



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe de Auditoría Técnica EIC-LANAMME-INF-008-2021

Segundo Informe de Auditoría Técnica del Avance del Proyecto: Diseño y Construcción del Corredor Vial “Circunvalación Norte”, Ruta Nacional N°39, Sección Uruca (Ruta Nacional N°108) – Calle Blancos (Ruta Nacional N°109).



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
Mayo, 2022





1. Informe Informe de Auditoría Técnica: EIC-LANAMME-INF-008-2021	2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Segundo Informe de Auditoría Técnica del Avance del Proyecto: Diseño y Construcción del Corredor Vial "Circunvalación Norte", Ruta Nacional N°39, Sección Uruca (Ruta Nacional N°108) – Calle Blancos (Ruta Nacional N°109).	4. Fecha del Informe Mayo, 2022
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440	
6. Notas complementarias --**--	
7. Resumen <p>Este informe de auditoría técnica incluye un seguimiento de los hallazgos contenidos en el informe LM-INF-IC-D-005-2020 emitido en julio del 2020, donde se ha observado la implementación de acciones de mejora y de prevención en aspectos constructivos y se identifican condiciones que pueden mejorar como lo son la implementación de prácticas de colocación y curado de concreto, protección de acero de elementos reforzados y control de erosión de taludes.</p> <p>Por otra parte, se ha evidenciado la afectación del pavimento construido en la Unidad Funcional 2B, como consecuencia del almacenamiento de elementos prefabricados sobre este, en la que la Administración ha implementado acciones de verificación de la afectación y se han implementado medidas correctivas importantes para la restitución de la capacidad estructural y la regularidad superficial antes de la colocación de la capa final de ruedo.</p> <p>Se identificó el incumplimiento del material especificado originalmente en los planos constructivos para construir algunas cunetas del proyecto, siendo el material utilizado, de menor resistencia a la compresión. Además, se detectaron incumplimientos en la conformación de apoyo y espesores utilizados en algunas cunetas, siendo aspectos que pueden haber propiciado algunos deterioros evidenciados en estos elementos ya construidos.</p> <p>Por otra parte, dentro de la información aportada a esta Auditoría Técnica, no se encontró información requerida por los documentos contractuales al Contratista, donde se muestren los procedimientos de cálculo que justifiquen técnicamente las características de todos los componentes del sistema de drenaje menor del viaducto. Por otra parte, no se encontró el detalle constructivo final aplicado para las entradas de los sumideros, siendo que algunas entradas han sido construidas con diferencias en geometría y con variaciones en la ubicación de los tubos, y algunas con rejilla por lo que no queda clara la garantía de la captación eficiente de aguas pluviales del viaducto. Otro aspecto importante de mencionar, es el hecho de que no ha sido posible verificar con la información aportada a esta Auditoría Técnica, los resultados de las áreas tributarias y caudales aportados durante la tormenta de diseño a los sumideros (intermedios y externos) en las diferentes pilas del viaducto, debido a la falta de memorias de cálculo por parte del Contratista. En relación con esto, no es posible asegurar que no se vayan a presentar encharcamientos en espaldón y carriles del viaducto en algunos puntos, debido a que, no se encuentra evidencia que se haya estimado la capacidad de captación de los sumideros, la profundidad del agua a la entrada de los sumideros ni el ancho encharcado para la tormenta de diseño en las cercanías de los sumideros, ni en los tramos entre sumideros, lo que podría incidir, con un evento de alta intensidad de lluvia, en interrupción o desaceleración del tráfico, hidroplaneo de vehículos, limitación de visibilidad por salpicadura de agua o por dificultades en la maniobrabilidad del vehículo, por lo que es importante realizar los cálculos de acuerdo a la tormenta de diseño considerada, con el fin de demostrar que se cumple con la evacuación de agua efectivamente.</p> <p>Las mezclas asfálticas modificadas utilizadas en el proyecto, de 12,5mm y de 19 mm, muestran curvas granulométricas con una tendencia densa con variabilidad en las mallas N°16, N°8 y N°30. En tanto que para el porcentaje de asfalto, se advierten valores ubicados en el ámbito seco en ambos tipos de mezcla, así como algunos incumplimientos en la mezcla de 19 mm; este comportamiento afecta el contenido de vacíos en las mezclas, con tendencias a valores altos en el tiempo para la mezcla de TMN 12mm y bajos en su mayoría para la de TMN de 19mm. El parámetro VMA determina incumplimientos en ambas mezclas, así como variación en el tiempo de los Gbs de los materiales pétreos evidenciando poblaciones diferentes de agregados. Se obtienen incumplimientos en el parámetro VFA, para ambas mezclas, con algunas tendencias a valores altos por encima del límite superior de la especificación. Los resultados de la relación polvo/asfalto, revelan cumplimiento para las mezclas asfálticas de TMN 12,5mm y TMN 19mm. Se determina que las mezclas asfálticas de ambos tamaños, podrían ser susceptibles al agrietamiento por fatiga, no así para la deformación permanente.</p>	



8. Valoración de los resultados

Resultado	Prioridad de atención
Hallazgo 1: Se evidencia que se han implementado acciones de mejora con relación a algunos aspectos en el desarrollo del proyecto, así como otros que se encuentran pendientes de atender de acuerdo con el seguimiento realizado a los hallazgos del informe LM-INF-IC-D-005-2020.	
Hallazgo 2: Se encontró que el material utilizado para la construcción de algunas cunetas no es el especificado originalmente en planos aprobados ni obedece a especificaciones técnicas vigentes.	
Hallazgo 3: En la documentación aportada a esta Auditoría, no fue posible verificar que todos los elementos del sistema de drenaje del viaducto poseen suficiente capacidad hidráulica para remover la escorrentía de la rasante sin causar encharcamiento o inundación de los carriles de tránsito.	
Observación No.1: Se evidenciaron algunas imprecisiones en la metodología de cálculo de los caudales aportados a los sumideros de algunas pilas del viaducto	
Observación No.2: No existe evidencia que se haya revisado la capacidad hidráulica de captación (o intercepción) de la entrada de los sumideros del viaducto ni se estimó el ancho encharcado en la zona del espaldón del viaducto para la tormenta de diseño, tanto en la cercanía de los sumideros como en los tramos entre sumideros.	
Hallazgo 4: La mayoría de los resultados granulométricos de las mezclas asfálticas modificadas analizadas de tamaño 12,5 mm y 19 mm cumplen los requisitos establecidos en el cartel de licitación.	
Hallazgo 5: El contenido de asfalto cumple para la mezcla asfáltica de TMN de 12,5mm y se tienen algunos incumplimientos en la mezcla de TMN de 19mm, ya que algunos valores están fuera del óptimo $\pm 0,5\%$. La mayoría de la mezcla asfáltica producida presenta incumplimientos en algunos de los parámetros volumétricos Superpave para aceptación o pago tales como: contenido de vacíos, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA) y en la relación polvo/asfalto establecidos en la normativa contractual.	
Hallazgo 6: Se determina que pocas de las mezclas asfálticas analizadas cumplen con el requisito que se solicita para la resistencia a la fatiga utilizado como referencia en el análisis y establecido en las especificaciones generales del CR 2010 para mezclas asfálticas de alto desempeño.	
Hallazgo 7: Las mezclas asfálticas modificadas cumplen con el requerimiento en las especificaciones generales del CR 2010 para la resistencia a la deformación permanente.	Hallazgo Positivo

En el Anexo 3 se describe el proceso realizado por el Equipo Auditor para desarrollar esta valoración

9. Palabras clave

Concreto - Viaducto - Drenajes - Acero - Auditoría Técnica

10. Nivel de seguridad:

Ninguno

11. Núm. de páginas

131



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

EIC-LANAMME-INF-008-2021: Segundo Informe de Auditoría Técnica del Avance del Proyecto: Diseño y Construcción del Corredor Vial “Circunvalación Norte”, Ruta Nacional N°39, Sección Uruca (Ruta Nacional N°108) – Calle Blancos (Ruta Nacional N°109). Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000008-0DE00.

Departamento encargado del proyecto: Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura, CONAVI

Supervisora del proyecto: Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS).

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

Empresa contratista: Consorcio Estrella – H. Solís.

Laboratorio de control de calidad: Laboratorio OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A.(a partir de mayo 2021)
Laboratorio LGC Ingeniería de Pavimentos S.A. (hasta abril 2021)

Monto original del contrato: ₡2.910.000.000,00 y \$141.139.827,56

Monto actual del contrato: ₡3.735.000.000,00 y \$217.525.903,43

Plazo original de ejecución: Diseño 6 meses y Construcción 18 meses (no considera el plazo de construcción de UF5)

Plazo de construcción original otorgado por unidad funcional:

- Unidad Funcional 1: 420dc
- Unidad Funcional 2A: 480dc
- Unidad Funcional 2B: 420dc
- Unidad Funcional 3: 540dc
- Unidad Funcional 4: 540dc
- Unidad Funcional 5: 540dc

Proyecto: Diseño y Construcción del corredor Vial “Circunvalación Norte”, Ruta Nacional N°39, Sección Uruca (Ruta Nacional N°108) – Calle Blancos (Ruta Nacional N°109) Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000008-0DE00

Director General LanammeUCR:

Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:

Ing. Mauricio Salas Chaves, Auditor Técnico Líder.
Ing. Mauricio Picado Muñoz, Auditor Técnico Adjunto.
Ing. Víctor Cervantes Calvo, Auditor Técnico Adjunto.

Asesora Legal:

Lic. Nidia Segura Jiménez

Alcance del informe:

El alcance del presente informe se orienta en informar a la Administración sobre aspectos relevantes del proyecto relativos a la calidad, aspectos constructivos y de gestión, en los que se han identificado oportunidades de mejora de acuerdo con el criterio del Equipo Auditor por medio de visitas técnicas, ensayos de calidad y revisión de documentación. Este informe recopila aspectos que han sido informados a la Administración mediante notas informe desde un punto de vista técnico, independiente y objetivo con el fin de que sean valorados por la Administración y se conviertan en insumos para la mejora continua en el desarrollo del proyecto. Este informe considera el periodo constructivo del segundo semestre del año 2020 y el año 2021. Sin embargo, se realiza un análisis de la información de verificación de calidad de la mezcla asfáltica producida desde el año 2018 hasta junio del 2021. Además, se realiza un seguimiento de las acciones implementadas de acuerdo con los hallazgos del primer informe LM-INF-IC-D-005-2020 emitido julio de 2020.



TABLA DE CONTENIDOS

1. FUNDAMENTACIÓN	11
2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....	11
3. OBJETIVOS DEL INFORME	11
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4. ALCANCE DEL INFORME	12
5. ANTECEDENTES	12
6. METODOLOGÍA	15
7. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA.....	15
8. INFORMACIÓN DEL PROYECTO	17
9. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR	18
10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	19
10.1. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	19
<i>Sobre seguimiento de hallazgos de informe de Auditoría LM-INF-IC-D-005-2020</i>	<i>19</i>
HALLAZGO 1: SE EVIDENCIA QUE SE HAN IMPLEMENTADO ACCIONES DE MEJORA CON RELACIÓN A ALGUNOS ASPECTOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO, ASI COMO OTROS QUE SE ENCUENTRAN PENDIENTES DE ATENDER DE ACUERDO CON EL SEGUIMIENTO REALIZADO A LOS HALLAZGOS DEL INFORME LM-INF-IC-D-005- 2020.....	19
<i>Sobre la construcción de cunetas</i>	<i>33</i>
HALLAZGO 2: SE ENCONTRÓ QUE EL MATERIAL UTILIZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALGUNAS CUNETAS NO ES EL ESPECIFICADO ORIGINALMENTE EN PLANOS APROBADOS NI OBEDECE A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIGENTES.	33
<i>Sobre el sistema de drenaje del viaducto</i>	<i>42</i>
HALLAZGO 3: EN LA DOCUMENTACIÓN APORTADA A ESTA AUDITORÍA, NO FUE POSIBLE VERIFICAR QUE TODOS LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL VIADUCTO POSEEN SUFICIENTE CAPACIDAD HIDRÁULICA PARA REMOVER LA ESCORRENTÍA DE LA RASANTE SIN CAUSAR ENCHARCAMIENTO O INUNDACIÓN DE LOS CARRILES DE TRÁNSITO.....	42
OBSERVACIÓN NO. 1: SE EVIDENCIARON ALGUNAS IMPRECISIONES EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LOS CAUDALES APORTADOS A LOS SUMIDEROS DE ALGUNAS PILAS DEL VIADUCTO.	50
OBSERVACIÓN NO. 2: NO EXISTE EVIDENCIA QUE SE HAYA REVISADO LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE CAPTACIÓN (O INTERCEPCIÓN) DE LA ENTRADA DE LOS SUMIDEROS DEL VIADUCTO NI SE ESTIMÓ EL ANCHO ENCHARCADO EN LA	



ZONA DEL ESPALDÓN DEL VIADUCTO PARA LA TORMENTA DE DISEÑO, TANTO EN LA CERCANÍA DE LOS SUMIDEROS COMO EN LOS TRAMOS ENTRE SUMIDEROS... 55

Sobre la calidad de la mezcla asfáltica modificada..... 59

HALLAZGO 4: LA MAYORÍA DE LOS RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS ANALIZADAS DE TAMAÑO 12,5 MM Y 19 MM CUMPLEN LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL CARTEL DE LICITACIÓN..... 60

HALLAZGO 5: EL CONTENIDO DE ASFALTO CUMPLE PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA DE TMN DE 12,5MM Y SE TIENEN ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LA MEZCLA DE TMN DE 19MM, YA QUE ALGUNOS VALORES ESTÁN FUERA DEL ÓPTIMO $\pm 0,5\%$. LA MAYORÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA PRESENTA INCUMPLIMIENTOS EN ALGUNOS DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS SUPERPAVE PARA ACEPTACIÓN O PAGO TALES COMO: CONTENIDO DE VACÍOS, VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA), VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA) Y EN LA RELACIÓN POLVO/ASFALTO ESTABLECIDOS EN LA NORMATIVA CONTRACTUAL. 70

Ensayos de fatiga de la mezcla asfáltica 89

HALLAZGO 6: SE DETERMINA QUE POCAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS ANALIZADAS CUMPLEN CON EL REQUISITO QUE SE SOLICITA PARA LA RESISTENCIA A LA FATIGA UTILIZADO COMO REFERENCIA EN EL ANÁLISIS Y ESTABLECIDO EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL CR 2010 PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS DE ALTO DESEMPEÑO..... 90

Ensayos de deformación permanente de la mezcla asfáltica..... 93

HALLAZGO 7: LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CUMPLEN CON EL REQUERIMIENTO EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL CR 2010 PARA LA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PERMANENTE..... 94

11. CONCLUSIONES.....	96
12. RECOMENDACIONES.....	100
13. REFERENCIAS	103
14. ANEXOS.....	104



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL CORREDOR DEL PROYECTO. FUENTE: UNIDAD EJECUTORA CONAVI-BCIE Y PROGRAMA DE REGULACIÓN DE CATASTRO Y REGISTRO. CARTEL DE LICITACIÓN.....	17
FIGURA 2. CONDICIÓN DE AGRIETAMIENTO DE LOSA 1 (LADO DEL BASTIÓN OESTE) EN EL PUENTE SOBRE QUEBRADA RIVERA. UF 2A. FECHA: 20 DE AGOSTO DE 2021. FUENTE: NOTA INFORME LM-IC-D-728-2021, LANAMMEUCR.	21
FIGURA 3. AGRIETAMIENTOS EN CONCRETO DE JUNTAS O UNIONES DE LOSAS PREFABRICADAS. TABLERO 1. VIADUCTO EN LA UNIDAD FUNCIONAL 3. FECHA: 30 DE OCTUBRE DE 2020. FUENTE: NOTA INFORME LM-IC-D-983-2020, LANAMMEUCR.	22
FIGURA 4. ACERO EXPUESTO EN BASTIÓN NORTE, UNIDAD FUNCIONAL 1. SE NOTA QUE SE PROTEGIÓ EL ACERO DE LOS APOYOS PERO SE HA IDO DETERIORANDO LA PROTECCIÓN CON PLÁSTICO DEJANDO DE NUEVO EXPUESTO PARTE DEL ACERO. FECHA: 16 DE JULIO DE 2021. FUENTE: LM-EIC-D-646-2021, LANAMMEUCR.	24
FIGURA 5. ACERO EXPUESTO EN BASTIÓN SUR, UNIDAD FUNCIONAL 1. SE NOTA QUE SE PROTEGIÓ EL ACERO DE LOS APOYOS PERO SE HA IDO DETERIORANDO LA PROTECCIÓN DEJANDO NUEVAMENTE EXPUESTO PARTE DEL ACERO FECHA: 16 DE JULIO DE 2021. FUENTE: FUENTE: LM-EIC-D-646-2021, LANAMMEUCR.	24
FIGURA 6. SE NOTA QUE SE PROTEGIÓ EL ACERO DE LOS APOYOS PERO LA COBERTURA CON PLÁSTICO SE HA IDO DETERIORANDO LA PROTECCIÓN DEJANDO NUEVAMENTE EXPUESTO PARTE DEL ACERO EN PILA 49, UNIDAD FUNCIONAL 4. FECHA: 15 DE JUNIO Y 24 DE SETIEMBRE DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR. ...	25
FIGURA 7. ACERO EXPUESTO EN LA JUNTA DE EXPANSIÓN OESTE DEL PUENTE SOBRE RADIAL HEREDIA. UNIDAD FUNCIONAL 2B. FECHA: 25 DE ABRIL DE 2019 Y 16 DE JULIO DE 2021, RESPECTIVAMENTE. FUENTE: LANAMMEUCR.	25
FIGURA 8. JUNTA DE EXPANSIÓN OESTE DEL PUENTE SOBRE RADIAL HEREDIA RECIÉN COLADA, EN PROCESO DE CURA. UNIDAD FUNCIONAL 2B. FECHA: 3 DE SETIEMBRE DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.....	26
FIGURA 9. ACTIVIDAD DE LIMPIEZA DE ACERO DE LOS APOYOS DEL BASTIÓN SUR. UNIDAD FUNCIONAL 1. FECHA: 4 DE NOVIEMBRE DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.....	27
FIGURA 10. PROTECCIÓN DE ACERO DE APOYOS DE PILA 49. UNIDAD FUNCIONAL 4. FECHA: 3 DE FEBRERO DE 2022. FUENTE: LANAMMEUCR	27
FIGURA 11. DETERIOROS EN CAPA ASFÁLTICA COLOCADA DE LA UNIDAD FUNCIONAL 2B. FECHA: 4 DE AGOSTO DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.....	28
FIGURA 12. BACHEOS REALIZADOS EN ZONAS AFECTADAS POR EL ALMACENAMIENTO DE VIGAS. UNIDAD FUNCIONAL 2B. ESTACIONAMIENTO 1+510 A 1+550. FECHA: 22 DE SETIEMBRE DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.	30
FIGURA 13. BACHEOS REALIZADOS EN ZONAS AFECTADAS POR EL ALMACENAMIENTO DE VIGAS. SE NOTA QUE YA SE COLOCÓ PARTE DE LA CAPA FINAL DE RUEDO EN CARRILES INTERNO E INTERMEDIO. UNIDAD FUNCIONAL 2B. ESTACIONAMIENTO 1+550 A 1+650. FECHA: 8 DE OCTUBRE DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.	30
FIGURA 14. SE REVISITÓ EL TALUD AFECTADO EN LA RADIAL HEREDIA, LADO ESTE EN UNIDAD FUNCIONAL 2B. SE NOTA ALGUNA AFECTACIÓN EN ZONA CONTIGUA NO REVESTIDA. FECHA: 15 DE ABRIL DE 2020 Y 16 DE DICIEMBRE DE 2021 RESPECTIVAMENTE. FUENTE: LANAMMEUCR.	31
FIGURA 15. ZONA MEDIANAMENTE AFECTADA POR EROSIÓN POR FALTA DE DESARROLLO DE VEGETACIÓN EN LA RADIAL HEREDIA, LADO ESTE EN UNIDAD FUNCIONAL 2B. FECHA: 16 DE DICIEMBRE DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.	32
FIGURA 16. ZONA MEDIANAMENTE AFECTADA POR EROSIÓN POR FALTA DE DESARROLLO DE VEGETACIÓN EN LA RADIAL HEREDIA, LADO OESTE EN UNIDAD FUNCIONAL 2B SE NOTA LA CAIDA DE MATERIAL A LA CUNETAS. FECHA: 16 DE DICIEMBRE DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.	32
FIGURA 17. CONSTRUCCIÓN DE CUNETAS CON TOBA CEMENTO. COSTADO SUR DE PILAS 18 Y 19. FECHA: 26 DE ENERO DE 2021. FUENTE: NOTA INFORME LM-IC-D-0127-2021, LANAMMEUCR	34
FIGURA 18. CUNETAS CONSTRUIDAS EN COSTADO NORTE DEL VIADUCTO ENTRE PILAS 8 Y 20 DE UF3. FECHA: 26 DE ENERO DE 2021. FUENTE: NOTA INFORME LM-IC-D-0127-2021, LANAMMEUCR	34



FIGURA 19. CUNETAS EN CONSTRUCCIÓN DEBAJO DEL VIADUCTO ENTRE PILAS 1 Y 8 DE UF3. FECHA: 5 DE FEBRERO DE 2021. FUENTE: NOTA INFORME LM-IC-D-0127-2021, LANAMMEUCR.....	34
FIGURA 20. CUNETAS Y ACERA EN CONSTRUCCIÓN EN COSTADO SUR DE MARGINAL ENTRE PILAS 34 Y 38 DE UF3. FECHA: 10 DE FEBRERO DE 2021. NOTA INFORME LM-IC-D-0127-2021, LANAMMEUCR	34
FIGURA 21. DETALLES DE PLANOS SOBRE SECCIÓN DE VIADUCTO DOBLE (VERSIÓN 8 DE PLANOS DE DRENAJE DE UF3. FUENTE: PLANOS ADJUNTADOS A ESTA AUDITORÍA TÉCNICA.....	35
FIGURA 22. MEDICIÓN DE 12 CM DE ESPESOR EN EL FONDO DE LA CUNETA CONSTRUIDA. CERCA DE PILA 2 DE UF3. FECHA: 10 DE FEBRERO DE 2021. FUENTE: NOTA INFORME LM-IC-D-0127-2021, LANAMMEUCR	36
FIGURA 23. APOYO DE CUNETAS CON MATERIAL SUELTO. CERCA DE PILA 2 DE UF3. FECHA: 10 DE FEBRERO DE 2021. FUENTE: NOTA INFORME LM-IC-D-0127-2021, LANAMMEUCR.....	37
FIGURA 24. AGRIETAMIENTOS Y QUEBRADURAS DE BORDE EN CUNETAS CONSTRUIDAS AL COSTADO SUR DEL VIADUCTO ENTRE PILAS 8 Y 20, UF 3. FECHA: 20 DE AGOSTO DE 2021. FUENTE: NOTA INFORME LM-IC-D-0728-2021, LANAMMEUCR.	40
FIGURA 25. ASENTAMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS EN CUNETAS CONSTRUIDAS AL COSTADO SUR DEL VIADUCTO ENTRE PILAS 8 Y 20, UF 3. FECHA: 20 DE AGOSTO DE 2021. FUENTE: NOTA INFORME LM-IC-D-0728-2021, LANAMMEUCR.	41
FIGURA 26. UBICACIÓN DE LOS SUMIDEROS SEGÚN LOS PLANOS DEL PROYECTO EN LA SECCIÓN TÍPICA DE VIADUCTO DOBLE.	43
FIGURA 27. SUMIDEROS CON PARTE DE LA CIRCUNFERENCIA BLOQUEADA POR LA BARRERA, EN PILA 22. FECHA: 16 DE AGOSTO DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.....	47
FIGURA 28. SUMIDEROS CON PARTE DE LA CIRCUNFERENCIA BLOQUEADA POR LA BARRERA, EN PILA 28. FECHA: 16 DE AGOSTO DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.....	47
FIGURA 29. SUMIDEROS CON TODA LA CIRCUNFERENCIA DISPONIBLE PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS. PILA 30. FECHA: 16 DE AGOSTO DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.....	48
FIGURA 30. SUMIDERO CON REJILLA EN EL TRAMO DEL RELLENO DE APROXIMACIÓN AL VIADUCTO. FECHA: 27 DE ENERO DE 2022. FUENTE: LANAMMEUCR.....	48
FIGURA 31. DETALLE DE SUMIDEROS PROPUESTO EN EL INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE LA UNIDAD FUNCIONAL III.....	49
FIGURA 32. VISTA EN PLANTA DE LA SUPERFICIE DE LA RASANTE DE ACUERDO CON LOS PLANOS DISPONIBLES, INDICANDO ESQUEMÁTICAMENTE LAS ÁREAS TRIBUTARIAS ENTRE LAS PILAS 22 Y 35.....	52
FIGURA 33. ESQUEMA DE LAS ÁREAS TRIBUTARIAS DE LOS SUMIDEROS DE LA PILA 31 SI NO SE CONSTRUYEN CANALES EN LA MEDIANERA	54
FIGURA 34. ESQUEMA DEL ANCHO ENCHARCADO A LOS COSTADOS DE LA VÍA.	57
FIGURA 35. ÁREA ENCHARCADA EN EL ESPALDÓN ENTRE LAS PILAS 34 Y 35. FECHA: 8 DE SETIEMBRE DE 2021.	59
FIGURA 36. RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS DE 12,5MM ENSAYADAS Y ANALIZADAS POR LANAMMEUCR. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA	61
FIGURA 37. EJEMPLO DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA.....	62
FIGURA 38. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS DE TMN DE 12,5 MM ENSAYADAS Y ANALIZADAS POR LANAMMEUCR. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA.....	62
FIGURA 39. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS DE 2 MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA DE 12,5MM ENSAYADAS Y ANALIZADAS POR LANAMMEUCR. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA.....	63
FIGURA 40. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE 12,5MM ANALIZADAS DE LOS DATOS DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA...	65
FIGURA 41. RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS ENSAYADAS Y ANALIZADAS POR LANAMMEUCR. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA	66
FIGURA 42. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS DE TMN DE 19 MM DE DATOS OBTENIDOS POR LANAMMEUCR.....	67



FIGURA 43. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS DE 19MM DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD. FUENTE: AUDITORÍA TÉCNICA	69
FIGURA 44. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA DE TMN DE 12,5 MM ENSAYADAS Y ANALIZADAS POR LANAMMEUCR. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA	70
FIGURA 45. RESULTADOS DE CONTENIDO DE ASFALTO PARA MUESTRAS DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA DE TMN DE 19 MM ENSAYADAS Y ANALIZADAS POR LANAMMEUCR. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA	71
FIGURA 46 PORCENTAJES CONTENIDO DE ASFALTO Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA MEZCLA ASFÁLTICA DE TMN DE 12,5 MM, CON RESULTADOS DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA	72
FIGURA 47 PORCENTAJES CONTENIDO DE ASFALTO Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA MEZCLA ASFÁLTICA DE 19 MM, CON RESULTADOS DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD.	73
FIGURA 48. CONTENIDO DE VACÍOS Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS DE TMN DE 12,5MM ENSAYADAS POR LANAMMEUCR. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA.....	74
FIGURA 49. CONTENIDO DE VACÍOS Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM ENSAYADAS POR LANAMMEUCR. ELABORADO POR: AUDITORÍA TÉCNICA	75
FIGURA 50. CONTENIDO DE VACÍOS Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5MM TOMADAS POR VERIFICACIÓN DE CALIDAD.....	76
FIGURA 51. CONTENIDO DE VACÍOS Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19 MM TOMADAS POR VERIFICACIÓN DE CALIDAD	77
FIGURA 52. PARÁMETRO VMA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5MM ENSAYADAS POR LANAMMEUCR.	78
FIGURA 53. PARÁMETRO VMA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM ENSAYADAS POR LANAMMEUCR.	79
FIGURA 54. VMA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5 MM DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD.	80
FIGURA 55 VMA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD.....	81
FIGURA 56. PARÁMETRO VFA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5MM ENSAYADAS POR LANAMMEUCR.	82
FIGURA 57. PARÁMETRO VFA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM ENSAYADAS POR LANAMMEUCR.	83
FIGURA 58. PARÁMETRO VFA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5MM PARA RESULTADOS DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD.....	84
FIGURA 59. PARÁMETRO VFA Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19 MM PARA LOS RESULTADOS DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD.	85
FIGURA 60. RELACIÓN POLVO/ASFALTO Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5MM ENSAYADAS POR LANAMMEUCR.....	86
FIGURA 61. RELACIÓN POLVO/ASFALTO Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM, ENSAYADAS POR LANAMMEUCR.	87
FIGURA 62 RELACIÓN POLVO/ASFALTO Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 12,5 MM DE RESULTADOS DE VERIFICACIÓN.....	88
FIGURA 63 RELACIÓN POLVO/ASFALTO Y PORCENTAJE FUERA DE ESPECIFICACIÓN PARA LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE TMN DE 19MM DE RESULTADOS DE VERIFICACIÓN.	89
FIGURA 64. ÁREA DE LA FIGURA GEOMÉTRICA FORMADA POR LA ESPECIFICACIÓN DE FATIGA.	90
FIGURA 65. RESULTADOS DEL ENSAYO DE FATIGA PARA LA MEZCLA DE 12,5 MM.	91
FIGURA 66. RESULTADOS DEL ENSAYO DE FATIGA PARA LA MEZCLA DE 19 MM.	93
FIGURA 67. RESULTADOS DEL ENSAYO DE DEFORMACIÓN PERMANENTE PARA LA MEZCLA DE 12,5 MM.....	94
FIGURA 68. RESULTADOS DEL ENSAYO DE DEFORMACIÓN PERMANENTE PARA LA MEZCLA DE 19 MM.....	95



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. NOTAS INFORME REMITIDAS A LA ADMINISTRACIÓN.	12
TABLA 2. OFICIOS DE ENVÍO DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE LANAMMEUCR.....	14
TABLA 3. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PARA CADA UNA DE LAS MALLAS.	60
TABLA 4. DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD Y CUMPLIMIENTO DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS	63
TABLA 5. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PARA CADA UNA DE LAS MALLAS.	64
TABLA 6. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PARA CADA UNA DE LAS MALLAS.	66
TABLA 7. DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD Y CUMPLIMIENTO DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS	68
TABLA 8. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO PARA CADA UNA DE LAS MALLAS.	68
TABLA 9. CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA ASFÁLTICA.....	69
TABLA 10. ESPECIFICACIÓN DE PARÁMETROS SEGÚN EL MÉTODO SUPERPAVE	73
TABLA 11. REQUISITOS DE REPETICIONES PARA FALLA POR FATIGA MEZCLA ASFÁLTICA.	89



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

EIC-LANAMME-INF-008-2021: Segundo Informe de Auditoría Técnica del Avance del Proyecto: Diseño y Construcción del Corredor Vial “Circunvalación Norte”, Ruta Nacional N°39, Sección Uruca (Ruta Nacional N°108) – Calle Blancos (Ruta Nacional N°109). Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000008-0DE00.

