencia al cumplimiento de los límites establecidos en el diseño de mezcla asfáltica y los documentos contractuales.*
- *No se identificaron no conformidades, multas o reducciones de pago en relación con el incumplimiento evidenciado del 35% en el parámetro de VFA.*

Recomendación

- *Se recomienda a la Unidad Ejecutora un control estricto en el cumplimiento de los parámetros volumétricos establecidos en el cartel de licitación según la disposición de calidad demanda en el proyecto.*
- *Se recomienda monitorear el desempeño de la mezcla asfáltica de 19mm en la cual se identificaron incumplimientos en el parámetro de VFA según los datos de la Supervisión del proyecto.*

Se añade la conclusión en relación con el nuevo Hallazgo 9

- *Los parámetros volumétricos y granulometría de las muestras de mezcla asfáltica de TMN de 12,5 mm tomadas por el laboratorio de verificación tienen una tendencia a encontrarse dentro de los límites establecidos en los diseños de mezcla aprobados.*

Se añade la conclusión en relación con el nuevo Hallazgo 10

- *Los resultados de la Supervisión y del LanammeUCR sobre los vacíos de los núcleos de la mezcla asfáltica colocada en el proyecto muestran una tendencia al cumplimiento según lo dispuesto en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto*

A partir de la introducción de la Figura 59 y separación del hallazgo 8 del informe preliminar, se modifica la numeración de las figuras y hallazgos restantes del informe.

Hallazgo 9. La mayoría de las muestras tomadas por el LanammeUCR no satisfacen los requerimientos establecidos para la resistencia a fatiga.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 114 de 116
----------------------------	---------------	-------------------

Se modifica la numeración del Hallazgo 9 del informe preliminar a Hallazgo 11

Dentro del análisis del descargo realizado por el Equipo Auditor se identifican 2 peticiones correspondientes al Hallazgo 9 del informe preliminar.

1. Se recomienda que el LanammeUCR aclare, que los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica producida tanto con tamaño nominal de 19.0 mm como con tamaño nominal de 12.7 mm no favorecen la susceptibilidad a la deformación plástica a partir de “la conclusión del hallazgo donde se indica que “en las mezclas de 19 mm y 12.5 mm se identifica un potencial riesgo en el desempeño a fatiga de la capa asfáltica colocada en el proyecto en los lotes de producción muestreados.
2. Se recomienda solicitar que se indique que los resultados de autocontrol no reflejan el potencial riesgo de desempeño a fatiga de la capa asfáltica que solamente algunos de los resultados del LanammeUCR evidencian.

Sobre el primer aspecto se debe mencionar que el mismo no es de recibo por este Equipo Auditor ya que el análisis de los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica no son los únicos parámetros que pueden incidir en el cumplimiento del parámetro de fatiga según las especificaciones del proyecto. Anteriormente en el informe LM-AT-044-2019 (LanammeUCR, 2020), se había profundizado en diversos factores que pueden incidir en el cumplimiento del parámetro de fatiga tales como la tasa de dosificación utilizada en el diseño de mezcla, el correcto procedimiento de modificación e incorporación del polímero al cemento asfáltico durante su producción, contenidos de asfalto cercanos a 6%, módulo de rigidez de la mezcla asfáltica. No obstante, en la respuesta que brinda UNOPS en la nota No. 96800-210611-ER-166 no se muestra ninguna evidencia relacionada con estos aspectos.

Adicionalmente se debe indicar que el Hallazgo 9 del informe preliminar hace referencia al mecanismo de falla por fatiga por lo que no se entiende porque en el descargo de este hallazgo se hace referencia al mecanismo de falla por deformación plástica.

En lo que respecta al segundo apartado, se debe indicar que el contenido del hallazgo indica de forma textual que:

“Por otra parte, la Unidad Ejecutora y UNOPS brindaron respuesta al oficio LM-IC-D-0124-2021 mediante las notas POE-10-2021-0294 del 17 de abril de 2021 y 6800/210415/ER/118 del 15 de abril de 2021, donde se adjuntan los resultados del ensayo de fatiga de mezclas asfáltica de 19,0 mm y 12,5 mm ejecutados por el Laboratorio de Autocontrol en el mes de enero de 2021. Los resultados presentados por el Autocontrol cumplen con los resultados establecidos en la tabla 418-16.”