1. FUNDAMENTACIÓN

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

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

“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.”

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

3. OBJETIVOS DEL INFORME

3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este informe es verificar la calidad de las obras en ejecución en el proyecto e informar a la Administración sobre oportunidades de mejora recopiladas a través de visitas, informes de ensayos de materiales y revisión de documentación del proyecto, y que de forma oportuna fueron consideradas en notas informe emitidas a la Ingeniería de Proyecto, tal como se detalla en la Tabla 1.



3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dar seguimiento a los hallazgos contenidos en el informe LM-INF-IC-D-005-2020.
- Verificar la condición existente del proyecto y su avance.
- Verificar la calidad de las obras ejecutadas.
- Verificar el desempeño y condiciones de las obras construidas.
- Identificar aspectos de mejora en el proyecto que sirvan de experiencias para implementación en este y futuros proyectos de obra de infraestructura vial.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del presente informe se orienta en informar a la Administración sobre aspectos relevantes del proyecto relativos a la calidad, aspectos constructivos y de gestión, en los que se han identificado oportunidades de mejora de acuerdo con el criterio del Equipo Auditor por medio de visitas técnicas, ensayos de calidad y revisión de documentación. Este informe recopila aspectos que han sido informados a la Administración por medio de notas informe desde el punto de vista técnico, independiente y objetivo con el fin de que sean valorados por la Administración y se conviertan en insumos para la mejora continua en el desarrollo del proyecto. Se considera el periodo constructivo del segundo semestre del año 2020 y el año 2021. Sin embargo, se realiza un análisis de la información de verificación de calidad de la mezcla asfáltica producida desde el año 2018 hasta junio de 2021. Además, se realiza un seguimiento de las acciones implementadas de acuerdo con los hallazgos del primer informe emitido LM-INF-IC-D-005-2020 emitido julio de 2020.

5. ANTECEDENTES

El presente informe tiene como antecedente la emisión del informe de Auditoría Técnica LM-INF-IC-D-005-2020 y el envío de las notas informe detalladas en la Tabla 1 donde se informa a la Administración sobre aspectos que -a criterio del Equipo Auditor- se consideran relevantes, con el fin de que se tomen las medidas correctivas o preventivas que la Administración considere convenientes para mejoras en el proyecto. De acuerdo con esto, se ha obtenido respuesta de la Administración de diferentes aspectos informados, con el fin de conocer las acciones que se van implementando de acuerdo a cada uno, o que se mantienen pendientes de acciones de solución ante diferentes condiciones.

Tabla 1. Notas informe remitidas a la Administración.

Nota Informe	Fecha	Asunto	Respuesta
LM-IC-D-81-2018	30 de mayo 2018	Recomendaciones de muestreo para concreto autocompactante.	Respuesta verbal
LM-IC-D-336-19	13 de mayo 2019	Condición de UF2B con almacenamiento de elementos prefabricados y daños observados en algunas vigas	Oficio POE-08-2019-0358



LM-IC-D-337-19	16 de mayo 2019	Observaciones sobre la condición de la UF2B sobre acero expuesto en elementos estructurales y erosión de taludes.	Oficio POE-08-2019-0355
LM-IC-D-839-19	07 de octubre 2019	Condición de agrietamiento en algunas losas del viaducto, existencia de uniones inconclusas y condiciones de colado.	Oficio POE-08-2020-0409
LM-IC-D-102-20	4 de febrero 2020	Condición de acero expuesto de elementos estructurales en UF2B y 2A	Oficio POE-08-2021-0557
LM-IC-D-330-20	17 de abril 2020	Sobre el diseño de mezcla asfáltica	Oficio POE-08-2021-0557
LM-IC-D-368-20	4 de mayo 2020	Condiciones de agrietamiento en tableros del viaducto.	Oficio POE-08-2020-0409 Oficio POE-08-2021-0557
LM-IC-D-798-20	17 setiembre 2020	Colocación capa de ruedo en viaducto	Oficio POE-08-2021-0557
LM-IC-D-983-2020	10 noviembre 2020	Seguimiento de condición de capa de ruedo del viaducto (filtración de agua, agrietamientos en capa y en juntas de losas prefabricadas)	Oficio POE-08-2021-0557
LM-IC-D-1072-2020	4 diciembre 2020	Aspectos de las bases estabilizada y cemento utilizado	Oficio POE-08-2021-0557
LM-IC-D-127-2021	17 febrero 2021	Tobacemento utilizada en cunetas, colocación de capas asfálticas, condición placas de apoyo de vigas, elementos de bordillo con hormigueros, acero expuesto en elementos, mortero de nivelación de juntas de expansión, encamisados de vigas de rampas UF4, juntas de continuidad, seguimiento de agua filtrada en la MAC.	Oficio POE-08-2021-0557
LM-IC-D-212-2021	8 marzo 2021	Deformaciones en Muro 1 UF3 y deterioros muro en UF1, taludes erosionados,	Oficio POE-08-2021-0565
LM-EIC-D-355-2021	28 de abril 2021	Revisión de memorias de cálculo de drenajes, condición de drenajes y condición filtraciones de viaducto.	Oficio POE-08-2021-0565 Oficio POE-08-2021-0599
LM-EIC-D-422-2021	19 mayo 2021	Resultados de núcleos de viaducto y filtración de agua en MAC y tablero de concreto	Oficio POE-08-2021-0557
LM-EIC-D-477-2021	4 junio 2021	Condición de prelosas Puente Quebrada Rivera	Oficio POE-08-2021-0565
LM-EIC-D-531-2021	22 junio 2021	Revisión sobre prueba de carga	Oficio POE-08-2021-0565
LM-EIC-D-557-2021	28 junio 2021	Envío de resultados de mezcla asfáltica de 12,5mm y 19mm. Condición de cuneta bajo rampa sur.	Oficio POE-08-2021-0565 Oficio POE-08-2021-0599



		Solicitud de información pendiente	
LM-EIC-D-646-2021	30 julio 2021	Acumulación de agua en superficie de viaducto, condición del sello de juntas, agrietamiento de mortero de juntas de expansión, condición de drenaje, baberos, barreras acero, filtración agua en tableros, acero expuesto, erosión talud UF1 y drenajes hacia gaviones y puente.	Oficio POE-08-2021-0599
LM-EIC-D-728-2021	27 agosto 2021	Agrietamiento losa Q.Rivera, colocación toba con agua excesiva, deterioros de cunetas y revestimientos.	Oficio POE-08-2021-0632
LM-EIC-D-783-2021	15 setiembre 2021	Verticalidad de Muro e informe LM-EIC-PIG-I-23-2021	Oficio POE-08-2021-0724
EIC-Lanamme-889-2021	11 octubre 2021	Remisión Informe LM-PIE-42-2021 sobre aspectos estructurales	Oficio POE-08-2021-0830
EIC-Lanamme-967-2021	5 noviembre 2021	Remisión Informe EIC-Lanamme-INF-0138-2021 sobre mediciones de verticalidad de muros	Oficio POE-08-2021-0828
EIC-Lanamme-1079-2021	14 diciembre 2021	Aspectos observados en losas y bordillos en UF1 y UF2B	No hubo respuesta oficial

Por otra parte, la Unidad de Auditoría Técnica, a través del laboratorio del LanammeUCR ha solicitado una serie de ensayos a materiales utilizados en el proyecto con el fin de conocer si existen aspectos de calidad que deban ser informados a la Administración. Se han enviado a la Administración los resultados que a criterio del Equipo Auditor se consideran importantes para la toma de decisiones técnicas en el uso de algunos materiales.

Tabla 2. Oficios de envío de resultados de ensayos de laboratorio de LanammeUCR.

Nota Informe	Fecha	Asunto
LM-IC-D-272-2020	19 de marzo 2020	Informes I-0155-2020: Sobre resistencia a tensión de varilla. Dimensiones de varilla.
LM-IC-D-470-2020	11 de junio 2020	Informes I-0369-2020: Sobre resistencia a tensión de varilla. Dimensiones de varilla.
LM-IC-D-593-2020	20 de julio 2020	Informe I-0413-2020, I-416-2020, I-0500-2020 Sobre resistencia a tensión de varilla. Dimensiones de varilla. Informe I-0451-2020 I-0468-2020 I-0520-2020. Sobre parámetros volumétricos y desempeño de Mezcla Asfáltica modificada Informe I-0530-2020 sobre resistencia de Base Estabilizada.



LM-IC-D-1123-2020	18 de diciembre de 2020	Informes I-1012-2020 e I-1013-2020 sobre base estabilizada. Informes I-1018-2020 e I-1019-2020 sobre parámetros volumétricos de mezcla asfáltica modificada.
LM-IC-D-0083-2021	22 de enero de 2021	Informes I-0981-2020, I-0047-2021 e I-0050-2021 sobre parámetros volumétricos y desempeño de mezcla asfáltica modificada.
LM-IC-D-0185-2021	1 de marzo de 2021	Informes I-0137-2021 sobre base estabilizada. Informes I-0069-2021, I-0129-2021, I-0130-2021 e I-0160-2021 sobre parámetros volumétricos y desempeño de mezcla asfáltica modificada.
LM-EIC-D-0279-2021	13 de abril de 2021	Informes I-0268-2021 y I-0345-2021 sobre parámetros volumétricos y desempeño de mezcla asfáltica modificada.
LM-EIC-D-0606-2021	15 de julio de 2021	Informes I-0860-2021, I-861-2021, I-0863-2021 e I-0670-2021 sobre parámetros volumétricos de mezcla asfáltica modificada. Informe I-0573-2021 sobre Gbs de núcleos de mezcla asfáltica.
LM-EIC-D-0665-2021	6 de agosto de 2021	Informes I-0918-2021 sobre parámetros volumétricos de mezcla asfáltica modificada.
LM-EIC-D-0756-2021	10 de setiembre de 2021	Informes I-0938-2021 y I-1056-2021 sobre parámetros volumétricos y desempeño de mezcla asfáltica modificada.

6. METODOLOGÍA

La labor que se efectúa en un proceso de auditoría se orienta en recopilar y analizar evidencias durante un periodo definido, así como identificar posibles elementos y aspectos que puedan afectar la calidad del proyecto. La Auditoría Técnica que realiza el LanammeUCR no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad, la cual le compete exclusivamente al Contratista como parte de su obligación contractual y que debe ser ejecutada como una labor de carácter rutinario en el proyecto. Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad y supervisión que es de entera responsabilidad de la Administración. Es función del MOPT-CONAVI, analizar con las partes involucradas las consecuencias expuestas en los hallazgos y observaciones incluidas en los informes de la Auditoría Técnica.

Estos hallazgos y observaciones pretenden identificar oportunidades de mejora para el desarrollo de los procesos en la etapa constructiva y/o operativa, mismas que deben ser analizadas, con el propósito de que se establezcan medidas preventivas y correctivas, tanto para los proyectos en estudio como para los futuros, y que éstas sean implementadas por el MOPT-CONAVI.

7. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

El contratista deberá seguir las normas y regulaciones vigentes, que garanticen el mejor desempeño, durabilidad y seguridad de los usuarios de las estructuras.

Informe EIC-LANAMME-INF-008-2021	Mayo , 2022	Página 15 de 131
----------------------------------	-------------	------------------



En caso de discrepancia entre los distintos documentos que forman parte del presente cartel, se tendrá que el orden en que prevalecerá uno de ellos sobre otro u otros, será el siguiente:

- a. Ley de Contratación Administrativa (Ley No. 7494 del 02 de mayo de 1995) y sus reformas y su respectivo Reglamento (Decreto Ejecutivo número 33411-H del 27 de setiembre del 2006) y sus reformas.
- b. El cartel de licitación, incluyendo las Especificaciones Especiales, sus aclaraciones y sus enmiendas.
- c. La oferta adjudicataria.
- d. El contrato refrendado por la Unidad Interna de Refrendos del CONAVI o por la Contraloría General de República, según corresponda.
- e. “Especificaciones generales para la construcción de caminos, carreteras y puentes (CR-2010)”.
- f. El código de construcción.
- g. La norma “AASHTO LRFD Bridge Design Specifications”, de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), edición 2010 o última versión.
- h. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-2010)
- i. El documento titulado: “Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial”, contiene las disposiciones generales emitidas por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).
- j. Estudio de Impacto Ambiental.
- k. Manual de construcción para caminos, carreteras y puentes (MC- 2012)
- l. Lineamientos para el diseño sismorresistente de puentes.
- m. El Código de Cimentaciones de Costa Rica, edición 2009
- n. Las Normas para la colocación de dispositivos de seguridad para protección de obras y demás disposiciones contractuales.
- o. Manual de diseño estándar para la construcción de carreteras, caminos y puentes de Costa Rica (DE-2010) o última versión
- p. Reglamento de disposiciones de seguridad para protección de obras, publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 103 del 30 de mayo de 1997, Decreto No. 26041-MOPT.
- q. Manual técnico de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías”.
- r. Dispositivos obligatorios de visualización de MOPT.
- s. Manual Centroamericano de Gestión del Riesgo en Puentes, Edición 2010.
- t. Manual Centroamericano de Normas para Diseño Geométrico de carreteras (SIECA, 3ª edición – 2011).
- u. Manual Centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2000).
- v. Pesos y Dimensiones, Decreto N°33773-MOPT, publicado en La Gaceta N°99 de fecha 24 de mayo de 2007 y sus modificaciones.
- w. Componentes de seguridad vial, implementación regulada mediante Decreto Ejecutivo No. 33148 y publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 100 del 25 de mayo del 2006
- x. Normas y diseños para la construcción de carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Plan Vial.

Todas aquellas normas ASTM que cuenten con homologación vigente del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) regirán sobre su homologada. El contratista tendrá la obligación de verificar y aplicar toda la normativa INTECO aplicable.

8. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

El diseño y la construcción del proyecto se extiende desde la intersección de la ruta nacional No.108 con la ruta nacional No.39, hasta la intersección con la ruta nacional No.32, incluyendo la construcción de los intercambios con las Rutas Nacionales No.108 y No.32, rampas y otras intersecciones menores; así como el diseño y la construcción del puente sobre la Quebrada Rivera a partir del estacionamiento 1+040. Este tramo comprende una longitud de 4,10 kilómetros.

Además, incluye el diseño del tramo de 1,30 kilómetros, comprendido desde la Intersección con la Ruta Nacional No. 32 hasta la Intersección en Calle Blancos de las Rutas Nacionales No. 109 y No. 39, incluyendo el intercambio de Calle Blancos y las adaptaciones y rampas necesarias en el intercambio de la Ruta Nacional No. 32.

Se debe indicar que este tramo final que solo incluía el diseño, correspondiente a la Unidad Funcional 5, se incluyó el 2 de junio de 2021 como una adenda al contrato original, con lo que ya se encuentra en proceso de construcción desde el 18 de agosto de 2021, siendo que actualmente se encuentra en proceso constructivo la totalidad del proyecto.

Figura 1. Ubicación del corredor del proyecto. Fuente: Unidad Ejecutora CONAVI-BCIE y Programa de Regulación de Catastro y Registro. Cartel de Licitación.



El proyecto tiene una longitud total acumulada de 5,4 kilómetros y se subdividió en 6 unidades funcionales:

- UF1: Paso a desnivel en la intersección con la ruta nacional No.108 en la Uruca
- UF2A: Tramo entre el paso a desnivel y el Puente sobre Quebrada Rivera
- UF2B: Tramo entre Puente sobre Quebrada Rivera e inicio de Viaducto
- UF3: Viaducto



- UF4: Paso a desnivel en intersección con ruta Nacional No.32
- UF5: (Diseño. Construcción con adenda al contrato) Tramo entre paso a desnivel en intersección con ruta Nacional No.32 y paso a desnivel en intersección con ruta Nacional No.109, en Calle Blancos

9. AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR

De acuerdo con los procedimientos de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar EIC-LANAMME-INF-008B-2021 fue remitido a la Administración el día 24 de febrero de 2022, mediante oficio EIC-LANAMME-145-2022, para que fuese analizado por parte del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura del CONAVI. A partir de esta fecha se le otorgó un plazo de 15 días hábiles a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita.

La presentación del informe se propuso para el día 1 de marzo de 2022, sin embargo, de acuerdo con solicitud del ingeniero de proyecto Álvaro Solís Ramírez, se pospuso para el martes 8 de marzo de 2022. Esta presentación fue dirigida a la parte auditada con el fin de que se conociera con mayor claridad y se expusieran los puntos que se requirieran ampliar según el contenido del informe.

En la presentación participó el ingeniero de proyecto Álvaro Solís Ramírez y la ingeniera Pamela Arias Retana (UNOPS) por parte de la Administración. Además, Ing. Berny Quirós Vargas y el Lic. Reinaldo Vargas Soto por parte del Departamento de Auditoría Interna de CONAVI, así como los auditores encargados de ejecutar el informe técnico, Ing. Mauricio Picado Muñoz, Ing. Víctor Cervantes Calvo, el Ing. Mauricio Salas Chaves y la Ing. Wendy Sequeira Rojas MSc., coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR.

El día jueves 17 de marzo de 2022 el Equipo Auditor recibió por correo electrónico el oficio POE-08-2022-0154 en el que se solicitaba por parte del Ing. Carlos Jiménez González, Gerente de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, una prórroga de 8 días adicionales para el envío del descargo al informe. De acuerdo con esto, el día lunes 28 de marzo se recibió el descargo mediante oficio POE-02-2022-0186.

A partir de la presentación del descargo se procedería a su análisis para valorar realizar las correcciones necesarias en el informe o incluir elementos adicionales en su versión final.

Es importante indicar que a partir del mes de abril de 2022, se presentó la renuncia del ingeniero de proyecto Álvaro Solís Ramírez, quedando la obra a cargo del Ing. Carlos Jiménez González de manera temporal, según fue informado al Equipo Auditor.



10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de las muestras extraídas y la recolección y análisis de evidencias. Se entiende como **hallazgo de auditoría técnica**, un hecho que hace referencia a una normativa, informes anteriores de auditoría técnica, principios, disposiciones y buenas prácticas de ingeniería o bien, hace alusión a otros documentos técnicos y/o legales de orden contractual, ya sea por su cumplimiento o su incumplimiento.

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

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

10.1. Hallazgos y observaciones de la Auditoría Técnica

Sobre seguimiento de hallazgos de informe de Auditoría LM-INF-IC-D-005-2020

HALLAZGO 1: SE EVIDENCIA QUE SE HAN IMPLEMENTADO ACCIONES DE MEJORA CON RELACIÓN A ALGUNOS ASPECTOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO, ASI COMO OTROS QUE SE ENCUENTRAN PENDIENTES DE ATENDER DE ACUERDO CON EL SEGUIMIENTO REALIZADO A LOS HALLAZGOS DEL INFORME LM-INF-IC-D-005-2020.

Como seguimiento del Informe de Auditoría LM-INF-IC-D-005-2020 emitido en julio del 2020, se hace una revisión sobre la implementación de acciones correctivas evidenciadas. Es importante indicar que durante la emisión preliminar de este informe, hasta el mes indicado no se emitió por parte de la Administración del proyecto algún descargo de forma oportuna y oficial, antes de la emisión de la versión final del informe, donde refiriera sobre las acciones que se fueran a considerar a partir de los hallazgos. Sin embargo, se debe mencionar que posteriormente se adjuntó información por vía electrónica, referente a diferentes acciones realizadas por la supervisión y por el contratista sobre los hallazgos presentados en el informe mencionado, con lo que se realiza un seguimiento de acciones implementadas, a partir de esta información y en el periodo que ha transcurrido desde la emisión del primer informe. A continuación se hace referencia a cada hallazgo individual.



A) Sobre Hallazgo 1 de informe LM-INF-IC-D-005-2020: Se han observado fisuras en algunas losas del viaducto de la Unidad Funcional 3 y 4.

A partir de algunas notas informe y el informe LM-INF-IC-D-005-2020, se presentaron documentos a esta Auditoría Técnica, donde se evidencia que la supervisión detectó estos agrietamientos en algunos tableros del viaducto, principalmente por contracción del concreto. De acuerdo con la información compartida con esta Auditoría Técnica, existen valoraciones técnicas del experto estructural por parte del Consorcio donde se indicó que se tomarían medidas para minimizar la ocurrencia de los agrietamientos tales como coladas en horas nocturnas, mejoras en el proceso de curado, enfriamiento de acero, colocación de barreras corta vientos, aumento de humedad relativa en las losas en el proceso de curado, cortes controlados en las losas anticipando agrietamiento por contracción, entre otros.

Se debe indicar que se ha evidenciado mejora en procesos de colocación y curado del concreto utilizado en losas tanto en el viaducto como en puentes. Por ejemplo, de acuerdo con la calidad del proceso constructivo de la losa colocada en el puente sobre Quebrada Rivera, se observó que se implementaron acciones que beneficiaron la calidad final de la losa construida. De acuerdo con esto, es importante mencionar que las losas coladas en sitio, han presentado desde el inicio, mejor condición de acabado y nivelación, donde se ha minimizado la ocurrencia de agrietamientos por contracción de forma más evidente que en las losas construidas con elementos prefabricados. Sin embargo, se debe destacar como un caso puntual adicional, donde se observaron grietas por contracción en la losa 1 del puente sobre Quebrada Rivera, lo cual también fue informado a la Administración mediante nota informe LM-EIC-D-0728-2021, emitida el 26 de agosto de 2021. Sin embargo, de acuerdo a la respuesta por parte de la Administración mediante oficio POE-08-2021-0632 del 10 de setiembre de 2021, se indica que este tablero se recibió conforme, por cuanto el agrietamiento no se consideró fallo estructural y en días posteriores se colocó la capa de ruedo asfáltica.

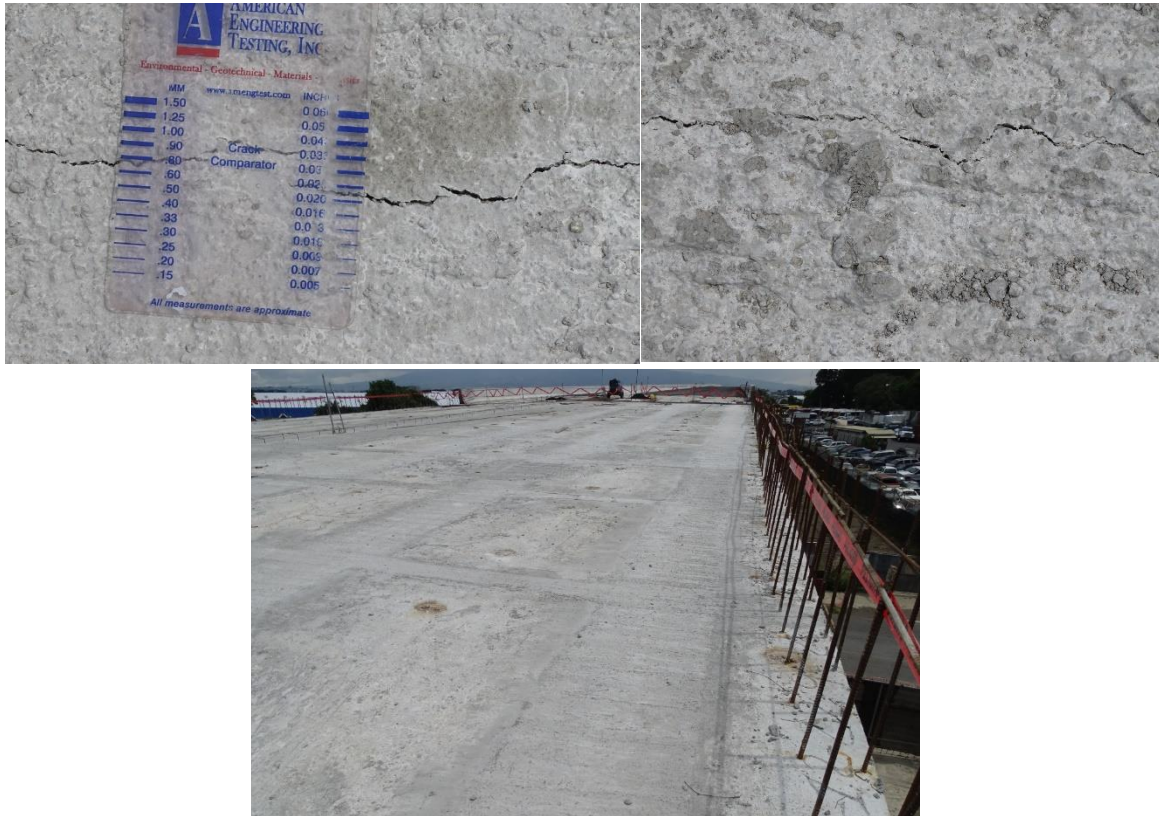


Figura 2. Condición de agrietamiento de losa 1 (lado del bastión Oeste) en el Puente sobre Quebrada Rivera. UF 2A. Fecha: 20 de agosto de 2021. Fuente: Nota informe LM-IC-D-728-2021, LanammeUCR.



Para el caso de losas prefabricadas, se volvió a evidenciar en octubre de 2020, la ocurrencia de agrietamientos en la construcción de la losa 1 del viaducto, específicamente en el concreto de las uniones, similares a los que se habían evidenciado en el informe LM-INF-IC-D-005-2020, ésta nueva condición se informó a la Administración mediante nota informe LM-IC-D-983-2020 el día 10 de noviembre de 2020.

Figura 3. Agrietamientos en concreto de juntas o uniones de losas prefabricadas. Tablero 1. Viaducto en la Unidad Funcional 3. Fecha: 30 de octubre de 2020. Fuente: Nota informe LM-IC-D-983-2020, LanammeUCR.



Como respuesta a esta situación, se suministraron a esta Auditoría Técnica, dos documentos elaborados por la ingeniera experta estructural de la supervisora del proyecto en Julio y Noviembre de 2020 (2020.06.29_CN Inspección #8 y 2020.11.30_CN Inspección #12), donde según su criterio técnico, a pesar de que se trata de fisuras por contracción del concreto, que se han presentado principalmente en las losas construidas con prefabricados, considera que éstas no afectan significativamente el comportamiento estructural, sin embargo, se recomienda reforzar las prácticas de colado y de curado para lograr que estos agrietamientos se disminuyan.