Por lo que esta petición no es de recibo, ya que en el mismo hallazgo se señala lo indicado por UNOPS. Además, en el título del hallazgo se indica claramente que son las muestras del LanammeUCR las que no cumplen con el parámetro.

Un aspecto que llama la atención del Equipo Auditor es que UNOPS siga presentado las pruebas del Autocontrol de la empresa contratista para contrarrestar los resultados del LANAMMEUCR, esto debido a que no desarrolló las pruebas de calidad de este parámetro durante el periodo de ejecución del proyecto que corresponde a una recomendación del informe LM-AT-044-2019.

Informe LM-EIC-D-0001-2021	agosto , 2021	Página 115 de 116
----------------------------	---------------	-------------------

En relación con los resultados de fatiga presentados por el Autocontrol como parte del descargo al informe, no se tiene claro si se completó el acondicionamiento de los especímenes de 5 días a 85°C para la realización del ensayo, ya que los informes no lo indican.

Es imprescindible comprender que cualquier variación en la ejecución del protocolo de ensayo propuesto en el CR-2010 generaría "resultados aparentes" los cuales no pueden ser cotejados directamente con los establecidos y, por lo tanto, no se podría determinar si la mezcla asfáltica ensayada cumple o no con los requisitos de desempeño contractuales.

El Equipo Auditor rechaza el criterio emitido por UNOPS en el que señala que "Para efectos de los registros en manos de la UE, no se tiene evidencia alguna que justifique el riesgo que apunta LanammeUCR. Todo lo contrario, se ha comprobado la idoneidad de la mezcla asfáltica para resistir el agrietamiento por fatiga", ya que las pruebas en los lotes evaluados por el LanammeUCR evidencian condición de incumplimiento, Además no se considera adecuado la forma en que UNOPS descarta los resultados del LanammeUCR y valida los resultados del Autocontrol.

Por otra parte, en cuanto a la desviación de los resultados del LanammeUCR en relación con el ensayo de fatiga AASHTO T 321-14, se debe mencionar que, en cuanto a los criterios de exactitud y precisión de este ensayo, los ensayos de fatiga realizados en el LanammeUCR han evidenciado tener una alta dispersión de los resultados (alta variabilidad). Sin embargo, este comportamiento tiene correspondencia con ensayos realizados internacionalmente y continúa siendo uno de los ensayos más utilizados para medir fatiga. Además, las desviaciones de los ensayos fueron consideradas en la elaboración de la especificación del CR-2010. Incluso se debe mencionar que la actualización del CR-2010 contempla valores de especificación más rigurosos a los contemplados en esta especificación.

Por último, en relación con el criterio emitido por UNOPS donde concluye que se debe revisar el procedimiento de ensayo por parte de LanammeUCR para buscar una casuística de la obtención de resultados con desviación estándar tan alta, que hacen del ensayo inservible en la actualidad. Se hace la aclaración que el LanammeUCR desarrolló cada uno de los ensayos de fatiga en este proyecto bajo el estricto apego a lo establecido en la norma AASHTO T 321-14, por lo que de ninguna manera se considera de recibo el comentario emitido por UNOPS. Ahora bien, UNOPS considera que el ensayo de fatiga AASHTO T 321-14 es inservible en la actualidad, pero fueron ellos mismos los encargados de aprobar y gestionar las especificaciones del proyecto, por lo que existe una contradicción en lo señalado. Se recuerda que UNOPS dentro de sus potestades como gestor del proyecto establece las prescripciones técnicas del proyecto, por lo que si técnicamente consideraba que el ensayo fatiga AASHTO T 321-14 no aportaba nada a la verificación del mecanismo de falla por fatiga, pudo haber gestionado la realización de otro ensayo para el control de calidad del material que según su criterio fuera representativo y que le permitiera tener un control de calidad por parte de la Supervisión del proyecto ,aspecto que no fue evidenciado durante la gestión del proyecto, por lo tanto el comentario realizado no es de recibo.