De acuerdo a lo anterior, con base en el criterio técnico del Equipo Auditor se recomienda el mejoramiento en la implementación de mayores controles de colocación y curado del concreto, para prevenir la ocurrencia de agrietamientos por contracción en las losas de concreto que se vayan a construir a futuro en el proyecto. Siendo elementos con una alta superficie expuesta, se deben tomar medidas estrictas para minimizar la aparición de fenómenos tales como la tasa de evaporación del agua del concreto en su periodo de fragua inicial y de curado, entre otros.



B) Sobre Hallazgo 2 de informe LM-INF-IC-D-005-2020: Condición de acero expuesto por un periodo excesivo en estructuras de concreto reforzado inconclusas

Se debe indicar que el objetivo principal de este hallazgo en el informe LM-INF-IC-D-005-2020 fue advertir a la Administración sobre la falta de protección del acero de estructuras inconclusas, las cuales se mantenían expuestas por periodos prolongados, por lo que era previsible, de acuerdo con la condición del proyecto en cuanto a su avance y de los elementos por construir, que quedan inconclusos dependiendo del avance de obras complementarias.

De acuerdo con este hallazgo, para este momento se hicieron comprobaciones puntuales por parte de la Administración, a través de ensayos de laboratorio para determinar si existió afectación del acero en cuanto a su resistencia y en sus dimensiones de área y de corrugación. Con esto se logró comprobar que hasta ese momento no existió para las varillas ensayadas, afectaciones que pudieran comprometer el desempeño del elemento estructural reforzado, debido al grado de oxidación encontrado, con lo que solo se recomendó la limpieza del acero antes de la colocación del concreto. Los ensayos implementados de laboratorio se resumen en la medición de corrugación y área transversal de varilla, por lo que el contratista propuso un protocolo para esta acción de verificación, identificado como Oficio No.0039-2020 del consultor de calidad del consorcio contratista en ese momento (Laboratorio LGC). Por otra parte, se realizaron ensayos de tracción a algunas muestras extraídas para verificar si existía pérdida de propiedades del acero, demostrando que para los sitios mencionados en el informe, hasta ese momento no existió afectación.

Por otra parte, se evidenció que posterior a la emisión de notas informe y el informe LM-INF-IC-D-005-2020 se ha observado que se han implementado medidas para la protección de acero colocado en algunas estructuras inconclusas. Ejemplos de esto se han evidenciado en la pila 49, al final de la Unidad Funcional 4, donde continuará el viaducto en su Unidad Funcional 5 y el acero de los apoyos se encuentra expuesto, por lo que se había protegido parcialmente por medio de una cobertura de plástico. Además en la Unidad Funcional 1, donde se mantenía también expuesto el acero de los apoyos de ambos bastiones del viaducto, los cuales se protegieron posteriormente.

Sin embargo, se debe indicar que se ha evidenciado que con el paso del tiempo, se va perdiendo parte de la protección de las armaduras en estos apoyos (tanto en las UF 1 y 5), lo cual hace que vuelvan a estar expuestos a los efectos de la intemperie. Además, se observa que el resto de acero de los bastiones, no posee protección a pesar de que tiene un periodo prolongado de exposición. Esta condición se informó a la Administración mediante nota informe LM-EIC-D-646-2021 del 30 de julio de 2021.

Figura 4. Acero expuesto en bastión Norte, Unidad Funcional 1. Se nota que se protegió el acero de los apoyos pero se ha ido deteriorando la protección con plástico dejando de nuevo expuesto parte del acero. Fecha: 16 de julio de 2021. Fuente: LM-EIC-D-646-2021, LanammeUCR.



Figura 5. Acero expuesto en bastión Sur, Unidad Funcional 1. Se nota que se protegió el acero de los apoyos pero se ha ido deteriorando la protección dejando nuevamente expuesto parte del acero Fecha: 16 de julio de 2021. Fuente: Fuente: LM-EIC-D-646-2021, LanammeUCR.



Figura 6. Se nota que se protegió el acero de los apoyos pero la cobertura con plástico se ha ido deteriorando dejando nuevamente expuesto parte del acero en Pila 49, Unidad Funcional 4. Fecha: 15 de junio y 24 de setiembre de 2021. Fuente: LanammeUCR.



Por otra parte, se debe recalcar que de los casos presentados de acero expuesto desde julio de 2020 en el informe LM-INF-IC-D-005-2020, hasta el pasado 16 de julio de 2021 se observó que el acero de la junta de expansión Oeste del puente sobre la Radial Heredia (Unidad Funcional 2B), aún se mantenía expuesto, lo que conlleva a considerar que estuvo al menos un año más en esta condición. A pesar de que ya se había indicado esta circunstancia y además, se sabe que la Unidad Funcional 2B permaneció suspendida desde abril de 2019, tiempo durante el cual este acero estuvo expuesto.

Figura 7. Acero expuesto en la junta de expansión Oeste del puente sobre Radial Heredia. Unidad Funcional 2B. Fecha: 25 de abril de 2019 y 16 de julio de 2021, respectivamente. Fuente: LanammeUCR.



Como respuesta a la nota informe LM-EIC-D-646-2021 (30 julio 2021), la Administración indicó mediante oficio POE-08-2021-599 (30 agosto 2021) que se sigue utilizando el protocolo implementado mediante oficio No.0039-2020 elaborado por el consultor de calidad del proyecto en el año 2020, para la limpieza del acero y la comprobación de dimensiones.

En visita realizada por el Equipo Auditor el día 3 de setiembre de 2021, se observó que esta junta de expansión ya había sido construida y se encontraba en proceso de cura del concreto.

Figura 8. Junta de expansión Oeste del puente sobre Radial Heredia recién colada, en proceso de cura. Unidad Funcional 2B. Fecha: 3 de setiembre de 2021. Fuente: LanammeUCR.



Es importante indicar, que en visita realizada el día 4 de noviembre de 2021, específicamente a la Unidad Funcional 1, se evidenció que se está aplicando la limpieza del acero corroído, lo cuál fue observado por el Equipo Auditor, en los apoyos del bastión sur del paso superior. En las figuras se puede observar las condiciones del acero, donde se facilitaba la acumulación de agua, cubriendo el acero y exponiéndolo continuamente a humedad por un periodo prolongado, condición similar a la informada en el caso del bastión 2 del Puente de Quebrada Rivera, en el informe LM-INF-IC-D-005-2020 y en diferentes notas informe, referidas a este proyecto.

Figura 9. Actividad de limpieza de acero de los apoyos del bastión Sur. Unidad Funcional 1. Fecha: 4 de noviembre de 2021. Fuente: LanammeUCR.



Además, se debe indicar que en visita realizada en febrero de 2022 se pudo observar que recién se había sustituido la protección del acero en los apoyos de la pila 49 (mostrado en figura 6), tal como se evidencia en la siguiente figura.

Figura 10. Protección de acero de apoyos de pila 49. Unidad Funcional 4. Fecha: 3 de febrero de 2022. Fuente: LanammeUCR



Es criterio del Equipo Auditor, que siempre se debe considerar la protección del acero, principalmente si se sabe que permanecerá expuesto por periodos prolongados. A pesar de que se puedan tomar medidas correctivas como la limpieza y cepillado del acero sin que haya afectación en la sección de la varilla, en las dimensiones de la corrugación o en su resistencia, es recomendable bajo toda circunstancia minimizar la afectación de la oxidación en el acero de una estructura de concreto reforzado, siendo una actividad sencilla, pero, a la que se debe dar seguimiento constante para controlar que la protección se mantiene efectiva, durante todo el periodo en que se tarde la reanudación de la construcción de cada elemento.



C) Sobre Hallazgo 3 de informe LM-INF-IC-D-005-2020: Deterioros en la capa asfáltica colocada en la Unidad Funcional 2B

De acuerdo con lo descrito en este hallazgo incluido en el informe LM-INF-IC-D-005-2020, para el mes de agosto de 2021 se mantuvo aún la condición de almacenamiento de elementos prefabricados en la Unidad Funcional 2B. Por lo que se puede concluir que el acopio de los elementos indicados continuó un año adicional al periodo de carga y transporte de elementos prefabricados, indicado en dicho informe.

Se observaron algunos deterioros adicionales provocados por la carga almacenada por el periodo prolongado y al traslado y transporte de algunos elementos. En visita realizada al sitio el día 4 de agosto de 2021, se observaron estos deterioros adicionales, los cuales son similares a los identificados en el informe de auditoría de julio de 2020.

Figura 11. Deterioros en capa asfáltica colocada de la Unidad Funcional 2B. Fecha: 4 de agosto de 2021. Fuente: LanammeUCR.



Tal como se había indicado en el informe LM-INF-IC-D-005-2020, se recomendó y consideró importante realizar una valoración técnica suficiente, para determinar si ha existido alguna afectación relevante sobre la vida útil del pavimento diseñado, con el fin de que se verificara la condición inicial del tramo indicado, antes de su puesta en funcionamiento. Esta condición inicial del proyecto es clave para poder determinar si su desempeño puede ser el esperado de acuerdo a su diseño, o si por el contrario, va a requerir mantenimiento con mayor prontitud a la esperada, lo que produciría un costo inesperado, a cargo de la Administración, al afectar una condición óptima inicial, propia de una obra nueva.



De acuerdo con lo informado a esta Auditoría Técnica, la Administración a través del ente Supervisor, en el Memorandum de Inspección y Hallazgos UF2B-DCR-033 del 17 de noviembre de 2018, solicitó presentar un análisis técnico apropiado por parte del especialista de pavimentos del contratista, sobre el alcance de las deformaciones y agrietamientos provocados, además, de establecer un procedimiento de reparación. Por otra parte, de acuerdo a la matriz de seguimiento de la Supervisión, se solicitó, someter a una revisión y verificación por medio de deflectometría de la zona utilizada para almacenamiento de elementos prefabricados, antes de la colocación de la tercera y última capa de 6cm. Es importante indicar que la capa asfáltica afectada se encontraba colocada desde junio de 2018 y se inició el almacenamiento de maquinaria y prefabricados desde noviembre de 2018, por lo que el periodo de almacenamiento es de consideración (aproximadamente 33 meses).

Por otra parte, en este periodo de 33 meses, se trasladaron algunos de los prefabricados a sus sitios de obra y se colocaron y almacenaron otros adicionales con lo que este tramo ha permanecido con maniobras de tránsito pesado, además de la carga estática aplicada de forma permanente por el período indicado.

Posteriormente, luego del retiro de las vigas prefabricadas en el mes de julio de 2021, la Administración ordenó efectivamente la implementación de un plan de verificación de la condición del pavimento existente, por lo que se realizaron mediciones de deflectometría, por medio del consultor de pavimentos de la entidad supervisora del proyecto, se analizó la posible afectación que se presentó mediante la carga aplicada, principalmente de vigas prefabricadas y sus traslados. Por otra parte, se consideró la afectación evidente de algunos puntos específicos de la superficie, presentados en las fotografías anteriores, donde se evidencian deformaciones y deterioros superficiales debido a la carga aplicada, principalmente en los carriles centrales y externos.

De acuerdo con el análisis realizado por el experto técnico de pavimentos, y de acuerdo con documento técnico elaborado, de fecha de 14 de setiembre de 2021 dirigido a la entidad supervisora del proyecto, se determinó que efectivamente existió afectación en la capacidad estructural en algunos segmentos del pavimento en donde se almacenaron vigas prefabricadas, por lo que se recomendó, realizar algunas intervenciones con el objetivo de restituir la capacidad estructural original antes de la colocación de la capa final de ruedo que se encuentra pendiente.

Además, se determinó que en las zonas donde no se almacenaron vigas, pero se presentó tránsito por movilización de estas vigas, no se evidenció daño en la estructura, específicamente en los carriles internos de ambos sentidos del tronco principal de la Unidad Funcional 2B. Cabe destacar que se determinó reparar principalmente los puntos específicos de carga donde se colocaron los pedestales de concreto en los extremos de las vigas, como apoyos sobre la estructura de pavimento, con lo que se logró evitar cargar el pavimento a lo largo de toda la longitud de las vigas, y la carga se concentró en estos puntos específicos.

Las reparaciones recomendadas por el consultor consistieron en la remoción total de la capa asfáltica, principalmente en los puntos de apoyo, donde se evidenció daño superficial y se encontró afectación estructural a partir de la comparación de módulos de rigidez y parámetros de curva deformada, de zonas cargadas y zonas que no fueron cargadas. Posteriormente, luego de la remoción de la capa asfáltica, se recomendó verificar la condición de la base estabilizada con el fin de descartar agrietamiento inducido por la carga. Además, se recomendó la utilización de geomalla sobre la base estabilizada expuesta, para prevenir reflejo de grietas futuras hacia la capa asfáltica que se colocaría posteriormente.

Figura 12. Bacheos realizados en zonas afectadas por el almacenamiento de vigas. Unidad Funcional 2B. Estacionamiento 1+510 a 1+550. Fecha: 22 de setiembre de 2021. Fuente: LanammeUCR.



Figura 13. Bacheos realizados en zonas afectadas por el almacenamiento de vigas. Se nota que ya se colocó parte de la capa final de rueda en carriles interno e intermedio. Unidad Funcional 2B. Estacionamiento 1+550 a 1+650. Fecha: 8 de octubre de 2021. Fuente: LanammeUCR.



De acuerdo con el criterio del Equipo Auditor, aunque no fue deseable la carga del pavimento por el almacenaje de vigas prefabricadas durante aproximadamente 33 meses, es satisfactorio

el análisis realizado, con el fin de determinar si se debieron realizar intervenciones para restituir la posible pérdida de capacidad estructural.

Posteriormente, es recomendable realizar una nueva evaluación de deflectometría con el fin de verificar la capacidad estructural del pavimento completo con la capa de ruedo final y así poder determinar la condición estructural inicial del pavimento, con el que inicia su periodo de operación y para el que se requiere programar su mantenimiento a futuro.

D) Sobre Hallazgo 4 de informe LM-INF-IC-D-005-2020: Se ha observado deterioro por erosión en algunos taludes de la Unidad Funcional 2B.

De acuerdo con la erosión que se estaba desarrollando en los taludes y que fue informada en el informe LM-INF-IC-D-005-2020, se conoce que la Administración ha identificado los deterioros existentes, y que además se fueron incrementando con el tiempo, tal como se esperaba. De acuerdo con información aportada a esta Auditoría Técnica, este tema de erosión se ha incluido como no conformidad desde marzo del año 2019, situación que se mantenía como un aspecto por atender por parte del contratista. A pesar de que la Unidad Funcional 2B permaneció suspendida un tiempo considerable desde abril de 2019 hasta setiembre de 2021 (30 meses), se observó que se revistió parte del talud este de la Radial Heredia mejorando la condición del pie del talud que poseía mayor deterioro. La siguiente figura muestra la comparación entre la condición de abril de 2020 y diciembre de 2021.

Figura 14. Se revisitó el talud afectado en la Radial Heredia, lado Este en Unidad Funcional 2B. Se nota alguna afectación en zona contigua no revestida. Fecha: 15 de abril de 2020 y 16 de diciembre de 2021 respectivamente. Fuente: LanammeUCR.



Sin embargo, se debe indicar, que existen zonas cercanas al sitio de revestimiento, que continúan en una condición desprotegida al no existir vegetación desarrollada de forma suficiente, por lo que la condición se sigue extendiendo, pudiendo alcanzar grados de deterioro similares a la zona que se tuvo que revestir.



Figura 15. Zona medianamente afectada por erosión por falta de desarrollo de vegetación en la Radial Heredia, lado Este en Unidad Funcional 2B. Fecha: 16 de diciembre de 2021. Fuente: LanammeUCR.



De igual manera, se observa erosión en este mismo sitio pero del lado oeste de la radial, donde la vegetación no se ha desarrollado suficientemente para contener el desgaste superficial del talud.

Figura 16. Zona medianamente afectada por erosión por falta de desarrollo de vegetación en la Radial Heredia, lado oeste en Unidad Funcional 2B. Se nota la caída de material a la cuneta. Fecha: 16 de diciembre de 2021. Fuente: LanammeUCR.





Se observó que se ha trabajado exitosamente en el tratamiento de otros taludes por medio de vegetación, colocación de mallas y sistemas de drenaje en otras unidades funcionales, donde se ha alcanzado un desarrollo de vegetación satisfactorio. Sin embargo, al menos estos en particular, en la Radial Heredia requieren atención con el fin de que se logre alcanzar un nivel confiable de protección antes de que se ponga en operación la vía y antes de que ejerza algún daño en la infraestructura ya construida, en el resto del talud por debilitamiento del pie u obstrucción en los drenajes por material que se va acumulando en ellos. Cabe destacar, que la condición por erosión por medio de vegetación, debería de atenderse con suficiente antelación, antes de la recepción del proyecto, específicamente de esta Unidad Funcional 2B, considerando que en al menos 3 años y medio no se ha logrado un nivel de protección suficiente con la vegetación colocada en este punto específico.

Por otra parte, de acuerdo con la información suministrada a esta Auditoría Técnica, se conoce que se lleva un seguimiento por parte de la Supervisión y que se mantendrá abierta la no conformidad, mientras no se presente una propuesta final por parte del contratista. Al respecto, es importante considerar que mientras transcurra mayor tiempo en una condición de erosión progresiva, principalmente con lluvias intensas, deberán considerarse posiblemente soluciones adicionales a las consideradas al inicio del proceso constructivo y en el diseño. Sin embargo, de acuerdo con el criterio de esta Auditoría Técnica, es importante que al final se considere la solución técnicamente efectiva, de acuerdo con la condición de deterioro alcanzada, con el fin de evitar trasladar un costo de reparación o de mantenimiento elevado a la Administración en su etapa de operación.

Sobre la construcción de cunetas

HALLAZGO 2: SE ENCONTRÓ QUE EL MATERIAL UTILIZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALGUNAS CUNETAS NO ES EL ESPECIFICADO ORIGINALMENTE EN PLANOS APROBADOS NI OBEDECE A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIGENTES.

Los días 26 de enero, 5 de febrero y 10 de febrero de 2021, se observó la construcción de cunetas con material de tobacemento plástica de acuerdo con lo confirmado en sitio y que, acorde con la boleta de despacho de planta, posee una resistencia a la compresión de 35 kg/cm². La construcción de estos elementos de drenaje se observó al lado sur del viaducto cerca de las pilas 18 y 19, además a los lados de la marginal entre pilas 34 y 38 y en la parte central entre pilas 1 y 8. Además, se han observado cunetas construidas al lado norte, entre las pilas 8 y 20, que, según lo informado por el encargado de la cuadrilla de obra, fueron construidas con el mismo material.

Esta condición fue informada a la Administración mediante nota informe LM-IC-D-0127-2021 el día 17 de febrero de 2021, de acuerdo con las visitas técnicas realizadas por el Equipo Auditor los días mencionados.

Figura 17. Construcción de cunetas con toba cemento. Costado Sur de pilas 18 y 19. Fecha: 26 de enero de 2021. Fuente: Nota Informe LM-IC-D-0127-2021, LanammeUCR



Figura 18. Cunetas construidas en costado norte del viaducto entre pilas 8 y 20 de UF3. Fecha: 26 de enero de 2021. Fuente: Nota Informe LM-IC-D-0127-2021, LanammeUCR



Figura 19. Cunetas en construcción debajo del viaducto entre pilas 1 y 8 de UF3. Fecha: 5 de febrero de 2021. Fuente: Nota Informe LM-IC-D-0127-2021, LanammeUCR

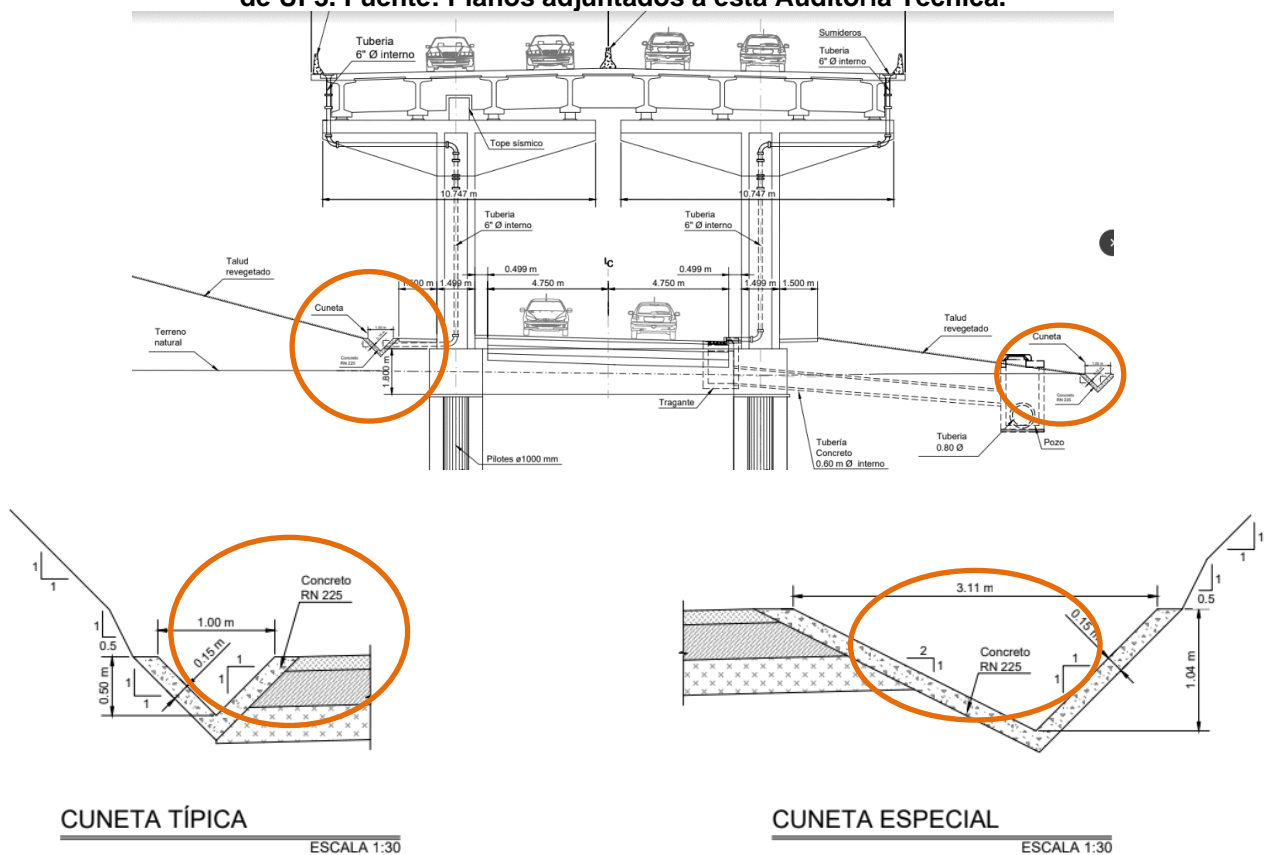


Figura 20. Cunetas y acera en construcción en costado sur de marginal entre pilas 34 y 38 de UF3. Fecha: 10 de febrero de 2021. Nota Informe LM-IC-D-0127-2021, LanammeUCR



Según los planos proporcionados a esta Unidad de Auditoría, el material para la construcción de cunetas debería ser concreto con resistencia a la compresión de 225 kg/cm², lo que indica que se está utilizando un material que podría alcanzar una resistencia cercana al 15% de la resistencia de diseño establecida en planos (ver Figura 21).

Figura 21. Detalles de planos sobre sección de Viaducto doble (versión 8 de planos de drenaje de UF3. Fuente: Planos adjuntados a esta Auditoría Técnica.



En los detalles de los planos también se establece que las cunetas deben ser construidas con un espesor mínimo de 15 cm, sin embargo, según lo observado y lo declarado por los constructores el día de la visita, no está claro para ellos que se debe cumplir con este espesor mínimo, por lo que indican que el espesor es variable y a veces colocan espesores de 12 cm, tal como evidenció el Equipo Auditor en mediciones realizadas (ver Figura 22).

Figura 22. Medición de 12 cm de espesor en el fondo de la cuneta construida. Cerca de pila 2 de UF3. Fecha: 10 de febrero de 2021. Fuente: Nota Informe LM-IC-D-0127-2021, LanammeUCR



Además, es importante que estos elementos queden apoyados sobre un material estable y con una compactación suficiente, de manera que no exista la posibilidad que vayan a desplazarse o a agrietarse por su propio peso y el del agua que canalicen. En la figura 23, se observa un material de suelo en estado suelto con presencia de agua en exceso, y un material de relleno sin compactación que se va colocando a los lados de la cuneta. Estas condiciones pueden generar deterioros en las cunetas por falta de apoyo, situación que se puede agravar de forma acelerada con el paso del agua.



Figura 23. Apoyo de cunetas con material suelto. Cerca de pila 2 de UF3. Fecha: 10 de febrero de 2021. Fuente: Nota Informe LM-IC-D-0127-2021, LanammeUCR.



De acuerdo con el informe mensual de supervisión No.41, correspondiente a Enero de 2021, se confirmó la detección de la utilización del material de tobacemento en lugar de concreto de resistencia 225 kg/cm^2 , para la construcción de estas cunetas. En este informe se indica textualmente en el apartado de “Incidencias Técnicas Relevantes” de la Unidad Funcional 3:

“Cunetas/Contracunetas: pese a la indicación en planos de la construcción de cunetas y contracunetas en concreto con resistencia de 225 kg/cm^2 , se han venido construyendo estas obras menores en toba cemento, sin embargo de acuerdo a los informes preliminares de laboratorio, están alcanzando a los 28 días, una resistencia de 175 kg/cm^2 en promedio. Se está a la espera de contar con una propuesta de solución y/o aclaración sobre este aspecto.”

Por otra parte, de acuerdo con la información aportada a esta Auditoría Técnica, los días 8 y 10 de febrero de 2021 se adjuntan dos correos electrónicos donde la Supervisora advierte en el primero, que el día 6 de febrero de 2021, no estaban siendo debidamente conformadas las superficies sobre las cuales se colaría el material para la construcción de las cunetas y que este se colocaba sobre basura en esta superficie. El segundo correo del día 10 de febrero de 2021, advierte sobre el incumplimiento de la resistencia requerida en planos originales aprobados, de 225 kg/cm^2 a los 28 días, según muestreo realizado el 27 de diciembre de 2020, siendo que los resultados arrojaban una resistencia promedio de $17,7 \text{ MPa}$ (180 kg/cm^2).

El informe de ensayo de verificación de calidad aludido corresponde al No.20-STL-0449-7056-C, cuyo contenido concierne a ensayos para concreto, sin embargo incluye también dentro de la información, la de muestra “Toba-Eje 46 LI/Pila 22 UF3” indicando que la resistencia solicitada es de 35 kg/cm^2 medida a 28 días. En las observaciones del informe se concluye que el material de toba cumple con lo solicitado, lo que se contrapone a los requerimientos establecidos para el concreto requerido en la construcción de cunetas, tal y como lo identifica el ingeniero de la Supervisión en el correo.

Además, dentro de la información aportada a esta Auditoría Técnica, se adjunta el memorandum de inspección y hallazgos UF3-JLM-086, donde se advierte sobre estos mismos



aspectos de acuerdo con la inspección realizada los días 6, 8 y 10 de febrero de 2021, donde se menciona que se mantiene la no conformidad, hasta que se justifique técnicamente el cambio o se realice la reconstrucción.

De acuerdo con los informes de supervisión de febrero hasta marzo de 2021 (Informes No.42 y No.43), se siguió incluyendo dentro del apartado “Incidencias Técnicas Relevantes” de la Unidad Funcional 3, la misma anotación mostrada en el informe de Enero 2021, donde se expresaba el incumplimiento del material utilizado en la construcción de cunetas y que: “...Se está a la espera de contar con una propuesta de solución y/o aclaración sobre este aspecto.” Sin embargo, ya para el informe de supervisión No.44 de abril 2021, se incluye la anotación siguiente:

“Cunetas/Contracunetas: *pese a la indicación en planos de la construcción de cunetas y contracunetas en concreto con resistencia de 225kg/cm², se han venido construyendo estas obras menores en toba cemento, sin embargo, de acuerdo a los informes preliminares de laboratorio, están alcanzando a los 28 días, una resistencia de 175 kg/cm² en promedio. El Consorcio actualizó las resistencias en planos, pero continúa pendiente que se remita a la Supervisión la justificación de este cambio.”*

Se puede ver que el Consorcio contratista, cambió la especificación emitida en planos constructivos en abril 2021 según informe de supervisión de este mes (Informe de supervisión No.44), pero que hasta este momento no se había presentado la justificación del cambio al ente supervisor, a pesar de que la no conformidad fue identificada por el Organismo de Supervisión desde inicios de febrero e incluida en el informe de supervisión de enero de 2021, y de acuerdo también con la nota informe del LanammeUCR LM-IC-D-127-2021, sobre visitas técnicas de enero y febrero de 2021. Cabe destacar que en el informe de supervisión No. 45 de mayo de 2021, se incluyó la misma anotación, donde hasta este momento se evidenció que no se había presentado justificación del cambio de material a la Supervisión. Es hasta el informe de supervisión No.46 correspondiente a Junio de 2021, donde se indica que las actividades de drenaje de la Unidad Funcional 3, se encuentran finalizadas desde mayo, quedando pendientes reparaciones y resanes en acabados.

El 10 de agosto 2021, se recibió por parte de la Unidad de Auditoría Técnica el oficio POE-08-2021-0557, donde la Administración indica que como respuesta a la Nota Informe LM-IC-D-127-2021, se recibió a conformidad la construcción de contracunetas (esta Auditoría Técnica supone que se refiere a cunetas y contracunetas puesto que la nota informe mencionada se refiere a la construcción de cunetas y las anotaciones en los informes de supervisión se refieren a cunetas y contracunetas), debido a que cumplen con la capacidad hidráulica, pendientes longitudinales inferiores al 2% y velocidades inferiores a 2 m/s y cálculo de periodos de diseño de 100 años, presentado por el contratista en el oficio CN-2021.02.26-01, con fecha del 26 de febrero de 2021. En este oficio el contratista indica que estas cunetas se construyen con tobacemento, debido a que estas canalizan solo los desagües del tablero del viaducto por lo que las cargas a las que se someterán son su propio peso y el del agua que canalicen y



además por estar alejadas de las calzadas y protegidas en su mayor parte por el viaducto. Por otra parte, el contratista indica que, a pesar de que la resistencia es de 35 kg/cm² a los 7 días, se obtienen resistencias aproximadas de 120 kg/cm² a 28 días. Además concluye indicando que se revisarán y cuidarán los espesores y la compactación del fondo de las cuentas.

De acuerdo con esto, es criterio del Equipo Auditor, que no se justifica el cambio del material luego que ya habían sido aprobados los planos constructivos desde la etapa de diseño, por lo que ya había sido aceptada por la Administración la construcción de cunetas con concreto de resistencia 225 kg/cm² a los 28 días, siendo que este material puede llegar a ser de mayor durabilidad que un material tipo tobacemento al que se le exige una resistencia considerablemente menor. Además, llama la atención al Equipo Auditor que el contratista tome la decisión de cambiar el material con el que se contruirán las cunetas, que estaba especificado en planos, y que la Administración, ni el ente Supervisor, hayan aprobado este cambio, siendo que la Supervisión abre una no conformidad al momento que fue detectado en febrero de 2021. Posteriormente, hasta el informe Supervisión de Mayo del mismo año (No.45) se indica que aún el contratista no ha presentado la justificación técnica del cambio, y es en el informe de Supervisión No.46, correspondiente a Junio de 2021, donde se indica la conclusión de las obras de drenaje.

Por otra parte, se debe considerar que no existe ítem de material de tobacemento en el cartel de licitación, ni especificación técnica que regule su producción y su control de calidad, en contraposición a lo que se indica en el cartel de licitación en el capítulo 7, Etapa III: Construcción, donde se define el renglón o ítem CR 552.01 (a) Concreto estructural clase A, para otras estructuras y obras de arte y que tendrá una resistencia de 225 kg/cm² a los 28 días y un contenido mínimo de cemento de 360 kg/cm³. Dicha resistencia es la que se indicaba como requerimiento para la construcción de cunetas en los planos adjuntados a esta Auditoría Técnica, antes de la detección de la utilización de Tobacemento.

En este mismo capítulo 7 del cartel de licitación, en el apartado 7.7 Resultados esperados de la construcción, se indica que una vez finalizadas las obras se espera que estas satisfagan y cumplan con todos los estándares de calidad y que éstas deberán de ser terminadas de acuerdo a los planos y las especificaciones de diseño aprobado.

Además, se debe mencionar que el cartel de licitación en su apartado 6.2.3 Diseño hidráulico-hidrológico, se refiere a Drenajes longitudinales, donde indica:

“En los sitios donde la infraestructura de la vía intercepte la escorrentía del terreno natural en la coronación de un corte, en bermas y pies de taludes o de muros, así como en los sitios donde el contratista considere necesario, se proyectarán cunetas de **concreto reforzado** con un espesor mínimo de 0,10 (cero coma diez) metros.” (lo destacado no es del texto original)

“En sectores donde las condiciones de estabilidad y capacidad soportante del terreno lo permitan, se podrán construir cunetas de **concreto simple**, siempre y cuando se justifique apropiadamente.” (lo destacado no es del texto original)



Como se puede ver, para la construcción de cunetas, siempre se menciona la utilización de concreto, tal como se había considerado en planos constructivos.

Es importante indicar que mediante la nota informe LM-IC-D-0728-2021 del día 26 de agosto de 2021, se informó a la Administración sobre la existencia de algunos deterioros puntuales en algunas de las cunetas que fueron construidas con material de tobacemento y que también pueden estar asociados a desalineamientos por falta de conformación y compactación del material sobre el que se contruyeron.

Figura 24. Agrietamientos y quebraduras de borde en cunetas construidas al costado sur del Viaducto entre pilas 8 y 20, UF 3. Fecha: 20 de agosto de 2021. Fuente: Nota Informe LM-IC-D-0728-2021, LanammeUCR.



Figura 25. Asentamientos y agrietamientos en cunetas construidas al costado sur del Viaducto entre pilas 8 y 20, UF 3. Fecha: 20 de agosto de 2021. Fuente: Nota Informe LM-IC-D-0728-2021, LanammeUCR.



Es criterio del Equipo Auditor que las condiciones señaladas pueden afectar la durabilidad de las cunetas construidas y comprometer la correcta canalización de aguas en el proyecto. Una vez observados algunos deterioros puntuales, la introducción de agua en las grietas y aberturas de juntas, promoverán un desarrollo de mayores deterioros que no se justifican en un proyecto nuevo, siendo que además, se cambió el material con el que se contruirían estas cunetas, por otro de menor resistencia.



Sobre el sistema de drenaje del viaducto

HALLAZGO 3: EN LA DOCUMENTACIÓN APORTADA A ESTA AUDITORÍA, NO FUE POSIBLE VERIFICAR QUE TODOS LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL VIADUCTO POSEEN SUFICIENTE CAPACIDAD HIDRÁULICA PARA REMOVER LA ESCORRENTÍA DE LA RASANTE SIN CAUSAR ENCHARCAMIENTO O INUNDACIÓN DE LOS CARRILES DE TRÁNSITO.

El Equipo Auditor revisó los siguientes documentos, aportados por la Administración a esta Auditoría Técnica:

- a) Cartel de la Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000008-ODE00: Diseño y construcción del Corredor Vial “Circunvalación Norte”, Ruta Nacional No. 39, Sección Uruca-Calle Blancos (2013),
- b) Contrato para el Diseño y Construcción del Corredor Vial “Circunvalación Norte”, Ruta Nacional No. 39, Sección Uruca-Calle Blancos entre el CONAVI y el Consorcio Estrella-H. Solís (2014),
- c) Informe Hidrológico e Hidráulico Unidad Funcional III (2017)
- d) Estudios hidrológicos e hidráulicos Post-Diseño: “Memoria de cálculo Modificaciones Unidad Funcional III” (2018)
- e) Informe de revisión de la capacidad hidráulica de los drenajes del viaducto, adjunto al oficio UNOPS/2020/95087/AGR/155 (2020).
- f) Planos de la Unidad Funcional III, incluyendo la Versión 9 de los planos de drenaje (2021)

Tras la primera revisión de la documentación, el Equipo Auditor emitió la nota informe LM-EIC-D-0355-2021 del 28 de abril de 2021. La Administración respondió a esa nota informe, mediante los oficios POE-08-2021-0565 del 17 de agosto de 2021 y POE-08-2021-0599 del 30 de agosto de 2021. A ese oficio, se adjuntaron los documentos, que también fueron revisados por el Equipo Auditor:

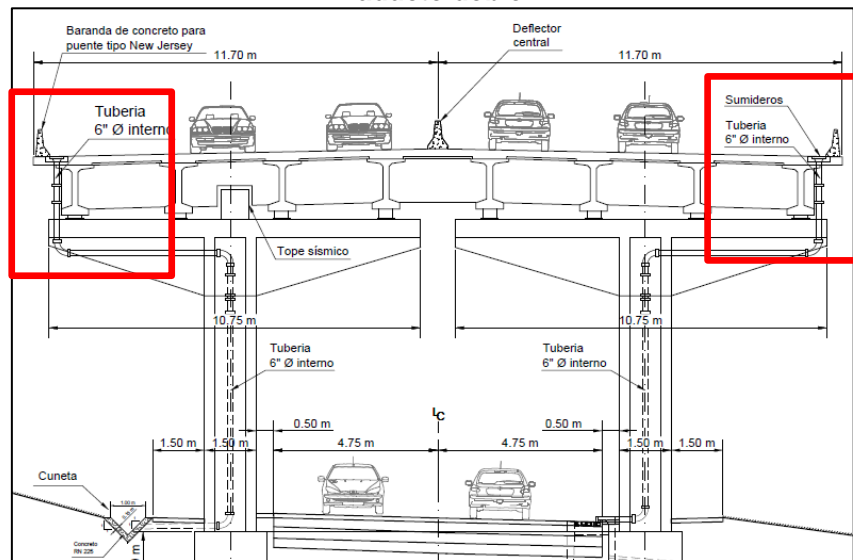
- a) Oficio O-CN-2021.05.14-01 del 14 de mayo de 2021, enviado por el Consorcio a la Administración.
- b) Matriz de hallazgos elaborada por la Supervisión (versión actualizada de setiembre de 2021)

De acuerdo con los planos disponibles de la Unidad Funcional III, cuando la sección presentara pendiente transversal o bombeo hacia ambos costados, las aguas pluviales del viaducto serían drenadas por medio de sumideros circulares (tubos verticales), cuya entrada se ubicaba en los espaldones externos, al lado de la barrera de seguridad, en las secciones donde hay pilas. Para este informe, se define que cada tubo vertical que capta aguas de la rasante es un

sumidero. Las aguas captadas por los sumideros son conducidas al nivel inferior del viaducto por tubería adosada a la pila.

En el Plano N°9.3 (hoja 4/4) de febrero de 2021, se disponían cuatro sumideros de 150 mm de diámetro (dos en cada costado) en la sección típica de la pila del viaducto. La Figura 26 muestra la configuración de los tubos de drenaje en ese plano, cuando la sección transversal presenta bombeo hacia ambos costados del viaducto.

Figura 26. Ubicación de los sumideros según los planos del proyecto en la sección típica de viaducto doble.



Tras revisar la información aportada por la Administración, no se encontró una memoria de cálculo elaborada por el Contratista para justificar técnicamente las dimensiones y ubicación de los sumideros, indicando:

- El procedimiento utilizado para estimar el caudal aportado a cada sumidero para la tormenta de diseño (tormenta con período de retorno de 25 años de acuerdo con el cartel de licitación) y sus resultados,
- El procedimiento utilizado para determinar la capacidad hidráulica de captación de la entrada de los sumideros y la capacidad hidráulica de conducción de la tubería que lleva las aguas al nivel inferior y los resultados respectivos,
- Los criterios de diseño aplicados para establecer las dimensiones finales y configuración de los sumideros.

Tampoco se encontró en los planos constructivos aportados por la Administración ninguna sección transversal que muestre la configuración y dimensiones de los sumideros cuando el bombeo es hacia un solo costado de la vía (secciones con peralte), situación que se presenta en el tramo entre las Pilas 19 y 38.



La información anterior es básica para la construcción de las obras de drenaje y para poder verificar que, efectivamente, lo que se construye en sitio tiene respaldo técnico suficiente y corresponde con lo requerido.

En concordancia con lo indicado en los puntos anteriores, en el oficio UNOPS/2020/95087/AGR/155 del 10 de noviembre de 2020, la Supervisión también señaló que no se presentaron cálculos específicos para los sumideros de la Unidad Funcional III. En las conclusiones del informe adjunto a ese oficio, se indicó que, luego de la revisión de la documentación, no se encontraron los cálculos para los sumideros.

Al respecto, es importante indicar que el cartel de licitación para el diseño y la construcción del proyecto indicaba en el *Capítulo I. Condiciones Generales* que, en la ejecución del contrato, se debe efectuar la actividad de diseño final que contemple geometría, **sistemas de drenajes menores** y mayores, estructuras de pavimentos, viaductos y estructuras conexas. Cabe aclarar que los drenajes del nivel superior del viaducto son parte del sistema de drenaje menor.

Sobre los diseños hidráulicos, el cartel de licitación indicaba en la Sección 6.2.3. que:

“El contratista deberá realizar todos los diseños necesarios para determinar el tipo y dimensiones de las estructuras requeridas (tubería, tragantes, desfogues, alcantarilla de cuadro, caja o puente), con el fin de dar solución a cada uno de los casos que se presenten a lo largo del proyecto. El resultado de este proceso de diseño y del desempeño futuro de cada una de las estructuras propuestas, será de exclusiva y absoluta responsabilidad del contratista”. (p. 137) (lo destacado no es del texto original)

Además, sobre la documentación a presentar en relación con los diseños hidráulicos, el cartel de licitación indica en la Sección 6.2.3. que:

“Todos los resultados en los informes que deberá presentar el contratista deberán venir respaldados con memorias de cálculo claras, que permitan dar seguimiento a los procedimientos utilizados, por lo que se deberán incluir todos los datos de entrada y ecuaciones, así como la explicación de las limitaciones y consideraciones para diseño. Todas las memorias de cálculo que sean presentadas, al igual que los planos constructivos y demás informes (tanto los de avance como el final), deberán contener índice y numeración de hojas incluyendo el total. Todos los cálculos e información incluida en dichos documentos, memorias y planos constructivos serán de su exclusiva y absoluta responsabilidad.” (p. 137) (lo destacado no es del texto original)

El contrato de diseño y construcción del proyecto establece que el cartel de licitación forma parte del contrato y es de acatamiento obligatorio para las partes. Además, en el contrato se



especifica nuevamente que, en la ejecución del contrato, se efectuará la actividad de diseño final de sistemas de drenajes menores.

En conclusión, en la información aportada por la Administración, no se encontró toda la información que el Contratista debía presentar, de acuerdo con los documentos contractuales, para mostrar los procedimientos de cálculo y justificar técnicamente las características de todos los componentes del sistema de drenaje menor del viaducto.

Los únicos cálculos relativos a la capacidad hidráulica de los sumideros del viaducto, disponibles en la documentación aportada por la Administración, son los del informe de revisión del Consultor Especialista, informe presentado por la Supervisión junto al oficio UNOPS/2020/95087/AGR/155 de noviembre del 2020. Ese informe de revisión fue utilizado por la Supervisión como parte de los insumos para solicitar mejoras en el sistema de drenaje del viaducto al Contratista, como consta en la Matriz de Hallazgos antes citada. El Equipo Auditor tiene claro que ese es un informe de revisión y no una memoria de cálculo del diseño como tal, ya que la memoria de cálculo del diseño de cada componente del sistema de drenaje menor debía ser elaborada por el Contratista.

De acuerdo con la circular de ingeniería hidráulica HEC-22 (FHWA, 2012), como referencia de buenas prácticas, el sistema de drenaje en carreteras se debe diseñar para recolectar y captar las aguas pluviales de la rasante, conducir las y descargarlas a una estructura o cuerpo de agua receptor. Tomando en cuenta que la escorrentía llega a los sumideros del viaducto con cierta velocidad y dirección, ya sea desde canales longitudinales o desde la rasante, debe estimarse la capacidad hidráulica de captación (o intercepción) de la entrada del sumidero y el porcentaje del caudal de escorrentía que el sumidero logra interceptar, para las condiciones hidráulicas de la tormenta de diseño. De acuerdo con dicha circular HEC-22, la capacidad hidráulica de captación varía con la geometría de la entrada del sumidero y el caudal, profundidad y velocidad del flujo que llega al sumidero, entre otros parámetros. Además, indica que se debe revisar si la capacidad de captación es suficiente para evitar el encharcamiento o inundación de los carriles de tránsito.

Vale la pena aclarar que, en el informe de revisión presentado por la Supervisión, el Consultor revisó la capacidad hidráulica de conducción de los tubos de los sumideros, con la fórmula de Manning, que se utilizó para estimar las condiciones del flujo dentro del tubo y su capacidad a tubo lleno. Sin embargo, no se revisó la capacidad hidráulica de captación de los sumideros. Al no haberse revisado la capacidad hidráulica de captación, no es posible garantizar que el caudal que se estimó que llegaría a cada sumidero, mediante el método racional, efectivamente es el que ingresaría a cada sumidero. Dependiendo de las características del flujo y de la entrada del sumidero, es posible que una parte del caudal no ingrese al sumidero y continúe fluyendo hacia los sumideros aguas abajo, aspecto que no fue revisado de acuerdo con los cálculos disponibles.



Por otra parte, en la Matriz de Hallazgos (con versión actualizada de setiembre de 2021), elaborada por la Supervisión, consta que se han realizado modificaciones en las obras de drenaje del viaducto, posteriores a la revisión del Consultor, como ampliaciones de diámetro de los sumideros, sumideros intermedios y canales longitudinales adicionales. En ese documento, se explica que las modificaciones fueron solicitadas, no sólo por las recomendaciones del Consultor de la Supervisión, sino también por la experiencia en campo en días lluviosos.

Durante las visitas al proyecto del 20 y el 26 de agosto de 2021, se observó que se estaban construyendo sumideros intermedios (en la medianera, contiguos a la barrera central) en las Pilas 31, 32, 36, 37 y 38, tal como lo indica la Matriz de Hallazgos. En una nueva visita técnica el 27 de enero de 2022, se evidenció que se continúa trabajando en estos nuevos drenajes intermedios.

En la documentación aportada por la Administración, no se encontró una memoria de cálculo actualizada que indique, con claridad, aspectos como:

- El área de la rasante que aporta caudal a los sumideros intermedios,
- El caudal aportado a los sumideros intermedios durante la tormenta de diseño,
- La capacidad hidráulica de captación y conducción de los sumideros intermedios para los diámetros que están siendo colocados,
- El valor actualizado del área de la rasante que aporta caudal a los sumideros del espaldón exterior, en las pilas donde hay sumideros intermedios,
- El valor actualizado del caudal aportado a los sumideros del espaldón exterior, en las pilas donde hay sumideros intermedios,
- La capacidad hidráulica de captación (o intercepción) de los sumideros del espaldón exterior para los diámetros ampliados que están siendo colocados.

Por tanto, a la fecha, no se conoce con certeza si todos los elementos del sistema de drenaje del viaducto poseen suficiente capacidad hidráulica para captar la escorrentía de la rasante sin causar encharcamiento o inundación indeseada de los carriles de tránsito.

Por otro lado, en la documentación aportada por la Administración, no se encontró el detalle constructivo final aplicado para las entradas de los sumideros. Se evidenció que algunas entradas han sido construidas con diferencias en geometría y con variaciones en la ubicación de los tubos con respecto a los bordes de las barreras.

Por ejemplo, en la visita al proyecto del 16 de agosto de 2021, se observaron casos como los sumideros en la Pila 22 (Figura 27) y en la Pila 28 (Figura 28), donde un segmento de la circunferencia del tope del tubo se encontraba bajo la barrera lateral (con la barrera como continuación de las paredes del tubo). En la información aportada por la Administración, no se encontró un plano o detalle constructivo asociado a esa condición. En esos casos, no se

aprovecha la circunferencia completa del tope del tubo como longitud de vertido para captar las aguas, lo cual reduce la capacidad hidráulica de captación si se compara con el caso donde toda la circunferencia del tubo está habilitada para captar las aguas, como en los sumideros que se muestran en la Figura 29. A la fecha, el Equipo Auditor no conoce justificación técnica para la construcción de la entrada de los sumideros con las diferencias observadas, tanto en la geometría de la entrada al sumidero como en la distancia entre el borde de los sumideros y el borde de las barreras.

Figura 27. Sumideros con parte de la circunferencia bloqueada por la barrera, en Pila 22. Fecha: 16 de agosto de 2021. Fuente: LanammeUCR.



Figura 28. Sumideros con parte de la circunferencia bloqueada por la barrera, en Pila 28. Fecha: 16 de agosto de 2021. Fuente: LanammeUCR.

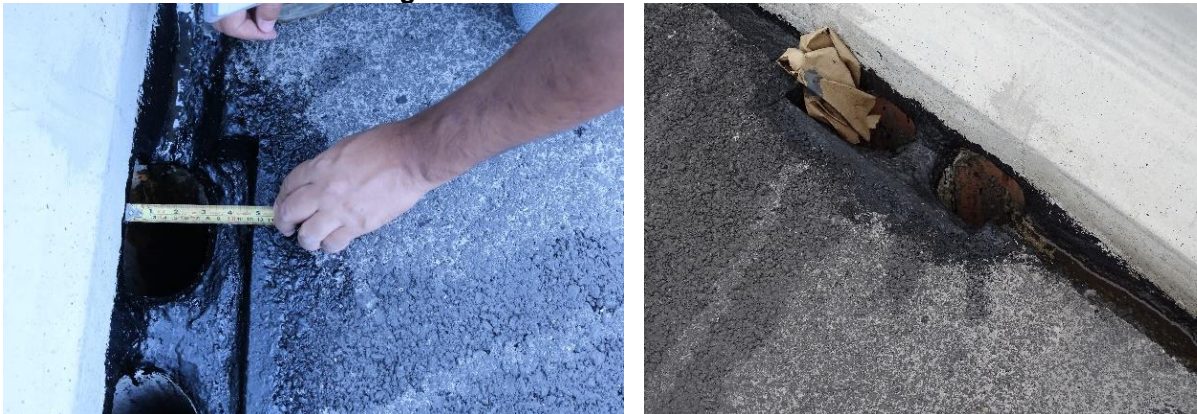
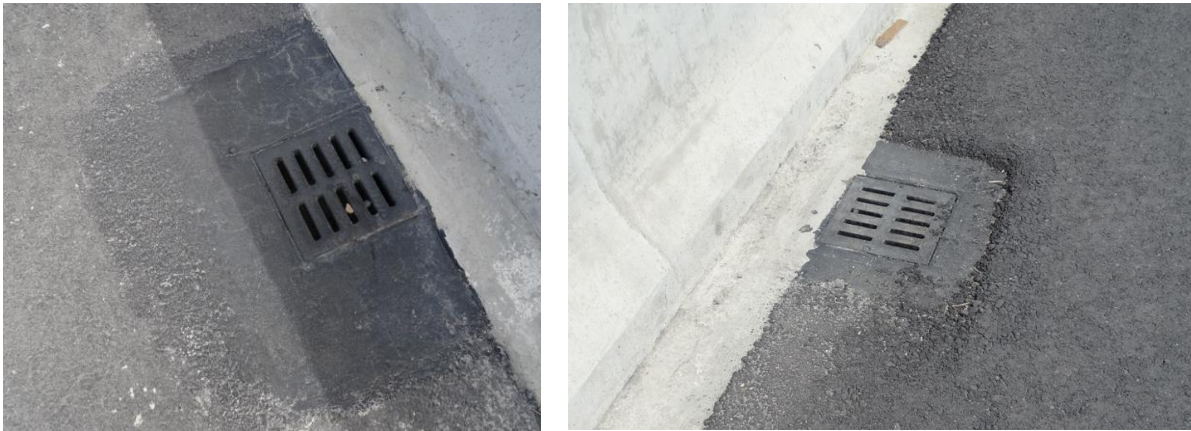


Figura 29. Sumideros con toda la circunferencia disponible para la captación de aguas. Pila 30. Fecha: 16 de agosto de 2021. Fuente: LanammeUCR.



Adicionalmente, en la visitas del Equipo Auditor del 22 de setiembre de 2021 y 27 de enero de 2022, se observaron cuatro sumideros con rejilla en el tramo del relleno de aproximación al Bastión 1 (Figura 30).

Figura 30. Sumidero con rejilla en el tramo del relleno de aproximación al viaducto. Fecha: 27 de enero de 2022. Fuente: LanammeUCR.



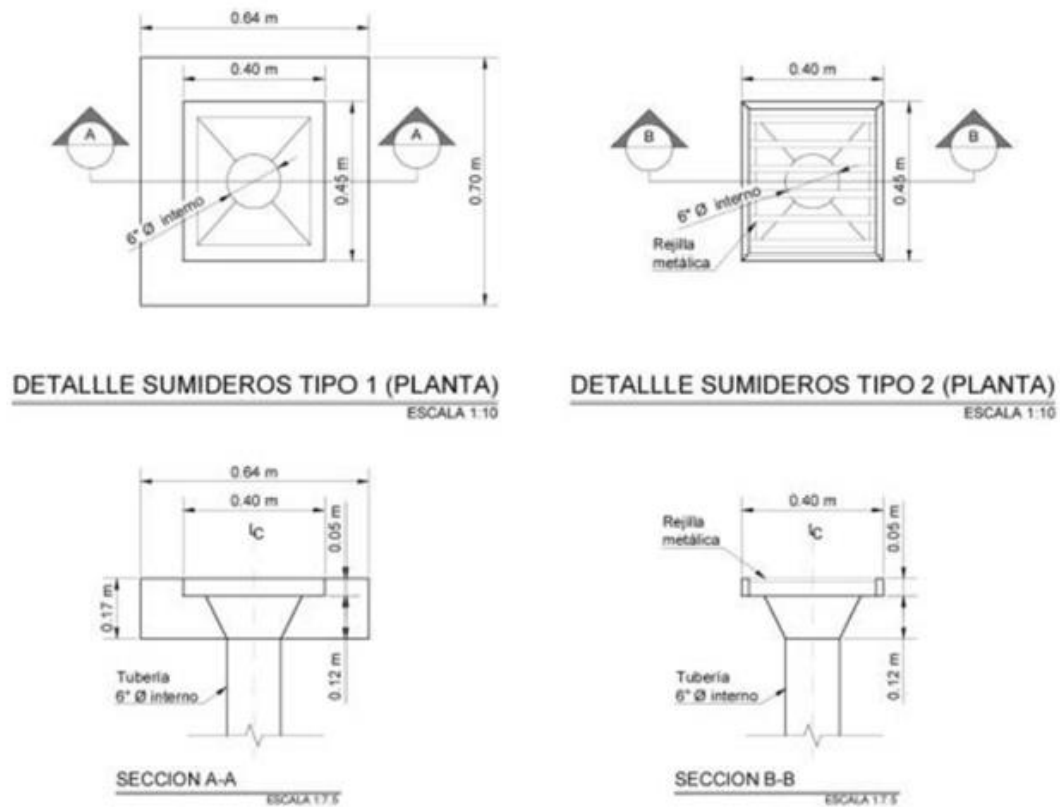
En la documentación aportada por la Administración, no se encontró memoria de cálculo para este tipo de rejilla. Además, existe un espacio entre la barrera de seguridad y la rejilla por donde la escorrentía podría fluir sin ser captada por la rejilla, incrementando el caudal que se dirige hacia las obras de drenaje aguas abajo.

En la Matriz de Hallazgos (con última versión actualizada en setiembre de 2021), se indica que la Supervisión solicitó remover las rejillas para garantizar el ingreso de agua al sumidero, como parte de la lista de pendientes para la recepción provisional. Por tanto, no se conocen las razones técnicas para mantener la rejilla señalada, condición que se mantiene y fue evidenciada en visita técnica del 27 de enero de 2022.

Al respecto de la entrada de los sumideros, en el Informe Hidrológico e Hidráulico de la Unidad Funcional III (2017) se especificaba que habría dos tipos de sumidero, uno con rejilla (pendiente menor que 2%) y uno sin rejilla (pendiente mayor que 2%). En el oficio O-CN-2021.05.14-01 del 14 de mayo de 2021, como parte de la respuesta a la nota informe LM-EIC-D-0355-2021, el Consorcio indicó que la Administración, el Consorcio y la Supervisión acordaron eliminar la rejilla para mejorar la capacidad hidráulica. Es decir, se interpreta que se descartó el detalle del sumidero Tipo 2 de la Figura 31.

Sin embargo, en ese informe se observa que la entrada de los sumideros sin rejilla (Tipo 1, Figura 31) contemplaba una transición (cono truncado) desde un diámetro mayor, al nivel de la rasante, hasta alcanzar los 150 mm de diámetro de la tubería a un nivel 17 cm más bajo que la rasante. En el detalle, toda la circunferencia de la tubería estaba habilitada para recibir las aguas pluviales, situación que no se presenta actualmente en todos los sumideros, tal como se ejemplificó en las Figuras 27 y 28.

Figura 31. Detalle de sumideros propuesto en el Informe Hidrológico e Hidráulico de la Unidad Funcional III.





No está clara la justificación técnica que condujo a variar la geometría de la entrada a los sumideros y si esa variación fue consensuada entre la Administración, la Supervisión y el Consorcio. Se reitera que, en la documentación aportada por la Administración, no se ha encontrado el detalle constructivo final para la entrada de los sumideros. De acuerdo con esto, esta justificación técnica es importante para garantizar que este cambio en la geometría de entrada a los sumideros no afecta negativamente la captación eficiente de aguas.

OBSERVACIÓN NO. 1: SE EVIDENCIARON ALGUNAS IMPRECISIONES EN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LOS CAUDALES APORTADOS A LOS SUMIDEROS DE ALGUNAS PILAS DEL VIADUCTO.

Dentro de la información aportada a esta Auditoría, se evidenciaron algunas imprecisiones en la metodología de cálculo de los caudales aportados a los sumideros de algunas pilas del viaducto, en el informe de revisión de la capacidad hidráulica de los sumideros presentado por la Supervisión, informe que fue utilizado como parte de los insumos para solicitar modificaciones al sistema de drenaje del viaducto. A la fecha, los efectos de las imprecisiones no están del todo claros porque el sistema de drenaje construido presenta variaciones con respecto a la condición analizada en ese informe.

Debido a que no se disponía de cálculos específicos elaborados por el Contratista para los sumideros del viaducto, la Supervisión presentó un informe de revisión de la capacidad hidráulica de los sumideros, elaborado por un Consultor especialista, el cual se adjuntó al oficio UNOPS/2020/95087/AGR/155 de noviembre del 2020 aportado al Equipo Auditor. El Equipo Auditor tiene claro que ese es un informe de revisión y no una memoria de cálculo del diseño como tal, ya que la memoria de cálculo del diseño de cada componente del sistema de drenaje menor debía ser elaborada por el Contratista, según los documentos contractuales.

Aun así, el Equipo Auditor consideró importante revisar la metodología de cálculo desarrollada en el informe mencionado porque, de acuerdo con la Supervisión, los criterios emitidos en ese informe fueron tomados en cuenta como parte de los insumos técnicos para identificar debilidades en el sistema de drenaje y solicitar modificaciones al Contratista al respecto. Además, era el único informe aportado al Equipo Auditor con cálculos hidráulicos específicos para estimar el caudal de diseño y la capacidad hidráulica de los sumideros.

Para estimar el caudal aportado a cada uno de los sumideros del viaducto, el Consultor utilizó el método racional. El método racional es un método aceptado para el cálculo del caudal de diseño de drenajes, cuando las áreas de aporte son pequeñas, como el caso de las áreas que son drenadas por los sumideros del viaducto. El método racional requiere la estimación de:



- Un coeficiente de escorrentía acorde al tipo de superficie sobre la que corre el agua,
- La intensidad de la precipitación para el período de retorno de la tormenta de diseño,
- El área de la cuenca o área tributaria que es el área que aporta caudal al punto de control o punto de análisis.

El caudal aportado a un punto se calcula como el producto del coeficiente de escorrentía, la intensidad de la precipitación y el área tributaria hasta ese punto.

En este caso, cada par de sumideros es un punto de análisis y el área tributaria de cada par de sumideros depende de las pendientes transversales y longitudinales de la rasante, que varían a lo largo y ancho del viaducto. En los tramos donde esas pendientes varían, la extensión del área tributaria es distinta para cada par de sumideros del viaducto.

Con respecto a la aplicación del método racional, en los cálculos presentados se observa que el coeficiente de escorrentía seleccionado es razonable para un pavimento. Además, la intensidad de la precipitación fue calculada de manera apropiada con base en la información de la estación IMN Aranjuez.

En cuanto al área tributaria a cada sumidero, el Consultor consideró solo dos valores:

- Caso 1: 468 m², cuando hay bombeo hacia ambos costados de la vía, como en la sección transversal de la Figura 26.
- Caso 2: 936 m², cuando hay bombeo hacia un solo costado de la vía debido al peralte, caso que se presenta en el tramo entre las pilas 19 y 38 del viaducto.

Para el Caso 1, en planos se especificaron dos sumideros en cada costado de la vía, en cada sección donde hay una pila. Entonces, se utilizó un área tributaria de 468 m² a cada par de sumideros (11,7 m de ancho de la rasante en un sentido del viaducto por 40 m de distancia media entre las pilas).

Para el Caso 2, el Consultor analizó la capacidad de un par de sumideros en un solo costado de la vía. Para ese caso, utilizó el doble del ancho y, por tanto, obtuvo el doble del área tributaria (936 m²).

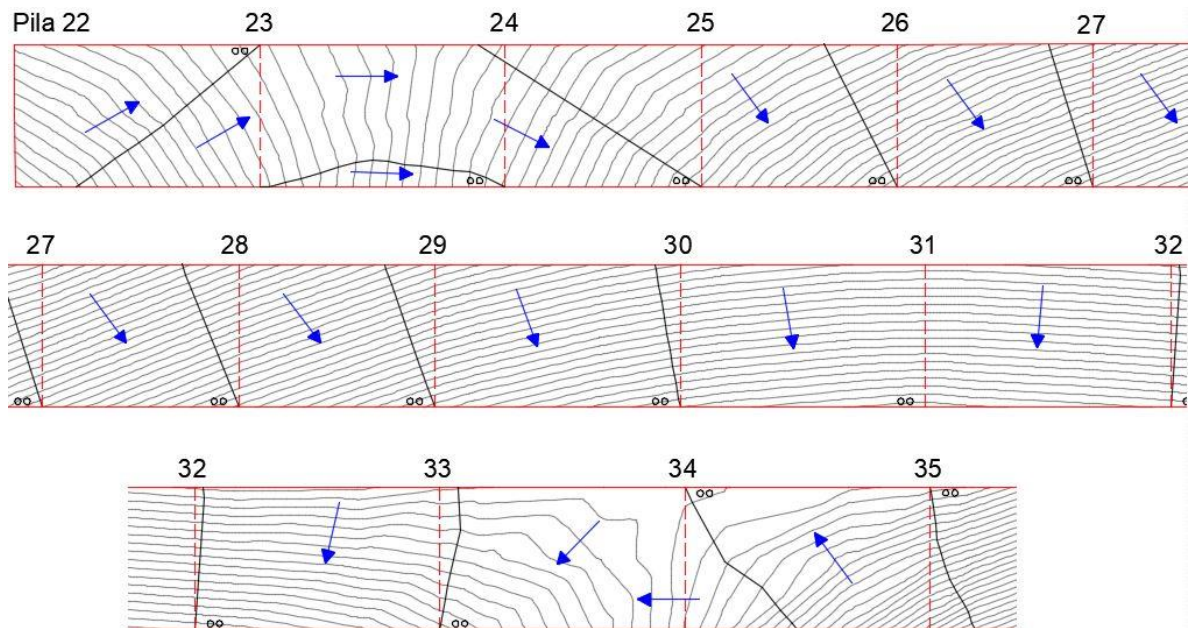
Según lo muestran las secciones transversales y el perfil longitudinal del viaducto, en el tramo entre las Pilas 19 y 38 hay variaciones importantes de la pendiente transversal y longitudinal de la rasante. En ese tramo, la pendiente transversal es hacia un costado, debido al peralte.

Con base en el conjunto de planos disponible de la Unidad Funcional III (“050500 Secciones Transversales” de agosto de 2018 y “060100 Planos Generales 1-8” de octubre de 2018), el Equipo Auditor construyó un modelo de elevación de la rasante en el tramo entre las pilas 22 y 35 con el objetivo de verificar la validez de considerar un área de 936 m² cuando hay

sumideros en un solo costado de la vía, tomando en consideración las pendientes de la rasante. De la sección transversal presentada en planos, se tomó en cuenta el nivel de la capa de rodamiento de mezcla asfáltica. La superficie de la rasante se muestra en la Figura 32.

Las líneas negras dividen las áreas tributarias aproximadas. Las líneas rojas punteadas muestran la ubicación de los ejes de las pilas. Las flechas azules indican esquemáticamente la dirección aproximada de la escorrentía. Las líneas grises corresponden a las curvas de nivel cada 0,10 m, interpoladas con base en los datos de las secciones transversales. Los sumideros se representan esquemáticamente con círculos de color negro. Cabe aclarar que la ubicación de los sumideros en el esquema es acorde con el caso revisado por el Consultor (dos sumideros en un solo costado de la vía cuando hay bombeo hacia un solo lado por el peralte). El esquema no representa la cantidad y ubicación actual de los sumideros en sitio porque, como se mencionó anteriormente, se han realizado modificaciones. No obstante, cabe recordar que lo que se revisa en esta sección es la metodología que se utilizó para estimar las áreas tributarias y el caudal aportado a cada par de sumideros para el caso de una rasante con pendiente longitudinal y transversal variable.

Figura 32. Vista en planta de la superficie de la rasante de acuerdo con los planos disponibles, indicando esquemáticamente las áreas tributarias entre las Pilas 22 y 35.



Nota. La ubicación de los drenajes es acorde con el caso revisado por el Consultor y no representa la configuración actual del drenaje en sitio.

Es evidente que las áreas tributarias varían en forma y tamaño debido a la variación espacial de la pendiente transversal y longitudinal de la rasante. Por lo tanto, considerar un valor de área tributaria constante en este caso fue una simplificación.



Tras el primer análisis del Equipo Auditor, se concluyó que las áreas tributarias a los sumideros de las Pilas 25, 26 y 31 excedían en más del 10% el área considerada en el informe de revisión presentado por la Supervisión (936 m²). Consecuentemente, en la nota informe LM-EIC-D-0355-2021, se recomendó a la Administración determinar con exactitud las áreas que aportan escorrentía a los sumideros de las Pilas 25, 26 y 31, con base en la geometría final de la rasante, y estimar nuevamente los caudales aportados a esos sumideros.

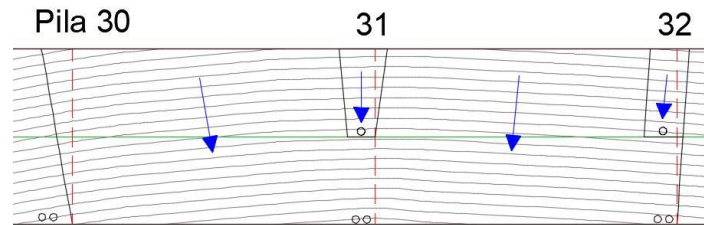
En la respuesta de la Administración, específicamente en la Matriz de Hallazgos elaborada por la Supervisión, relacionada a la nota informe LM-EIC-D-0355-2021 (versión 02, de setiembre de 2021), se indicó que, para el caso de la Pila 24 se hizo la solicitud al Contratista de agregar sumideros en ambos lados de la vía. En la visita del 16 de agosto de 2021 al proyecto, se pudo verificar que se agregó un nuevo par de sumideros en uno de los costados.

Ese nuevo par de sumideros en la Pila 24 redujo significativamente el área tributaria a los sumideros de las Pilas 25 y 26 a aproximadamente 990 m² y 920 m², respectivamente, de acuerdo con el modelo de elevaciones. Es decir, el área tributaria que el Consultor estimó en su informe de revisión fue sólo 6% menor que el área tributaria estimada con el modelo de elevaciones para los sumideros de la Pila 25 y fue apenas 2% mayor que el área tributaria estimada para los sumideros de la Pila 26 con el modelo de elevaciones, al considerar los sumideros adicionales a los existentes en la Pila 24. Se puede concluir que, con la inclusión de los nuevos sumideros, los valores de área tributaria calculados por el Consultor para los sumideros de las Pilas 25 y 26 son cercanos a los estimados con el modelo de elevaciones realizado.

En el caso de los sumideros de la Pila 31, durante la visita del Equipo Auditor al proyecto del 20 de agosto de 2021, se observó que en esa pila estaba en construcción un sumidero intermedio (a un costado de la barrera ubicada en la medianera). Es decir, varió la condición analizada en el informe de revisión presentado por la Supervisión, por lo cual, los efectos de la imprecisión en la determinación del área tributaria para los sumideros de esa pila aún no están claros a la emisión del presente informe.

De acuerdo con el modelo de elevaciones, si no se construyen canales longitudinales adicionales en la medianera, de forma que tengan la capacidad hidráulica suficiente para interceptar y conducir buena parte de las aguas al sumidero intermedio, sin que el agua fluya por los orificios de la barrera central al otro costado de la vía, el área tributaria para el sumidero intermedio de la Pila 31 sería relativamente pequeña en comparación con el área tributaria de los sumideros en el espaldón externo en esa misma pila, como se muestra en el esquema de la Figura 33.

Figura 33. Esquema de las áreas tributarias de los sumideros de la Pila 31 si no se construyen canales en la medianera



Si no se construyen canales longitudinales en la medianera, como se mencionó anteriormente, el área que aporta aguas pluviales a los sumideros del espaldón externo en la Pila 31 apenas se vería reducida por el drenaje intermedio. En ese caso, el área tributaria que descargaría a los sumideros del espaldón externo rondaría los 1800 m² según el modelo de elevaciones, valor significativamente mayor que el área de 936 m² utilizada por el Consultor en el cálculo del caudal aportado a los sumideros cuando hay peralte.

Al respecto, la Administración no ha proporcionado respaldo técnico documentado (mapas o planos y memoria de cálculo) que indique con claridad el área tributaria y el caudal aportado durante la tormenta de diseño al sumidero intermedio de la Pila 31. Tampoco se ha especificado la nueva área tributaria y el ajuste del caudal aportado a los sumideros del espaldón externo en esa pila.

Por otra parte, en el tramo entre las Pilas 35 y 38, de acuerdo con los planos, el ancho de la rasante se incrementa y supera los 30 m. En esas pilas, se presenta bombeo hacia un solo costado de la vía. En el informe de revisión presentado por la Supervisión, se subestimaron las áreas tributarias a los sumideros de cada una de esas pilas, porque se utilizó un ancho de 23,4 m cuando el bombeo es hacia un solo costado de la vía (40 m de largo por 23,4 m de ancho dan como resultado los 936 m² de área tributaria estimada por el Consultor) y no se actualizó con el ancho que supera los 30 m. Al subestimar las áreas tributarias, para el caso analizado en esa revisión, también se subestimaron los caudales aportados a los sumideros de las pilas mencionadas.

Ahora bien, el caso analizado en el informe de revisión presentado por la Supervisión varió en sitio, debido a la construcción de sumideros intermedios en esas pilas. Durante las visitas al proyecto, específicamente en fechas 26 de agosto de 2021 y 27 de enero de 2022, se pudo observar que en las Pilas 36, 37 y 38 se estaban construyendo sumideros intermedios que podrían reducir las áreas tributarias a los sumideros del espaldón externo, en comparación con el caso analizado por el Consultor.



Sin embargo, en la documentación aportada por la Administración, el Equipo Auditor no encontró:

- La memoria de cálculo para determinar el área tributaria y el caudal aportado durante la tormenta de diseño a los sumideros intermedios en construcción en las Pilas 35, 36, 37 y 38,
- La memoria de cálculo del área tributaria y del caudal aportado durante la tormenta de diseño a los sumideros ubicados en el espaldón externo de las Pilas 35, 36, 37 y 38, con los ajustes respectivos considerando la presencia de los nuevos sumideros intermedios.

En resumen, con la información aportada, no ha sido posible verificar los cálculos de las áreas tributarias y caudales estimados por el Consultor para la tormenta de diseño a los sumideros (intermedios y externos) en las pilas mencionadas, datos que se consideran básicos para conocer con exactitud la distribución de las aguas pluviales entre los distintos sumideros, paso previo necesario para proceder con la revisión de la capacidad hidráulica de captación y conducción de los mismos.

OBSERVACIÓN NO. 2: NO EXISTE EVIDENCIA QUE SE HAYA REVISADO LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE CAPTACIÓN (O INTERCEPCIÓN) DE LA ENTRADA DE LOS SUMIDEROS DEL VIADUCTO NI SE ESTIMÓ EL ANCHO ENCHARCADO EN LA ZONA DEL ESPALDÓN DEL VIADUCTO PARA LA TORMENTA DE DISEÑO, TANTO EN LA CERCANÍA DE LOS SUMIDEROS COMO EN LOS TRAMOS ENTRE SUMIDEROS.

De acuerdo con la documentación aportada a esta Auditoría, no existe evidencia de que se haya revisado la capacidad hidráulica de captación (o intercepción) de la entrada de los sumideros del viaducto, ni de que se estimara el ancho de encharcado en la zona del espaldón del viaducto para la tormenta de diseño, tanto en la cercanía de los sumideros como en los tramos entre sumideros, siguiendo las buenas prácticas de ingeniería como las referidas en la circular HEC-22. De acuerdo con esto, no se ha cuantificado el riesgo de eventos de encharcamiento o inundación de los carriles de tránsito, cuando el ancho encharcado excede el ancho del espaldón. Con la información disponible y aportada a esta Auditoría, no se puede descartar la posibilidad de que ocurran eventos de encharcamiento o inundación en los carriles de tránsito, eventos que pueden provocar interrupción o desaceleración del tráfico y accidentes por hidroplaneo, por limitación de visibilidad por salpicadura de agua o por dificultades en la maniobrabilidad del vehículo.

Los criterios emitidos en esta observación se basan en la circular *HEC-22 Urban Drainage Design Manual* (FHWA, 2012) como referencia de buenas prácticas de ingeniería.



De acuerdo con la circular, el objetivo de los sistemas de drenaje en carreteras es permitir un paso seguro de los vehículos durante la tormenta de diseño. El sistema de drenaje debe ser diseñado para:

- a) **Captar** las aguas pluviales de la rasante,
- b) **Conducirlas** por medio de tuberías u otras obras a un punto de descarga,
- c) **Descargarlas** a una estructura o un cuerpo receptor.

Según la circular, el sistema de captación de las aguas pluviales debe permitir una remoción rápida de la escorrentía para minimizar el riesgo de encharcamiento o inundación de los carriles de tránsito. En el caso del viaducto, los canales laterales contiguos a las barreras y los sumideros son elementos que tienen la función de recolectar y captar las aguas de lluvia de la rasante, para introducirlas a la tubería que lleva las aguas al nivel inferior.

De acuerdo con la guía HEC-22, la remoción rápida de la escorrentía minimiza el riesgo de interrupción o desaceleración del tráfico y el riesgo de accidentes por:

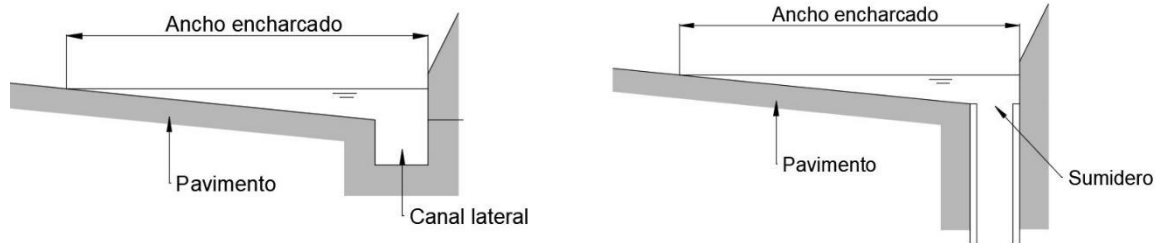
- Hidroplaneo (la separación de la llanta del vehículo y la superficie de ruedo debido a la formación de una lámina de agua sobre esa superficie),
- Limitación de visibilidad por la salpicadura del agua,
- Dificultades en la maniobrabilidad de los vehículos.

Según la circular, el drenaje de las aguas pluviales de la rasante es función de las pendientes longitudinales y transversales del pavimento, de la rugosidad del pavimento, de la separación de los tragantes o sumideros y de la capacidad hidráulica de captación de la entrada de los tragantes o sumideros. Además, en el caso particular del viaducto, es función de las dimensiones y pendiente de los canales longitudinales que se han implementado al lado de las barreras.

Una vez que las aguas pluviales son removidas de la rasante, el sistema de conducción (por ejemplo, las tuberías que llevan las aguas al nivel inferior del viaducto) tiene el objetivo transportar de manera eficiente el agua desde los sumideros o tragantes hasta el punto de descarga, sin sobrecargar la entrada de los sumideros o tragantes (para no afectar la capacidad hidráulica del sistema de captación).

Sobre la capacidad hidráulica del sistema de captación, de acuerdo con la circular, los elementos de captación (canales, caños, sumideros, tragantes, etc.) que se localizan a los costados de la vía deben dimensionarse y ubicarse de manera que se limite el ancho encharcado (o espejo de agua) en los costados de la superficie de ruedo, por el flujo de las aguas pluviales. En la Figura 34, se muestra un esquema para aclarar el concepto de ancho encharcado, que es el ancho de la lámina de aguas pluviales que fluye por los costados de la superficie de ruedo.

Figura 34. Esquema del ancho encharcado a los costados de la vía.



Nota: Elaboración propia.

Según la circular, el ancho encharcado aceptable se define considerando el riesgo aceptable de accidentes y las posibles demoras en el tráfico. Así, por ejemplo, la circular recomienda como criterio de diseño (Tabla 4-1) que, para una carretera de alto volumen y con velocidad de diseño mayor a 70 km/h, el ancho encharcado no se extienda más allá del espaldón para un evento de 10 años de período de retorno.

Para conocer el ancho encharcado, en el caso del viaducto, es necesario estimar la profundidad del agua que fluye en la zona del espaldón. La profundidad del agua en esa zona es función de la capacidad hidráulica de los canales longitudinales que se construyeron recientemente (de 6 cm de profundidad y aproximadamente 7 cm de ancho), de la pendiente transversal de los espaldones y, en la cercanía de los sumideros, de la capacidad hidráulica de captación de la entrada de los sumideros.

La profundidad del agua en los canales longitudinales y el espaldón, en los tramos entre sumideros, depende del ancho, la profundidad y la pendiente de los canales y de la pendiente transversal del espaldón. Se pueden utilizar ecuaciones como la de Manning para determinar la profundidad del agua y el ancho encharcado.

Por otra parte, la profundidad del agua y el ancho encharcado en la zona del espaldón cercana a los sumideros, dependen de la capacidad hidráulica de captación de la entrada de los sumideros. De acuerdo con HEC-22, la capacidad hidráulica de captación de la entrada de los sumideros o tragantes gobierna la tasa a la que el agua es removida de la rasante e ingresa al sistema de conducción. Una capacidad hidráulica inadecuada de la entrada de los sumideros podría causar el encharcamiento indeseado de la rasante.

La circular HEC-22 dedica su sección 4.4 al diseño de la entrada de tragantes y sumideros. La capacidad hidráulica de captación de la entrada de los sumideros, la profundidad en la entrada y el ancho encharcado dependen de:

- La magnitud del caudal, la profundidad y la velocidad del agua proveniente de los canales longitudinales y de la rasante,



- La geometría y configuración de los sumideros (por ejemplo, en el caso del viaducto, el diámetro de los sumideros, su acomodo y el nivel de su entrada con respecto al nivel de la rasante).

Los factores anteriores también determinan la eficiencia de la entrada del sumidero, que corresponde al porcentaje del caudal que efectivamente ingresa a la tubería, del total de caudal que llega al sumidero. Al no haberse revisado la capacidad hidráulica de captación de la entrada de los sumideros, no es posible garantizar que el caudal estimado por el método racional efectivamente sea el que ingresará a la tubería. Dependiendo de las características del flujo y de la entrada del sumidero, es posible que una parte del caudal no ingrese y continúe fluyendo hacia los sumideros aguas abajo. En tal caso, ese caudal que no es captado se debería considerar en el diseño del siguiente sumidero en dirección aguas abajo.

En la documentación del proyecto aportada a esta Auditoría, no se encuentra que se haya estimado la capacidad de captación de los sumideros, la profundidad del agua a la entrada de los sumideros, ni el ancho encharcado para la tormenta de diseño en las cercanías de los sumideros. Tampoco se encontró que se estimara el ancho encharcado en los tramos entre sumideros. Por ende, no es posible descartar, con la información disponible, que puedan ocurrir eventos de encharcamiento o inundación en los carriles de tránsito, eventos que podrían provocar interrupción o desaceleración del tráfico y accidentes por hidroplaneo, por limitación de visibilidad por salpicadura de agua o por dificultades en la maniobrabilidad del vehículo.

Cabe aclarar que, sólo por medio de la observación en campo en el corto plazo, no es posible confirmar que los sumideros tendrán suficiente capacidad de captación, ya que es poco probable que en un período aproximado de un año de monitoreo se observe una tormenta de 10 o 25 años de período de retorno. De hecho, la probabilidad de ocurrencia de esos eventos en un año es sólo de 10% y 4%, respectivamente. Además, se ha podido observar que, por encontrarse el proyecto en fase constructiva, existen puntos donde las aguas pluviales son descargadas temporalmente por espacios abiertos entre las barreras laterales, que eventualmente deben ser cerradas. Esto reduce temporalmente el caudal que realmente debe llegar a algunos sumideros en su funcionamiento normal cuando se completen las barreras laterales.

Durante la visita al proyecto del 8 de setiembre de 2021, se presencié un fuerte evento de precipitación en el viaducto. Se observó un área encharcada entre las Pilas 34 y 35, en la zona de baja pendiente entre ambas pilas que se puede apreciar en el modelo de elevaciones de la Figura 32.

Como se observa en la Figura 35, el ancho encharcado abarca gran parte del espaldón, cerca de la demarcación horizontal de la señal de CEDA, indicando que se podrían presentar



problemas en esa zona para un evento de mayor intensidad. Se sabe que se están construyendo sumideros intermedios en la Pila 35, sin embargo, no se cuenta con respaldo técnico para verificar si ese sumidero intermedio reduciría el caudal aportado al tramo señalado.

Figura 35. Área encharcada en el espaldón entre las Pilas 34 y 35. Fecha: 8 de setiembre de 2021.



Sobre la calidad de la mezcla asfáltica modificada

Para el periodo del presente análisis de resultados de ensayo -comprendido entre los años de 2018 a 2021- en el proyecto de Circunvalación Norte se debe tener claro que se produjo mezcla asfáltica modificada con dos tipos de tamaño máximo nominal de agregados (TMN), a saber, con agregado de $\frac{1}{2}$ pulgada (12,5 mm) y con agregado de $\frac{3}{4}$ pulgada (19 mm).

De acuerdo a la versión vigente del CR-2010 al momento de la emisión del cartel de licitación, los requisitos establecidos en la tabla 418-2 del apartado 418.04.02.01 "Graduación de la combinación de agregados" indicado en el Sección 418.) "MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA USOS ESPECIFICOS" establecen los rangos granulométricos para la combinación granulométrica con TMN de 12,5 mm y 19 mm.

Por otra parte el apartado 5.4 del capítulo 2 del cartel de licitación establece que la capa asfáltica superior (capa de rodamiento) deberá cumplir con los requisitos correspondientes a la mezcla asfáltica Superpave para resistir deformación plástica y daño por humedad según la designación 418 (3) puntualizados en el apartado 418.06.03 de la Sección 418 del Manual CR-2010. Además, se especifica que la capa asfáltica inferior debe cumplir con los requisitos para la mezcla asfáltica para resistir agrietamiento por fatiga de acuerdo con la designación 418 (4) detallados en el apartado 418.06.04 de la Sección 418 del Manual CR-2010.



Finalmente, el cumplimiento de la especificación se valora mediante la determinación del porcentaje de resultados que se encuentra fuera de los límites de especificación mediante la metodología de inferencia estadística descrita en la sección 107.05 del CR-2010.

HALLAZGO 4: LA MAYORÍA DE LOS RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS ANALIZADAS DE TAMAÑO 12,5 MM Y 19 MM CUMPLEN LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL CARTEL DE LICITACIÓN.

A. Mezcla asfáltica de tamaño de 12,5 mm

Resultados LanammeUCR

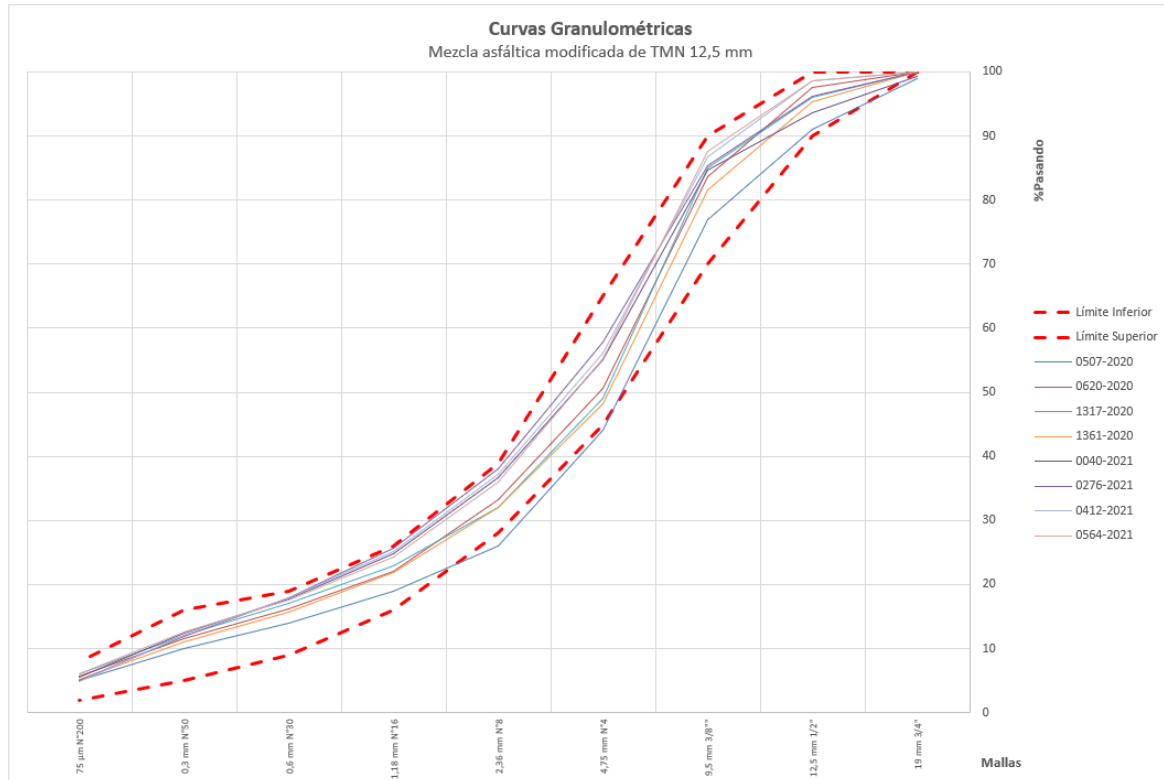
En la Figura 36 se muestra la representación gráfica de los resultados obtenidos para las muestras de ensayo analizadas por LanammeUCR durante el periodo de muestreo comprendido entre los años de 2020 a 2021. Como se observa, la mayoría de los resultados de un total de 8 muestras, se encuentran dentro de los límites de especificación establecidos, lo cual se evidencia con los valores de porcentaje de cumplimiento para cada uno de los tamaños granulométricos que se muestran en la Tabla 3, en donde los resultados para la malla N°8 muestran la mayor variabilidad.

Tabla 3. Porcentaje de cumplimiento para cada una de las mallas.

Parámetro	Malla (% pasando)							
	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
Promedio	95,9	84,0	52,0	33,9	23,2	16,8	11,7	5,44
Desviación Estándar	2,6	3,4	4,8	4,0	2,2	1,4	0,8	0,49
% de incumpliendo	11%	6,0%	11%	21%	13%	8%	0,1%	0,1%
% máximo permitido para aceptación ¹	41,438%							

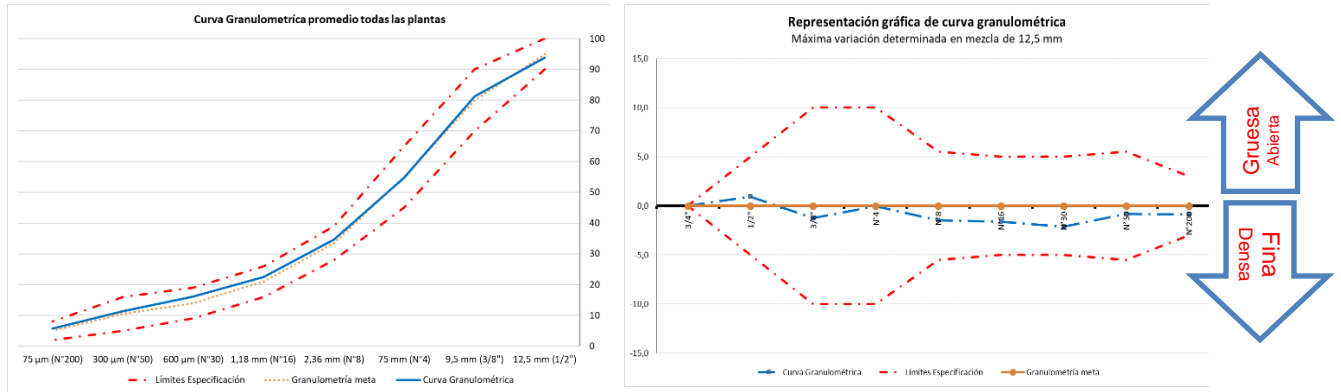
¹ En la tabla 107-2 "Factor de calidad" del apartado 107.05 "Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)" establece para cada "Número de pruebas realizadas" un **límite máximo de aceptación** donde el material o proceso puede ser aceptado con un factor de pago de 0,75, a partir de ese valor dicho material o proceso no es aceptable.

Figura 36. Resultados granulométricos para las mezclas asfálticas modificadas de 12,5mm ensayadas y analizadas por LanammeUCR. Fuente: Auditoría Técnica



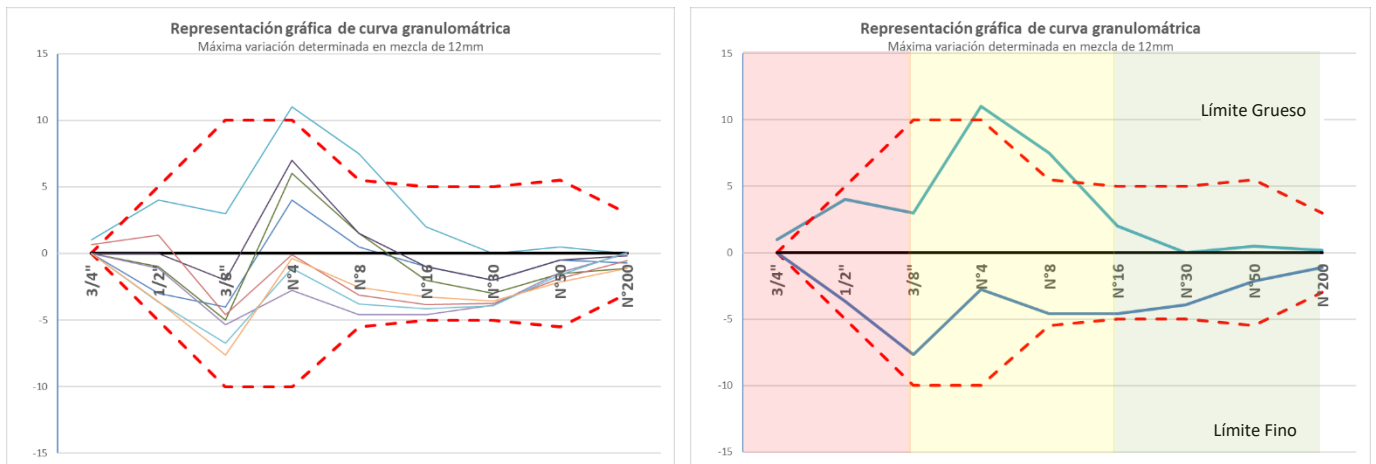
Además, con el fin de determinar la tendencia general existente de la granulometría y las variaciones presentes en cada tamaño de malla que conforma la curva granulométrica en las muestras analizadas se emplea un método gráfico en donde la granulometría objetivo se representa como el eje horizontal (eje x) y los límites de especificación. Luego se realiza la representación gráfica de cada una de las curvas granulométricas, determinando la magnitud existente entre el valor de % pasando, reportado en el ensayo y el valor objetivo de cada tamaño (para cada uno de los tamices en particular) considerando todos los tamaños granulares reportados, tal como se ejemplifica en la Figura 37.

Figura 37. Ejemplo de representación gráfica de las curvas granulométricas. Fuente: Auditoría Técnica



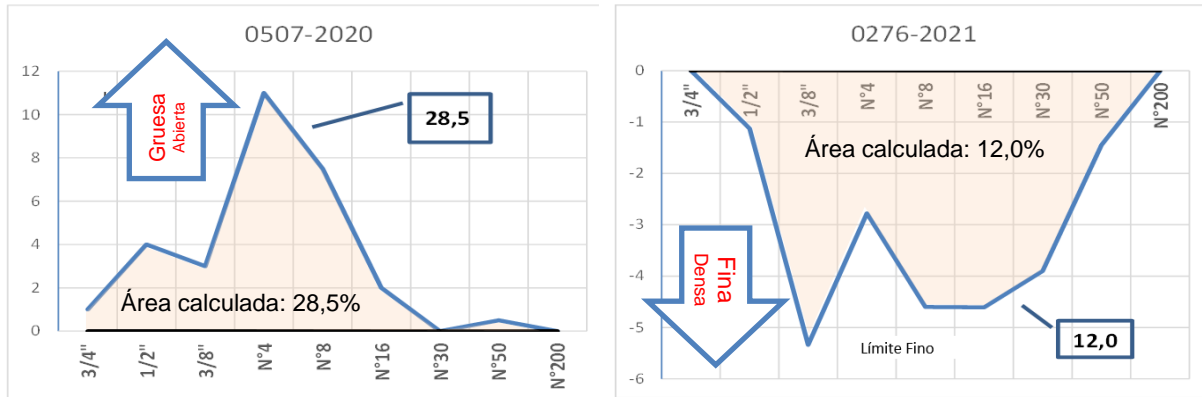
Por tanto en las gráficas de la Figura 38 se presentan las variaciones máximas de las curvas granulométricas de la mezcla modificada de TMN de 12,5 mm, con respecto a ambos límites de especificación para las mezclas asfálticas analizadas. Del análisis se determina que la fracción gruesa (rojo) e intermedia (amarillo) tienen una composición variada (gruesa-fina) ya que los resultados están entre ambos límites de la especificación. Por otro lado, es posible evidenciar que, los agregados de tamaño fino (malla N°16, N°30, N°50 y N°200, color verde) se ubican en el lado denso de la especificación. Sin embargo, se observan incumplimientos en las mallas N°4 y N°8, tendiendo a la parte gruesa, lo que corresponde a una de las muestras.

Figura 38. Representación gráfica de las curvas granulométricas para las mezclas asfálticas modificadas de TMN de 12,5 mm ensayadas y analizadas por LanammeUCR. Fuente: Auditoría Técnica



Finalmente, para cuantificar que tan densa o abierta es la estructura granulométrica de cada muestra, se determina el área conformada por el polígono que se ubica por encima (ej. con un área de 28,5) ó por debajo (ej. con un área de 12,0) de la línea de la granulometría meta (representada por el eje x) tal como se ejemplifica en la Figura 39. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

Figura 39. Representación gráfica de las curvas granulométricas de 2 muestras de mezcla asfáltica modificada de 12,5mm ensayadas y analizadas por LanammeUCR. Fuente: Auditoría Técnica



De la información presentada en la Tabla 4, se puede determinar que una muestra es particularmente gruesa, lo que sería un indicativo de una volumetría abierta.

Además, se puede observar que 3 de 8 de las muestras tienen una evidente disposición hacia el límite denso de la especificación, lo que indicaría muestras con volumetrías cerradas con alta presencia de finos.

Tabla 4. Determinación de la variabilidad y cumplimiento de las curvas granulométricas

Muestra	Fecha de muestreo	Informe	Ubicación	Grueso	Fino	Balance	Tendencia
0507-2020	10-jun-20	I-0451/0468/520-20	Mezcla Asfáltica Modificada marginal Walmart	28,5	0,0	28,5	Grueso
0620-2020	24-jun-20	I-557/632-2020	Mezcla Asfáltica Modificada marginal URUCA Abonos Agro	3,3	-9,7	-6,4	Fino
1317-2020	08-dic-20	I-1019-2020/0129-2021	Mezcla Asfáltica Modificada marginal 36 a 39 Sentido URUCA TIBAS	5,7	-11,3	-5,6	Fino
1361-2020	16-dic-20	I-0050/0130-2021	Mezcla Asfáltica Modificada colocada sobre Ruta 32 Pila 45	9,7	-4,5	5,2	Grueso
0040-2021	15-ene-21	I-0069-2021	Mezcla Asfáltica Modificada colocada Eje 18 Uruca Frente a Lagar y Muro Sur.	1,2	-17,0	-15,9	Fino
0276-2021	25-feb-21	I-0344/0345-2021	Paso puente Ruta 32 unidad funcional 4 rampa de entrada Ruta 32 hacia rotonda sentido Limón-San José (166,0 °C.)	0,0	-23,8	-23,8	Fino
0412-2021	17-mar-21	I-0437/0479-2021	Eje 1, rampa derecha, UF3 el viaducto. Estacionamiento de la 1+890 a la 2+210	0,0	-24,9	-24,9	Fino
0564-2021	16-abr-21	I-0544/0584-2021	Acceso a gasolinera en R32. vagoneta #3, placa 165248	0,0	-23,7	-23,7	Fino



Resultados de verificación de la calidad

Por su parte, al realizar el análisis estadístico con los resultados de las granulometrías de la mezcla asfáltica de TMN 12,5 mm efectuadas desde el año 2018 al 2021 por verificación de calidad, se logra evidenciar que la mayoría de los resultados se encuentran dentro de los límites de especificación como se observa en la Tabla 5, con porcentajes de incumplimiento máximos de tan solo 5% para la malla 1/2" y 6% para la malla N°16, que no consideran significativo al ser menores a 10%.

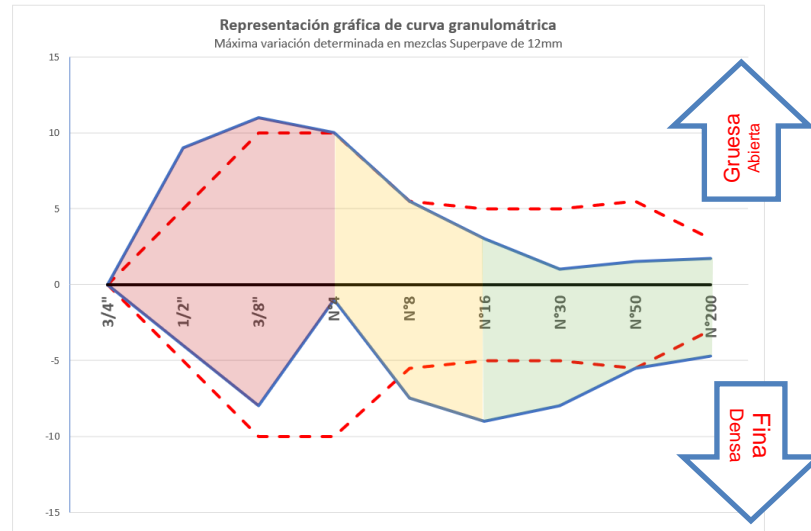
Tabla 5. Porcentaje de cumplimiento para cada una de las mallas.

Parámetro	Malla (% pasando)							
	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
Promedio	94,8	82,2	50,6	33,5	23,0	16,2	11,4	4,8
Desviación Estándar	2,5	3,6	3,1	2,5	1,9	1,5	1,3	0,9
% de incumpliendo	5%	1,8%	3,8%	3%	6%	3%	0%	0,2%
% máximo permitido para aceptación ²	25,000%							

En la Figura 40 se presentan las variaciones máximas de las curvas granulométricas de la mezcla modificada de TMN de 12 mm, con respecto a ambos límites de especificación para las mezclas asfálticas analizadas. Del análisis se determina que la fracción gruesa (rojo) e intermedia (1/2", 3/8", N°4) (amarillo) tienen una composición variada (gruesa y fina) ya que los resultados están entre ambos límites de la especificación. Por otro lado, es posible evidenciar que, los agregados de tamaño fino (malla N°16, N°30 y N°50, color verde) se ubican en su mayoría en el lado denso de la especificación.

² En la tabla 107-2 "Factor de calidad" del apartado 107.05 "Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)" establece para cada "Número de pruebas realizadas" un **límite máximo de aceptación** donde el material o proceso puede ser aceptado con un factor de pago de 0,75, a partir de ese valor dicho material o proceso no es aceptable.

Figura 40. Representación gráfica de las curvas granulométricas para las mezclas asfálticas de 12,5mm analizadas de los datos de Verificación de Calidad. Fuente: Auditoría Técnica



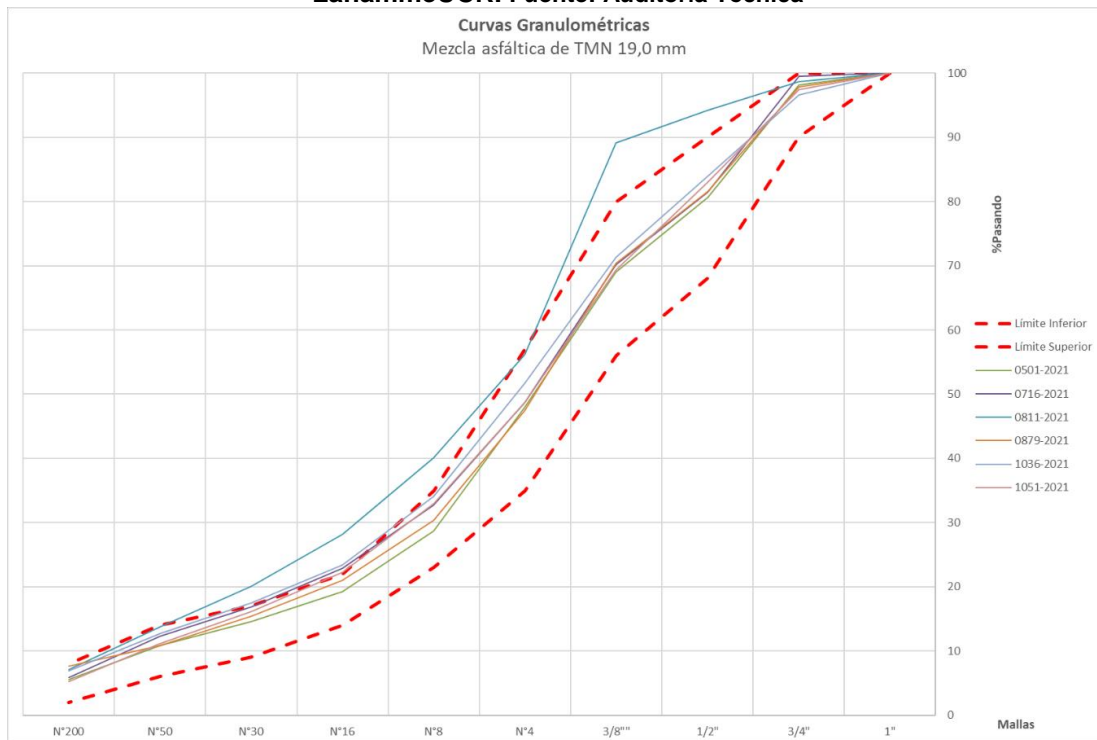
Se puede observar que, al existir una tendencia en la fracción fina a la parte densa, esto podría incidir en la mezcla asfáltica con la existencia de menores vacíos y en consecuencia obligar a la utilización de menores cantidades de asfalto para evitar valores de VFA altos que sean indeseables en una mezcla, o en otras palabras, utilizar una mezcla del lado “seco” en cuanto a asfalto, lo que podría incidir en una mezcla con menor capacidad de resistir fatiga y además, valores de polvo/asfalto altos.

B. Mezcla asfáltica de tamaño de 19 mm

Resultados de LanammeUCR

Con relación a los rangos granulométricos establecidos, se evalúan las granulometrías para la mezcla asfáltica modificada de 19 mm, los cuales se presentan en la Figura 41.

Figura 41. Resultados granulométricos para las mezclas asfálticas ensayadas y analizadas por LanammeUCR. Fuente: Auditoría Técnica



Posteriormente, se determinan los valores de porcentaje de cumplimiento para cada una de las muestras, evidenciándose que algunos de los resultados se encuentran fuera de los límites de especificación establecidos, determinando una variación importante en las mallas de 1/2", 3/8", N°8, N°16 y N°30 en donde se establecen valores de incumplimiento entre 21% a 63% respectivamente tal como se muestra en la Tabla 6. Se establece como límite máximo de aceptación³ un valor de 43,618% para 6 para muestras de mezcla asfáltica analizadas, por lo que la variabilidad de las mallas N°16 y N°30 no sería aceptable.

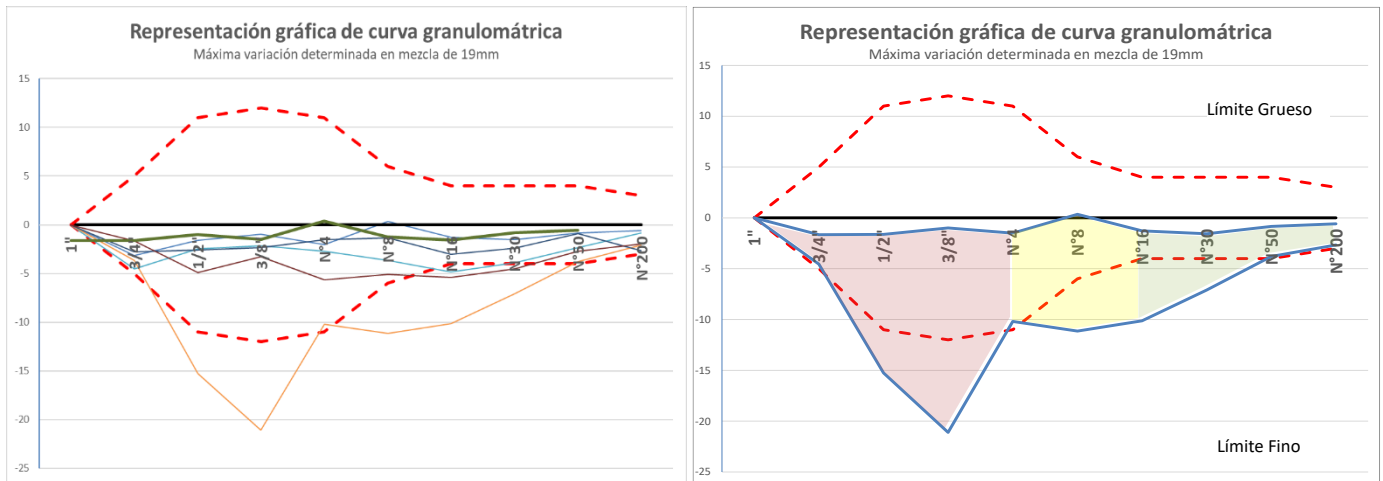
Tabla 6. Porcentaje de cumplimiento para cada una de las mallas.

Parámetro	Malla (% Pasando)								
	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
Promedio	98,2	84,4	74,0	50,4	33,2	22,9	16,9	12,1	6,63
Desviación	1,1	5,7	8,5	3,6	4,4	3,3	2,1	1,3	0,88
% Incumplimiento	8%	21%	31%	8%	39%	63%	49%	11%	10%
% máximo permitido para aceptación	43,618%								

³ En la tabla 107-2 "Factor de calidad" del apartado 107.05 "Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)" establece para cada "Número de pruebas realizadas" un límite máximo de aceptación donde el material o proceso puede ser aceptado con un factor de pago de 0,75, a partir de ese valor dicho material o proceso no es aceptable.

Para determinar la tendencia general existente en los tamaños granulométricos y las variaciones presentes en las curvas granulométricas de las muestras analizadas se aplica el método gráfico explicado anteriormente. La variación de cada muestra y la variación total de la granulometría de la mezcla asfáltica modificada de TMN de 19 mm, se presentan en la Figura 42.

Figura 42. Representación gráfica de las curvas granulométricas para las mezclas asfálticas modificadas de TMN de 19 mm de datos obtenidos por LanammeUCR.
Fuente: Auditoría Técnica



De las gráficas de la Figura 42 se observa que las mallas de $3/4"$ a $3/8"$ se ubican en la fracción fina de la especificación (color rojo). En cuanto a los valores de la restante fracción que va de las mallas de N°4 hasta la N°200 se ubican también en la parte fina de la especificación, por lo que se podría esperar volumetrías densas generadas por estas granulometrías.

Posteriormente, con la misma finalidad de cuantificar si las granulometrías son densas o abiertas se aplica el método de área indicado anteriormente. Las áreas determinadas se registran en la Tabla 7 en donde se determina que el 100% de las muestras evaluadas tienen una evidente disposición hacia el límite denso de la especificación, lo que indicaría muestras con volumetrías cerradas con alta presencia de finos.



Tabla 7. Determinación de la variabilidad y cumplimiento de las curvas granulométricas

Muestra	Fecha de muestreo	Informe	Ubicación	Grueso	Fino	Balance	Tendencia
0501-2021	26-mar-21	I-0543/0670-2021	Carril Externo Ruta 32, Sentido Limón – SJ, vagoneta #10, placa 164264	0,1	-9,9	-9,8	Fino
0716-2021	30-abr-21	I-0671/0751-2021	Carril externo Ruta 32, sentido SJ – Limón, viaje #4, placa 167674	0,0	-24,8	-24,8	Fino
0811-2021	18-may-21	I-0672/0759-2021	Eje 46, carril derecho de la pila 33 a la pila 38, sentido Uruca-Tibás, Km 3+453 al 3+713.	0,0	-81,6	-81,6	Fino
0879-2021	26-may-21	I-0752/0794-2021	Circunvalación Norte. Ruta 32, rampa de salida hacia ruta 32, sentido San José-Limón	0,0	-16,8	-16,8	Fino
1036-2021	9-jun-21	I-0863-2021	Circunvalación Norte UF4. Rotonda UF4 Lado Este. Vagoneta #3, V-352, placa 170435.	0,0	-33,5	-33,5	Fino
1051-2021	11-jun-21	I-0918-2021	Circunvalación Norte UF4. Colocada en rotonda, lado oeste. vagoneta #3, V-340. placa 170046	0,0	-21,7	-21,7	Fino

Resultados de verificación de la calidad

En lo que respecta a los datos aportados por verificación de calidad en relación a los ensayos de granulometría para mezcla asfáltica del TMN 19 mm, se logra evidenciar en la Tabla 8 un porcentaje de incumplimiento del 27% para la malla N°16, siendo el valor máximo permitido de 28,871%.

Tabla 8. Porcentaje de cumplimiento para cada una de las mallas.

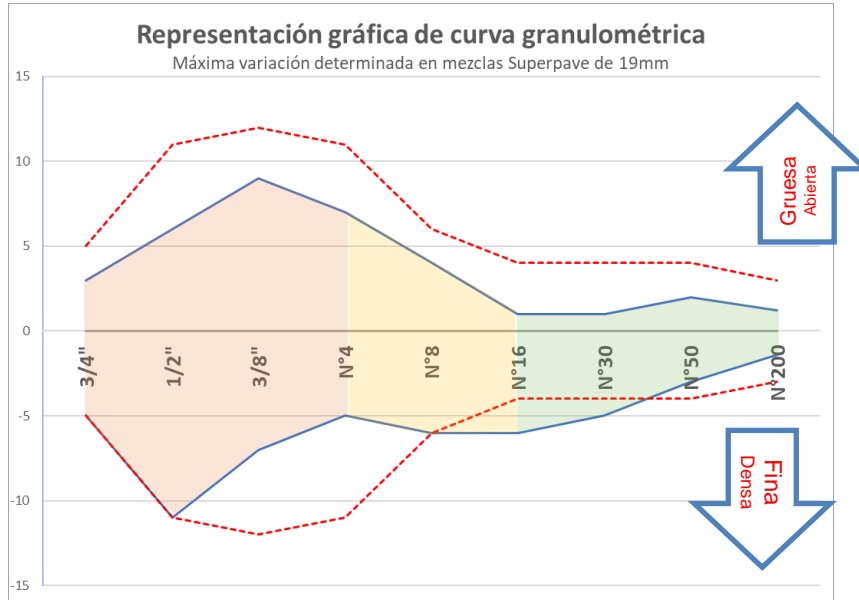
Parámetro	Malla (% Pasando)								
	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°200
Promedio	96,4	78,2	66,1	44,7	30,1	21,0	15,0	10,5	4,66
Desviación	2,1	3,4	3,5	2,7	2,2	1,7	1,3	1,0	0,56
% Incumplimiento	5%	0%	0%	0%	2%	27%	7%	0%	0%
% máximo permitido para aceptación ⁴	28,871 %								

En la Figura 43 se presentan las variaciones máximas de las curvas granulométricas de la mezcla modificada de TMN de 19 mm, con respecto a ambos límites de especificación para las mezclas asfálticas analizadas. Del análisis se determina que la fracción gruesa (rojo) e intermedia (amarillo) tienen una composición variada (gruesa-fina) ya que los resultados están

⁴ En la tabla 107-2 "Factor de calidad" del apartado 107.05 "Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo)" establece para cada "Número de pruebas realizadas" un **límite máximo de aceptación** donde el material o proceso puede ser aceptado con un factor de pago de 0,75, a partir de ese valor dicho material o proceso no es aceptable.

entre ambos límites de la especificación. Por otro lado, es posible evidenciar que, los agregados de tamaño fino (malla N°16 y N°30, color verde) se ubican en el lado denso de la especificación. Se observa incumplimiento mayor en la malla N°16.

Figura 43. Representación gráfica de las curvas granulométricas para las mezclas asfálticas modificadas de 19mm de verificación de caillid. Fuente: Auditoría Técnica



Contenido de asfalto mezcla asfáltica

Para el periodo comprendido entre los años de 2020 a 2021, se analizan los resultados de contenido de asfalto de los dos tipos de mezcla asfáltica modificada (TMN 12,5mm y 19mm); para cada tipo de mezcla se establece un contenido de asfalto (óptimo) en el diseño de mezcla presentado por la empresa contratista, en la Tabla 9 se detalla el valor de cada uno de los contenidos óptimos de las mezclas asfálticas.

Tabla 9. Contenido óptimo de asfalto de los diseños de mezcla asfáltica

Planta	Diseño Superpave	Contenido óptimo de asfalto PTM (rango óptimo)
Hernán Solís, Guápiles (HSG) Febrero 2018 (MAC 12 Butonal)	TMN 12 mm Modificado E1 3-010-2018	6,12% (5,62% - 6,62%)
Hernán Solís, Guápiles (HSG) Julio 2018 (MAC 19 Butonal)	TMN 19 mm Modificado 40-266-2018	6,00% (5,50% - 6,50%)

De acuerdo con los requisitos establecidos en la Sección 418.) “MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA USOS ESPECIFICOS” particularmente en las secciones 418 (3) y 418 (4)



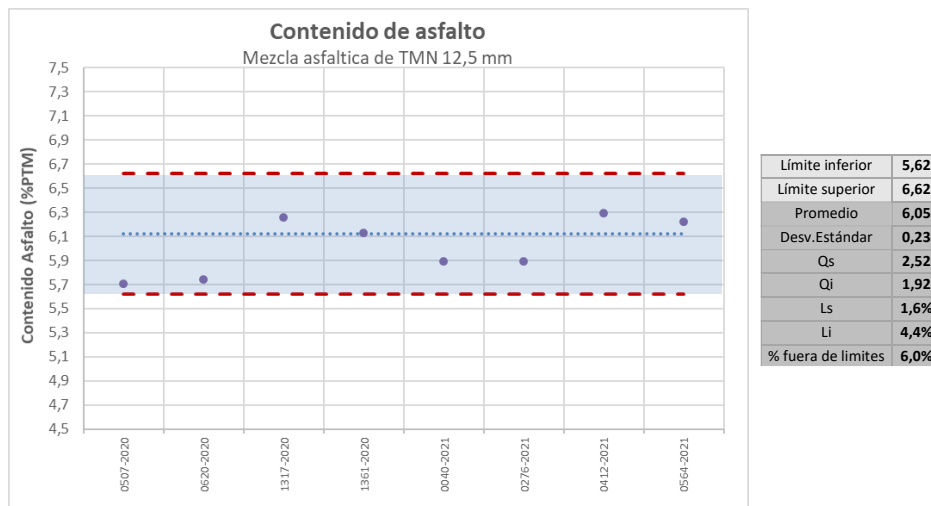
en donde se establece que se debe emplear la normativa de preparación de especímenes Superpave con el Manual SP-2 del Instituto del Asfalto. En dicho manual se establece que el parámetro de contenido de asfalto debe mantenerse en $\pm 0,5\%$ respecto al valor óptimo de asfalto indicado en el diseño de mezcla o en la fórmula de trabajo vigente.

HALLAZGO 5: EL CONTENIDO DE ASFALTO CUMPLE PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA DE TMN DE 12,5MM Y SE TIENEN ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LA MEZCLA DE TMN DE 19MM, YA QUE ALGUNOS VALORES ESTÁN FUERA DEL ÓPTIMO $\pm 0,5\%$. LA MAYORÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA PRESENTA INCUMPLIMIENTOS EN ALGUNOS DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS SUPERPAVE PARA ACEPTACIÓN O PAGO TALES COMO: CONTENIDO DE VACÍOS, VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA), VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA) Y EN LA RELACIÓN POLVO/ASFALTO ESTABLECIDOS EN LA NORMATIVA CONTRACTUAL.

Ensayos de LanammeUCR

Para el periodo de estudio (2020 a 2021) todos los resultados de contenido de asfalto obtenidos por LanammeUCR, se mantienen dentro del margen permitido de $\pm 0,5\%$ con relación al valor del óptimo de asfalto establecido en el diseño de mezcla. Sin embargo, al analizar la tendencia para los resultados de la mezcla asfáltica mostrados en la Figura 44 se observa que 4 de los 8 resultados se ubican en el ámbito “seco” del asfalto, entre el valor óptimo y el valor inferior de la especificación, con valores que rondan entre 5,74% a 5,90%.

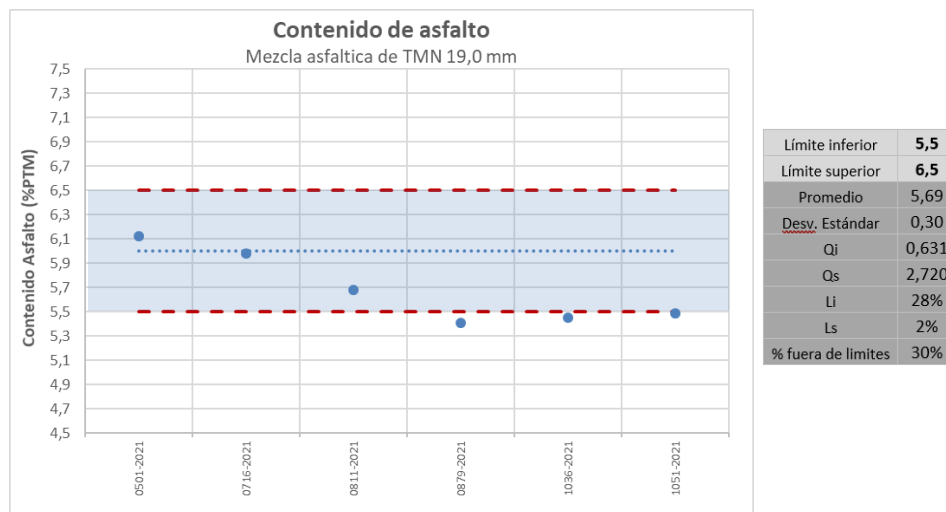
Figura 44. Resultados de contenido de asfalto para muestras de mezcla asfáltica modificada de TMN de 12,5 mm ensayadas y analizadas por LanammeUCR. Elaborado por: Auditoría Técnica





En cuanto a los resultados de contenido de asfalto de la mezcla asfáltica de TMN de 19 mm de las muestras analizadas, estos se representan en la Figura 45, así como los límites del rango óptimo aplicables. A partir del análisis estadístico, se logra determinar un porcentaje de valores fuera de los requisitos de especificación del 30% de los resultados de la mezcla (donde 4 de 6 datos, se ubican en el ámbito seco del rango de contenido de asfalto). Además, 3 de los resultados se encuentran por debajo del límite inferior permitido por la especificación (óptimo de asfalto - 0,5%).

Figura 45. Resultados de contenido de asfalto para muestras de mezcla asfáltica modificada de TMN de 19 mm ensayadas y analizadas por LanammeUCR. Elaborado por: Auditoría Técnica



Ensayos de verificación de calidad

En lo que respecta a los resultados de verificación de calidad para el período de estudio 2018 a 2021, los resultados de contenido de asfalto de la mezcla asfáltica de TMN 12,5mm, representados en la Figura 46, se logra determinar un porcentaje fuera de los límites de especificación del 11,7%. Además, se establece que el 55% de los resultados se ubican en el ámbito seco del rango de contenido de asfalto. Asimismo, se logra identificar tendencias de datos cercanos al límite inferior de especificación, con un resultado por fuera del mismo.

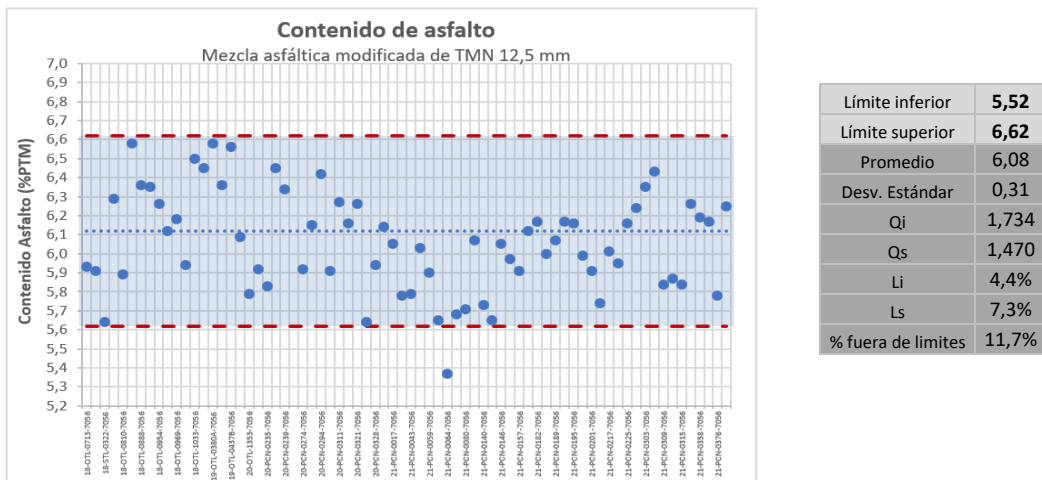
Además, es importante destacar que, con los datos que se observan dentro de las tolerancias del diseño, se denota cierta variación en el contenido de asfalto en el tiempo, lo que refleja estadísticamente el 11,5% del incumplimiento mencionado.

Se debe indicar que, variaciones en el contenido de asfalto pueden presentarse por múltiples factores, de los cuales podrían mencionarse, por ejemplo, cambios en los tipos o



características de agregados utilizados, variaciones en las dosificaciones utilizadas de asfalto en la planta, desajustes en la planta de producción, entre otros. Estos factores podrían inducir a que la producción de una mezcla asfáltica, además de que sea variable, pueda salirse en cualquier momento de especificaciones y en consecuencia, ser mezclas diferentes a las diseñadas. De aquí, se extrae la importancia de garantizar además de cumplimientos de tolerancias y especificaciones, un control estricto en las dosificaciones utilizadas y en los tipos de material, pero además, de la actualización periódica de los diseños de mezcla utilizados con el fin de evitar sesgos por cambios de la materia prima utilizada.

Figura 46 Porcentajes contenido de asfalto y porcentaje fuera de especificación para mezcla asfáltica de TMN de 12,5 mm, con resultados de verificación de calidad. Elaborado por: Auditoría Técnica

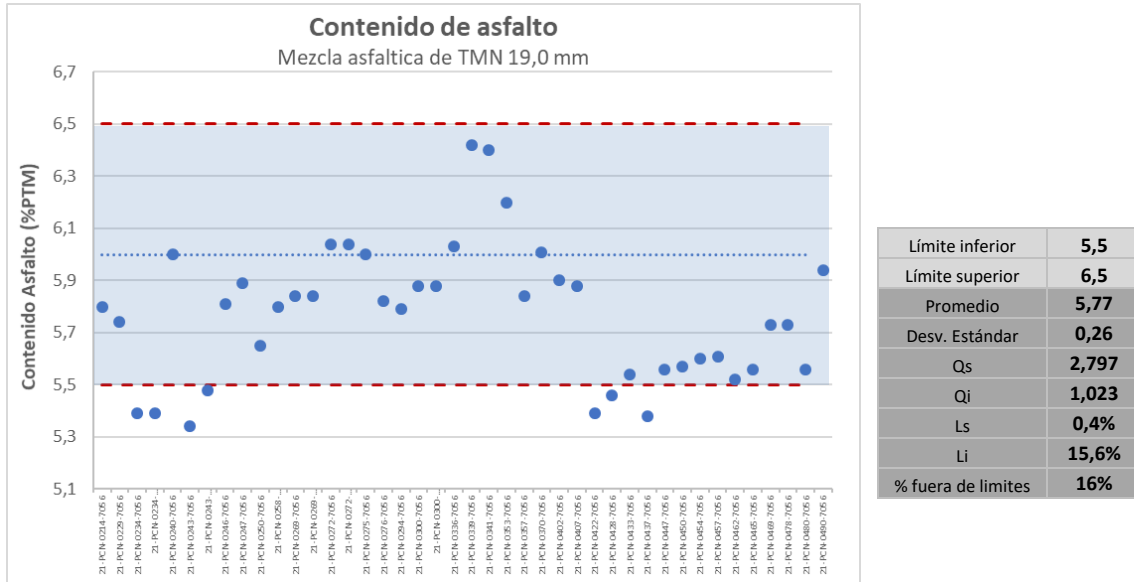


De igual manera se realiza el respectivo análisis estadístico para los resultados de ensayo reportados por el laboratorio de verificación para la mezcla asfáltica modificada de TMN de 19 mm del periodo (año 2021), para el parámetro de contenido de asfalto, evidenciándose que el 16% del material se encuentra fuera del límite inferior de especificación, tal como se observa en la Figura 47.

Para este tipo de mezcla asfáltica se logra evidenciar que el 77% de los datos se localizan en el ámbito seco de la especificación, con 7 resultados fuera del límite inferior de la especificación.



Figura 47 Porcentajes contenido de asfalto y porcentaje fuera de especificación para mezcla asfáltica de 19 mm, con resultados de verificación de calidad.



Parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica

Asimismo, en la Sección 418.) “MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA USOS ESPECIFICOS” particularmente en las secciones 418.06.03 y 418.06.04 en donde se establecen los requisitos de aceptación y de evaluación que la mezcla asfáltica debe cumplir en apego con lo establecido por el método Superpave. Tales requisitos establecen unos valores requeridos, con el fin de proveer a la mezcla asfáltica de características físicas y de resistencia adecuadas, en la Tabla 10 se presentan los rangos admisibles según la metodología Superpave.

Tabla 10. Especificación de parámetros según el método Superpave

Parámetro	Especificaciones
Vacios en la mezcla ¹ (4,0% +/- 1,0%)	3% a 5%
Vacios en agregado mineral (VMA) ¹ para TMN 12mm	Mínimo 14%
Vacios en agregado mineral (VMA) ¹ para TMN 19mm	Mínimo 13%
Vacios llenos de asfalto (VFA) ¹ (*)	65% a 75%
Relación polvo/asfalto ¹	0,6 a 1,3 %

¹ Requisito establecido para evaluación estadística.

(*) Estos valores rigen para condiciones de tránsito alto

Del análisis general se observa que para los diferentes parámetros de calidad establecidos para la mezcla asfáltica se denotan incumplimientos en los parámetros que definen la

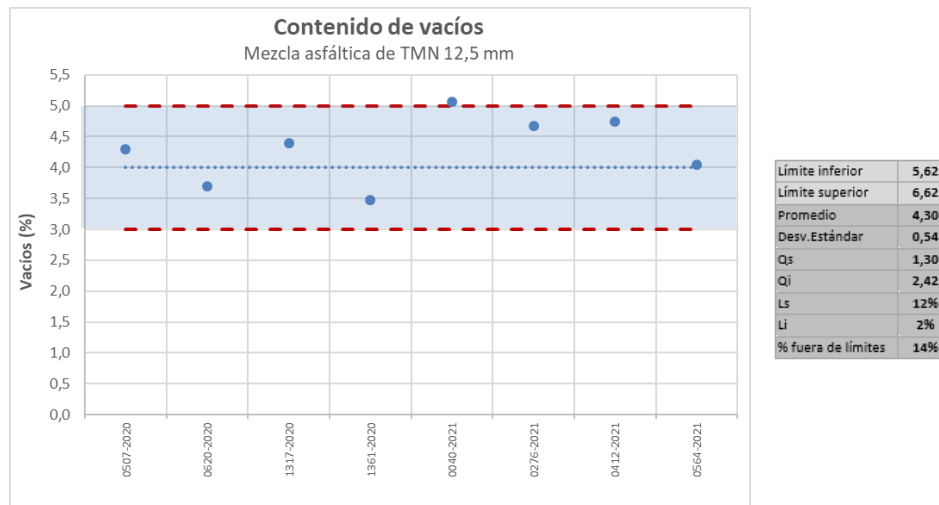


volumetría de la mezcla asfáltica, siendo éstos: contenido de vacíos de la mezcla, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA) y la relación polvo/asfalto, los cuales se analizarán individualmente en las secciones subsiguientes.

Contenido de vacíos de la mezcla (LanammeUCR)

En la Figura 48 se presentan los resultados de contenido de vacíos para cada una de las muestras de mezcla asfáltica modificada TMN 12,5 mm tomadas por el LanammeUCR durante el periodo de estudio (año 2020 a 2021). Del análisis estadístico se infiere un incumplimiento del 14% de la especificación, mostrando 1 valor fuera del límite superior. También se evidencia que 6 de las 8 muestras se encuentran ubicadas entre el valor meta y el límite superior. Esta tendencia de vacíos altos, coincide con el tendencia de contenidos bajos de asfalto.

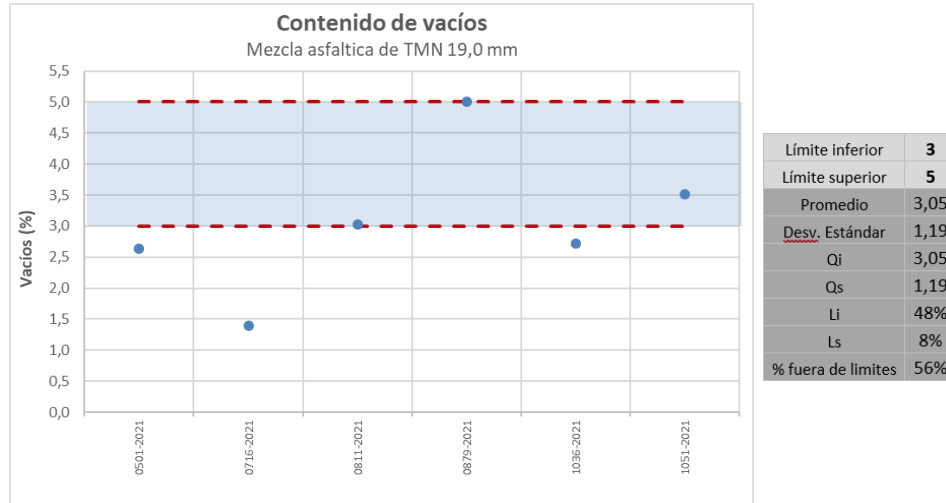
Figura 48. Contenido de vacíos y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas modificadas de TMN de 12,5mm ensayadas por LanammeUCR. Elaborado por: Auditoría Técnica



En tanto que al aplicar el análisis estadístico a los resultados de contenido de vacíos obtenidos para las muestras de mezcla asfáltica modificada TMN de 19mm, se determina un porcentaje de incumplimiento del 56% mostrando 4 valores menores o sobre el límite inferior y 1 resultado sobre el límite superior tal como se presenta en la Figura 49. Además, los datos reflejan una alta variabilidad ya que existe una brecha de un valor de 1,4% hasta otro de 5%. Valores bajos de contenido de vacíos podrían producir un fenómeno de exudación de asfalto en la mezcla asfáltica, debido a que, al ser una estructura muy cerrada, ante la presencia de carga vehicular el asfalto tendería a salir de la mezcla.



Figura 49. Contenido de vacíos y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm ensayadas por LanammeUCR. Elaborado por: Auditoría Técnica



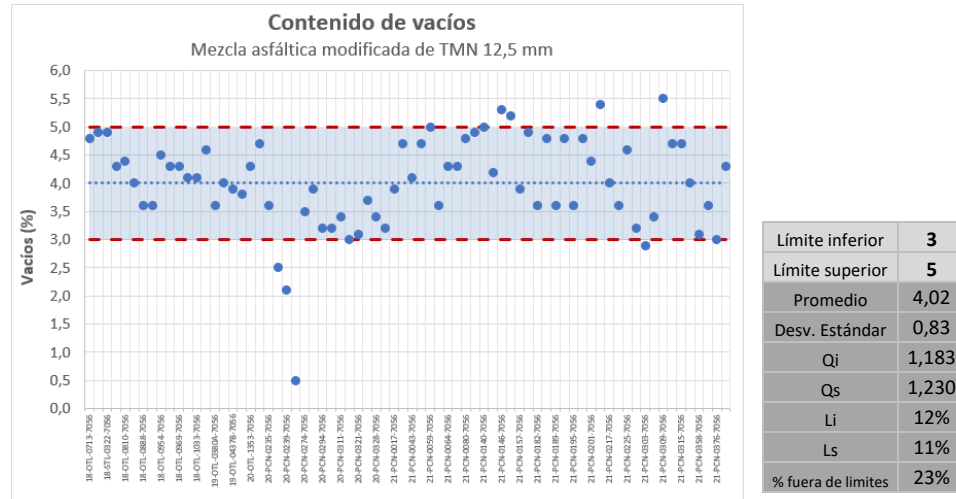
Contenido de vacíos de la mezcla (Verificación de calidad)

Por su parte, en lo que concierne a los resultados de contenido de vacíos de la mezcla modificada TMN de 12,5 mm reportados por el laboratorio de verificación de calidad, del análisis estadístico se infiere un incumplimiento del 23% de la especificación, mostrando 8 valores fuera de ambos límites. Se observa que el 56% de los valores se ubican en el ámbito abierto de la mezcla asfáltica (entre valor meta y el límite superior). Llama la atención la variabilidad de los datos, reportando resultados desde 0,5% hasta 5,5% siendo éste un ámbito amplio.

En este sentido, se puede observar que ha existido variabilidad en el tiempo, tal como se pudo ver en los resultados obtenidos en el contenido de asfalto, con lo que parece ser un indicador más que podría demostrar que hubo falta de control de la producción en el tiempo y que esta variabilidad podría deberse a variaciones en los materiales utilizados o en las dosificaciones realizadas en planta. Además se puede ver que con el tiempo la variabilidad va haciendo que al final del gráfico se observen mayores incumplimientos.



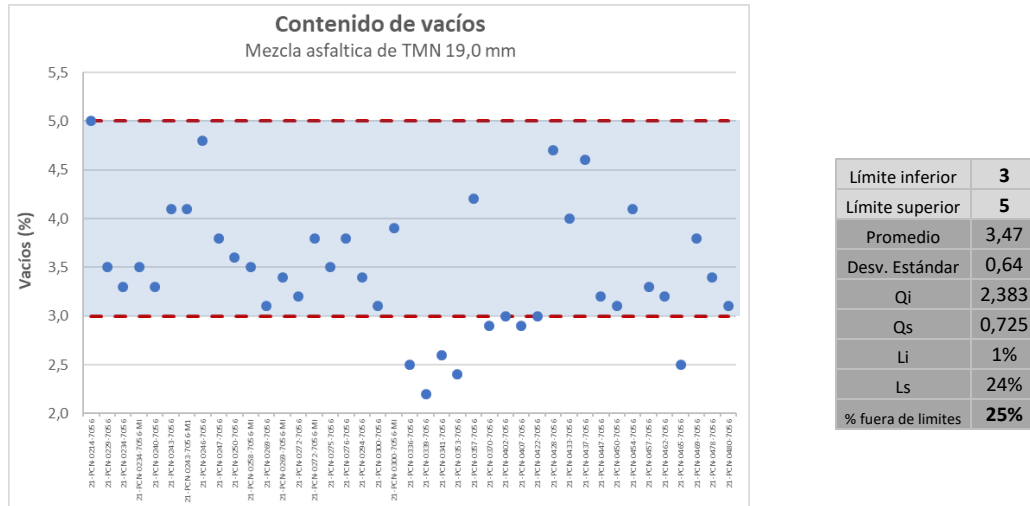
Figura 50. Contenido de vacíos y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5mm tomadas por verificación de calidad



Por su parte, al aplicar el análisis estadístico a los resultados de contenido de vacíos obtenidos por verificación de calidad de muestras de mezcla asfáltica modificada TMN de 19mm, se determina un porcentaje de incumplimiento del 25% mostrando 9 valores menores o sobre el límite inferior tal como se presenta en la Figura 511. Además, del análisis del gráfico se identifica que el 79% se encuentran en la parte baja de la especificación con tendencias inferiores muy marcadas, lo cual se refleja en los datos fuera del límite de especificación inferior, condición que coincide con las granulometrías densas identificadas que pueden inducir a la dosificación de porcentajes bajos de asfalto de manera que no se eleve el parámetro de VFA, correspondiente al porcentaje de vacíos en la mezcla, llenos de asfalto.



Figura 51. Contenido de vacíos y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19 mm tomadas por verificación de calidad

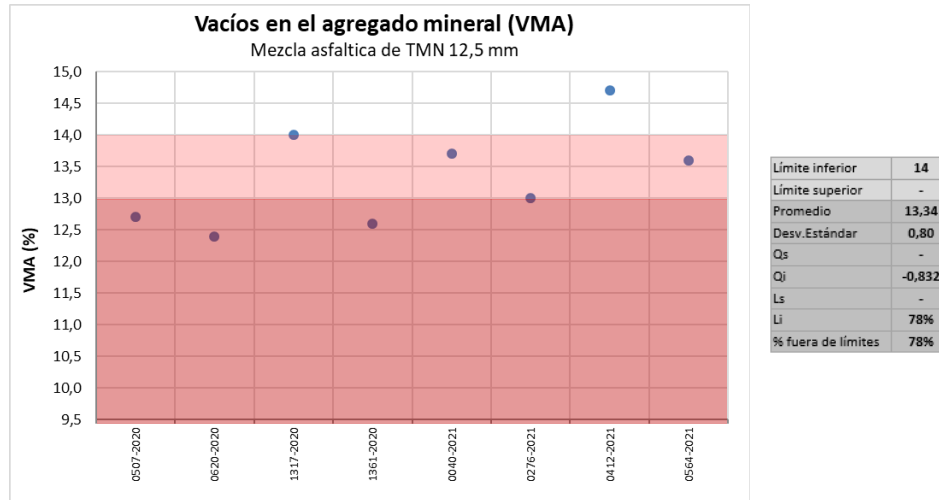


Parámetro de vacíos en el agregado mineral (VMA) (LanammeUCR)

En la Figura 52 se presenta de forma gráfica los resultados de vacíos en el agregado mineral (VMA) obtenidos para las muestras consideradas en el periodo de estudio; del análisis estadístico se determina que el nivel de incumplimiento es del 78% con respecto al valor mínimo de 14% establecido en la metodología Superpave para la mezcla de TMN de 12,5 mm.

Además, del análisis de los resultados se evidencia que 7 de los 8 resultados se mantienen por debajo del límite requerido de 14% según las especificaciones técnicas del CR-2010; también se determina que el 50% de los resultados se mantienen por debajo y sobre el valor de 13%, llegando a valores considerablemente bajos como 12,4%. Lo anterior refleja que la estructura granulométrica propuesta de las mezclas asfálticas es muy cerrada, lo que podría tornar a que se utilicen cantidades de asfalto bajas de acuerdo a estas condiciones.

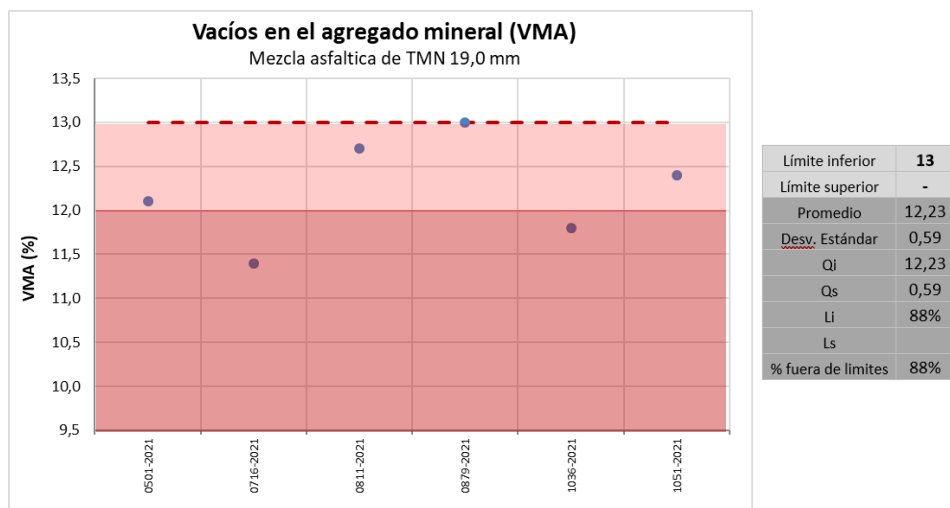
Figura 52. Parámetro VMA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5mm ensayadas por LanammeUCR.



Los resultados de vacíos en el agregado mineral (VMA), obtenidos para la mezcla asfáltica de TMN 19mm en el periodo de estudio se presentan de forma gráfica en la Figura 53. De la inferencia estadística aplicada a los resultados se determina que el 88% incumplen el requisito mínimo de especificación establecido por la metodología Superpave.

Del análisis de los resultados se evidencia que todas las muestras analizadas se mantienen por debajo o sobre el límite requerido de 13%; se observa que el 33% de los resultados se mantienen por debajo del valor de 12%, llegando a valores tan bajos como 11,4%. La presencia de valores bajos sugiere la proyección de una combinación granulométrica cerrada que requiera una menor demanda de asfalto.

Figura 53. Parámetro VMA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm ensayadas por LanammeUCR.



Parámetro de vacíos en el agregado mineral (VMA) (Verificación de calidad)

Los resultados de VMA del organismo encargado de verificación de calidad muestran una tendencia de tres subconjuntos de datos (marcados por los años 2018-2019, 2020 y 2021), con un comportamiento aleatorio de los datos, como se muestra en la Figura 54. Asimismo, este análisis estadístico arroja un incumplimiento del 16% de los resultados. Sin embargo, sí se denota que una cantidad importante de resultados se encuentran por encima del valor objetivo + 2% (recomendado por literatura especializada), lo cual también es una circunstancia perjudicial para la mezcla asfáltica.

Ahondando en los subconjuntos, se evidencia que responden directamente a 3 grupos de datos, que se destacan en la gráfica de la gravedad específica del agregado. En dicha gráfica se caracterizan tres poblaciones distintas de agregados con similar densidad para los períodos analizados 2018-2019, 2020 y 2021, lo que presume un cambio de tipo o características de los agregados.

De acuerdo con lo establecido contractualmente al existir un cambio en el tipo o características de agregado, se requiere un nuevo diseño de mezcla asfáltica. De acuerdo con el diseño de mezcla utilizado, identificado con E1 3-010-2018, de fecha de febrero de 2018, el agregado utilizado posee una gravedad específica bruta (Gbs) de 2556 kg/m³.

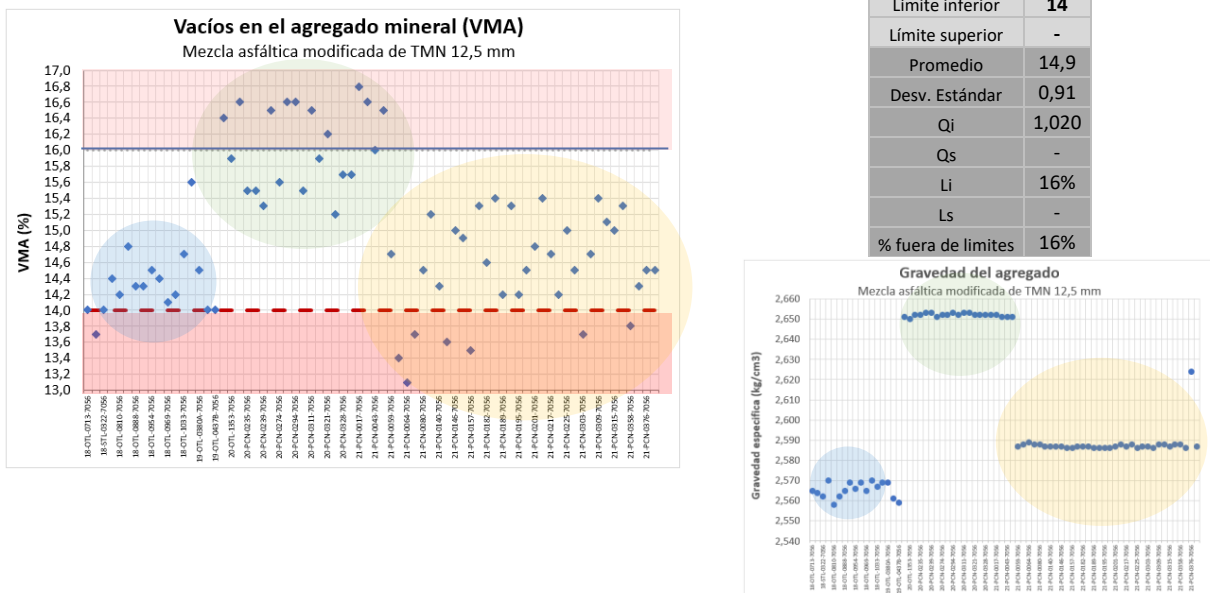
Sin embargo, como se puede ver en la Figura 54, los Gbs utilizados por el laboratorio de verificación de calidad, muestran una variabilidad considerable pasando de una magnitud de 2565 kg/m³ a valores mayores de 2650 kg/m³, del año 2018 al periodo de junio de 2020 a enero de 2021. Una diferencia de aproximadamente 100 kg/m³ es un claro indicativo de un cambio en el tipo y origen de los agregados.



Posteriormente, de febrero a mayo de 2021, nuevamente la magnitud de la gravedad específica del agregado utilizada por el laboratorio de verificación de calidad, reduce a aproximadamente un valor de 2590 kg/m³ para dicho periodo de producción.

Cabe destacar que estas variaciones indican diferencias de consideración en los agregados utilizados y esto podría alterar las características de la mezcla asfáltica producida siendo que las dosificaciones óptimas podrían ser diferentes a las utilizadas. Estas variaciones podrían explicar la variabilidad en la producción observada en diferentes parámetros obtenidos de la mezcla asfáltica.

Figura 54. VMA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5 mm de verificación de la calidad.



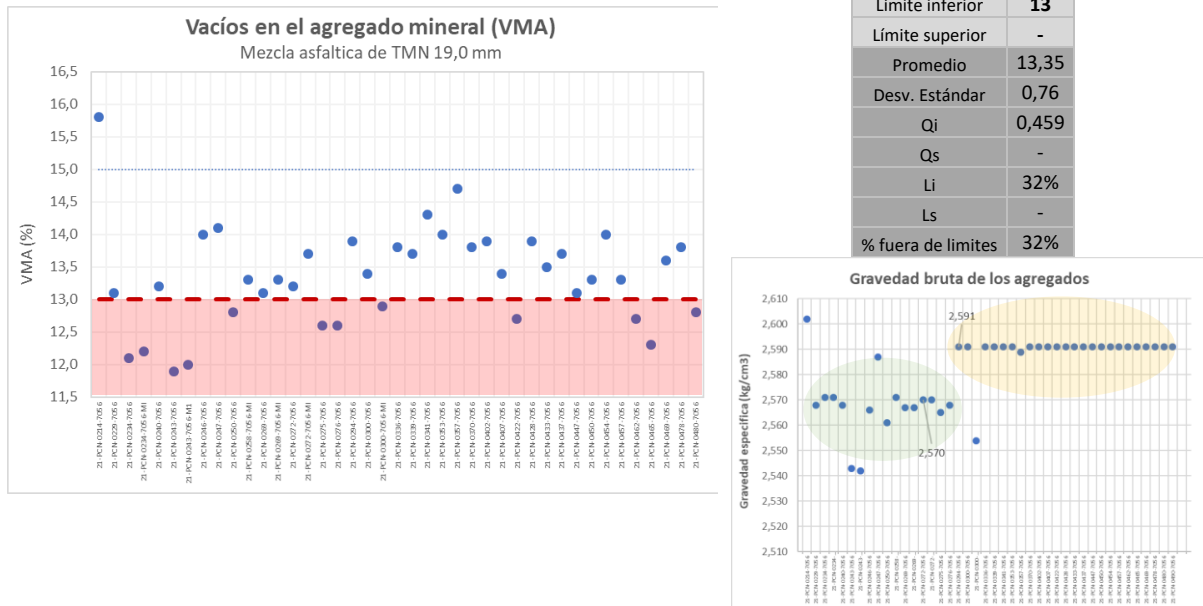
En relación con la posible afectación de acuerdo con la desactualización del diseño de mezcla utilizado, es que en abril de 2020, mediante nota LM-IC-D-330-2020, el Equipo Auditor recomendó a la Administración realizar una actualización del diseño de mezcla asfáltica que se había realizado desde febrero de 2018, debido a que ya contaba con más de 2 años de antigüedad, lo que conlleva a un riesgo de que los materiales utilizados puedan tener diferencias respecto a los utilizados en dicho diseño, condición que podría explicar las variaciones de los Gbs de los agregados, utilizadas.

Del análisis de los resultados de VMA de verificación de calidad de la mezcla asfáltica de TMN de 19mm se evidencia que el 32% de los resultados se encuentran fuera del límite de especificación establecido de 13%, como se presenta en la Figura 55, donde se observan 12 resultados por debajo de límite de control mínimo. Igualmente se observa 1 resultado por encima de un 2% adicional (recomendado en literatura relacionada a las mezclas asfálticas $VMA \pm 2\% = 15\%$), reportándose un valor máximo de VMA 15,8%.



Con relación al Gbs de los agregados, no se denota una marcada influencia sobre los resultados de VMA, a pesar de identificarse dos poblaciones de datos, una con un valor 2570 kg/m³ (marzo 2021) y la producción del periodo de abril a junio de 2021 con una gravedad específica invariante de 2591 kg/m³. Sin embargo, es importante indicar que el valor de Gbs de los agregados en el diseño utilizado y hecho en julio de 2018 e identificado con 40-266-2018, es de 2566 kg/m³.

Figura 55 VMA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm de verificación de la calidad



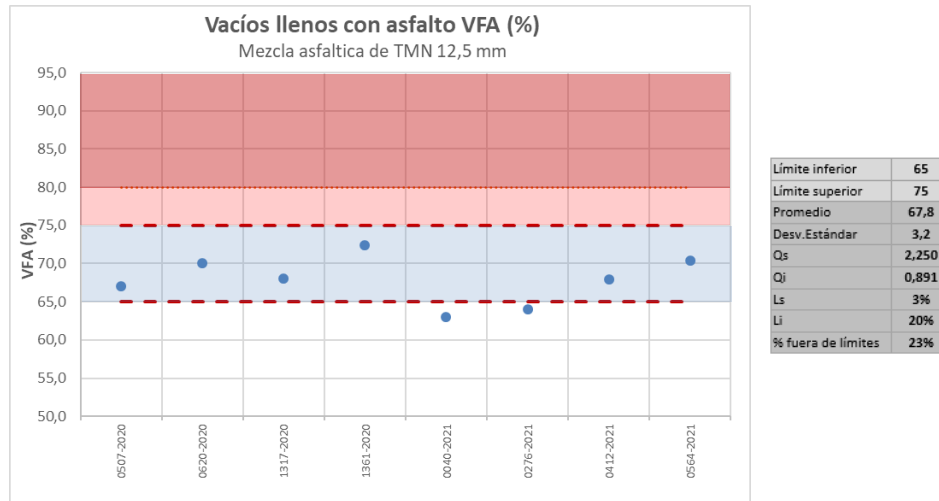
Parámetro de vacíos llenos de asfalto (VFA) (LanammeUCR)

En cuanto a los resultados obtenidos para el parámetro de vacíos llenos con asfalto, estos se presentan en la Figura 56, así como la especificación que debe cumplirse para condiciones de tránsito alto. Del análisis estadístico de variabilidad se determina el nivel de incumplimiento para la mezcla modificada de 12,5mm, del 23%.

Además, se denotan 2 resultados por debajo del límite inferior de la especificación (65%), lo cual podría incrementar la presencia de vacíos en la mezcla asfáltica, además al existir una baja cantidad de asfalto posiblemente exista una poca adhesión entre los agregados pétreos que conforman la mezcla asfáltica. Todo lo anterior, influiría en la carpeta asfáltica ya que los altos vacíos y la poca adhesión podrían afectar la durabilidad de la mezcla ante los fenómenos atmosféricos: sol (rayos ultravioletas), lluvia (humedad), viento, entre otros factores que producen el fenómeno de envejecimiento de la capa asfáltica.



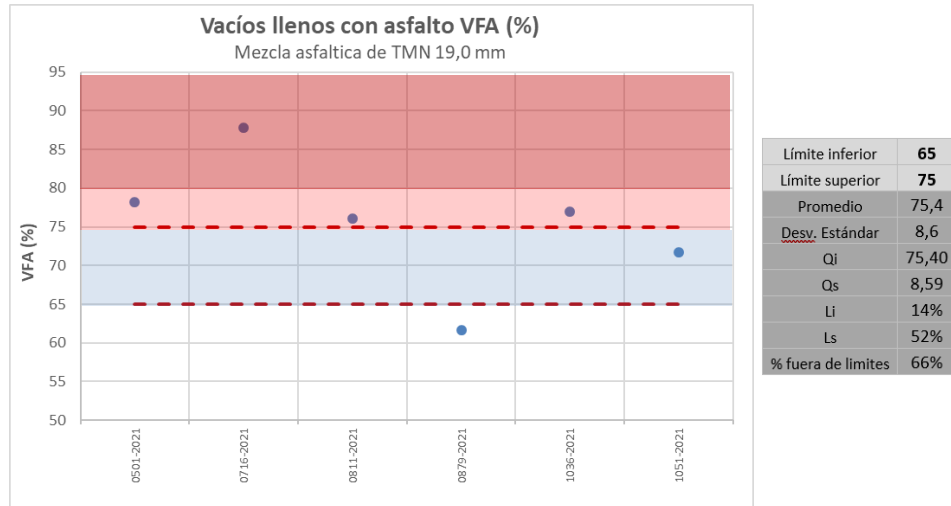
Figura 56. Parámetro VFA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5mm ensayadas por LanammeUCR.



La mezcla modificada con polímeros de TMN de 19mm, establece un nivel de incumplimiento del 66% para los resultados obtenidos, llegando a tener un valor máximo del 88% y 3 valores cercanos al 80%. Estos valores denotan un comportamiento particular para la mezcla, donde puede tener un comportamiento inestable ante la presencia de carga durante la fase de operación, tal como se señaló anteriormente. También, se evidencia 1 resultado por debajo del límite inferior de la especificación, lo cual - como se indicó para la mezcla de TMN 12mm- incrementa la presencia de vacíos en la mezcla asfáltica, además al existir una baja cantidad de asfalto esto podría incidir en poca adhesión entre los agregados pétreos derivando en los efectos anteriormente indicados.



Figura 57. Parámetro VFA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm ensayadas por LanammeUCR.



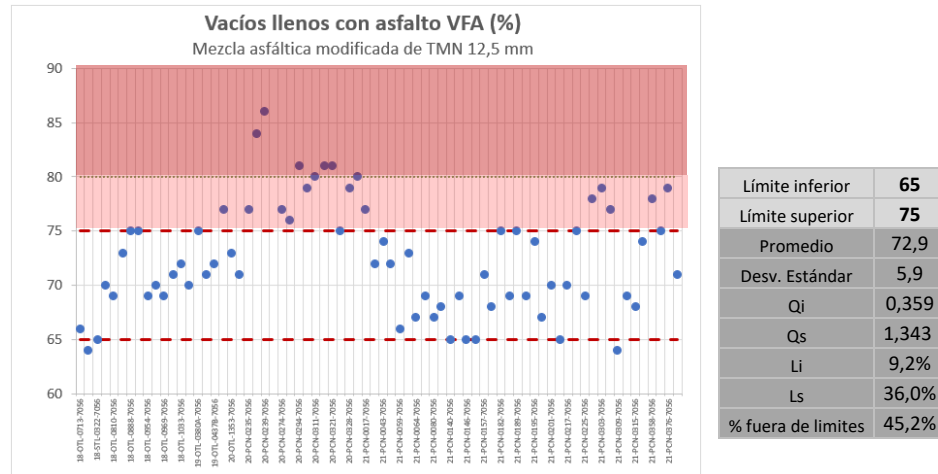
Parámetro de vacíos llenos de asfalto (VFA) (Verificación de calidad)

Del análisis de resultados reportados por la verificación de la calidad para la mezcla modificada de TMN de 12,5mm, se establece un nivel de incumplimiento del 45,2% si se toma en consideración lo establecido en la sección de análisis estadístico del CR2010, se establece que para un tamaño de muestra de 72 especímenes, la variabilidad máxima permitida para que un producto sea completamente aceptable es de 25,000%.

A partir del análisis estadístico de los resultados que se muestran en la Figura 58, se logra identificar un comportamiento errático de los datos, con 20 datos por fuera del límite de control superior, con 6 resultados por encima de 80%. Valores por encima de 80% favorecen la inestabilidad en la mezcla asfáltica, con posibles deterioros tales como desplazamiento de la mezcla o roderas de la capa asfáltica.



Figura 58. Parámetro VFA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5mm para resultados de verificación de calidad.

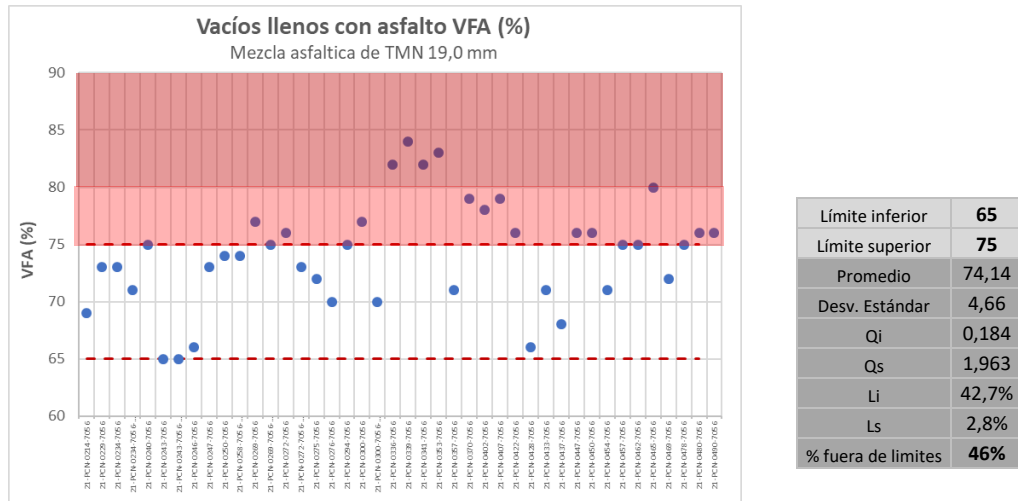


En lo que respecta al parámetro de VFA de la mezcla modificada de TMN de 19mm, los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación de la calidad establecen un nivel de incumplimiento del 46%, llegando a tener un valor máximo del 84% y 16 datos por arriba del límite de control superior. Se establece una situación similar que la anterior al considerar un tamaño de muestra habitual de 30 especímenes, donde la variabilidad máxima permitida para que un producto sea completamente aceptable es de 31,421%.

Asimismo, debido a que el 83% de los datos se encuentran por arriba del valor medio, se identifica tendencia superior generando mayores incumplimientos hacia arriba como se observa en la Figura 59.



Figura 59. Parámetro VFA y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19 mm para los resultados de verificación de calidad.



Relación Polvo Asfalto (LanammeUCR)

En la Figura 60 se presentan de forma gráfica los resultados de ensayo obtenidos para el parámetro relación polvo-asfalto en la mezcla modificada de TMN 12,5mm. Asimismo, se determina estadísticamente el nivel de cumplimiento con relación al valor permitido por la especificación entre 0,6% y 1,3%⁵. Al aplicar la inferencia estadística a los resultados -con relación a los límites de especificación- se determina un incumplimiento del 73%.

Al determinar la ubicación de los valores de las muestras analizadas se logra determinar que el 7 de 8 se encuentran por encima o sobre el límite superior de 1,3%, evidenciando una alta presencia de polvo en relación con los bajos contenidos de asfalto.

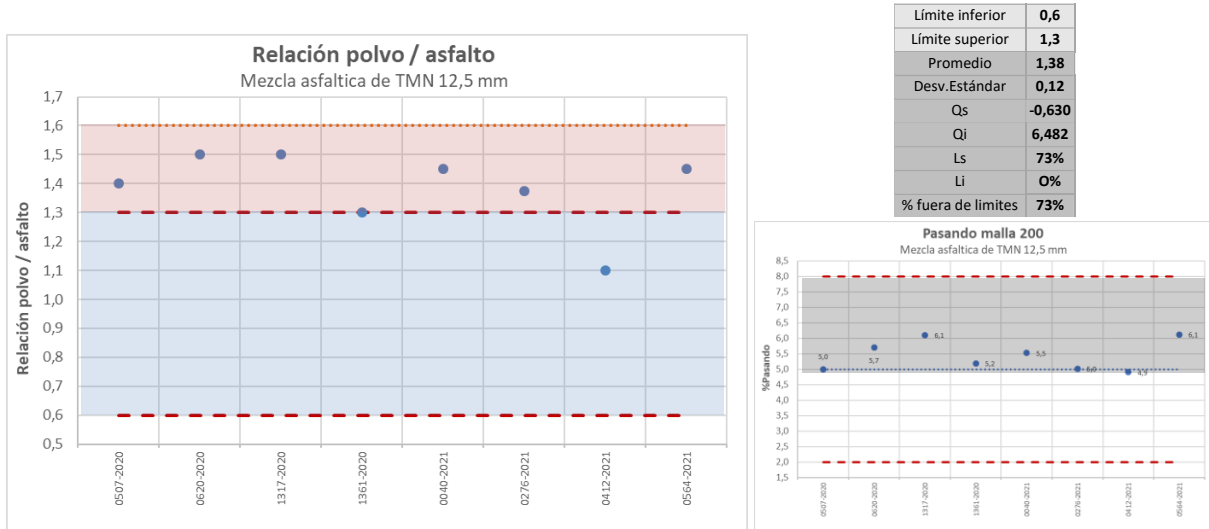
Por lo tanto, al profundizar en el comportamiento de los resultados de polvo (malla 200), se logra constatar una alta presencia de este material, ya que todos los valores están entre el valor meta y el límite superior de la especificación. Dicha situación, plantea la presunción que al aumentar la cantidad de mástic⁶ presente en la mezcla se logra compensar la trabajabilidad de la mezcla, ante la poca presencia de ligante asfáltico. Cabe destacar que la alta presencia de polvo y poco asfalto efectivo provocan que el mástic pueda llegar a ser muy rígido (poco dúctil) lo que permitiría que pudiese llegar a ser quebradizo, y por ende concederle propiedades quebradizas a la mezcla asfáltica durante su etapa de servicio.

⁵Basado en directriz del Ministro se aumenta temporalmente el límite de la especificación a 1,6%.

⁶ Combinación del ligante asfáltico con el polvo mineral, que conforma un material con una consistencia tipo “plastilina”



Figura 60. Relación polvo/asfalto y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5mm ensayadas por LanammeUCR.



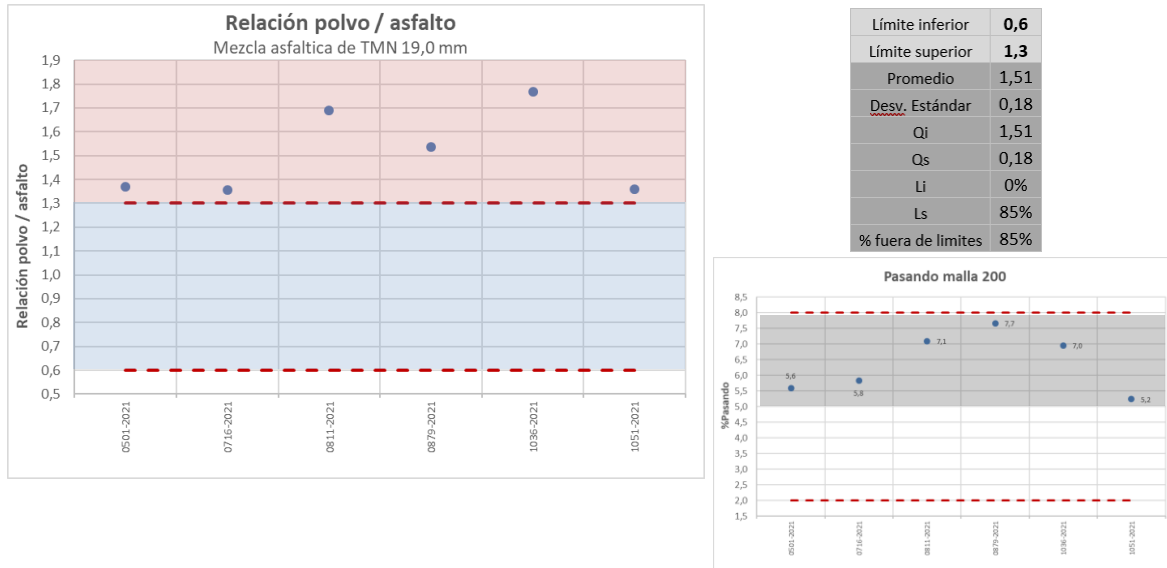
Los resultados de ensayo de la mezcla modificada con polímero de TMN de 19mm, para el parámetro relación polvo-asfalto se presentan de forma gráfica en la Figura 61, igualmente los límites de la especificación, cuyos valores se establece entre 0,6% y 1,3%⁷. Al evaluar los resultados de las muestras analizadas contra la especificación se puede determinar un incumplimiento del 85%.

Se logra determinar una similar situación del análisis anterior, solo que en este caso la totalidad de las muestras se encuentran por encima del límite superior de 1,3% y 2 de ellas superan el valor de 1,6% evidenciando una alta presencia de polvo aunado a bajos contenidos de asfalto. Igualmente, que en la mezcla de TMN de 12,5mm, la totalidad de los resultados de polvo (malla 200), están sobre el valor meta y el límite superior de la especificación. Por lo tanto, los mismos comentarios y efectos indicados anteriormente, podrían suceder a la mezcla asfáltica modificada de TMN de 19mm durante su etapa de servicio.

⁷ Basado en directriz del Ministro se aumenta temporalmente el límite de la especificación a 1,6%.



Figura 61. Relación polvo/asfalto y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm, ensayadas por LanammeUCR.



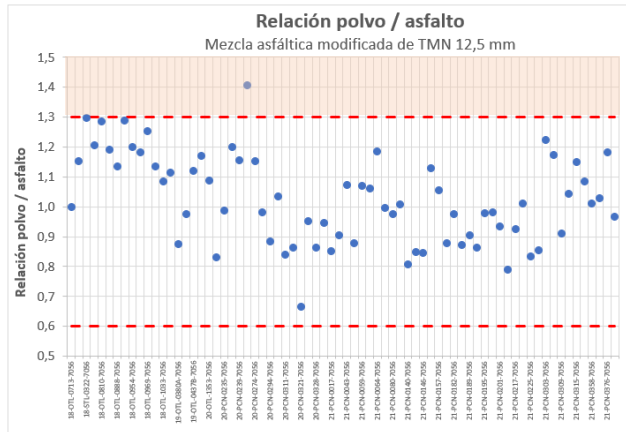
Relación Polvo Asfalto (Verificación de calidad)

Con relación a los resultados de verificación de calidad de la mezcla modificada de TMN de 12,5mm, para el parámetro relación polvo-asfalto -los cuales se presentan de forma gráfica en la Figura 62-, se logra evidenciar un incumplimiento de tan solo el 3%.

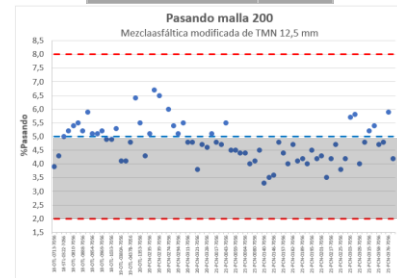
Se denota, además, que el 63% de los resultados del material pasando la malla 200 se mantienen en el ámbito inferior entre al valor meta de 5% y el límite inferior 2%.



Figura 62 Relación polvo/asfalto y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 12,5 mm de resultados de verificación.



Límite inferior	0,6
Límite superior	1,3
Promedio	1,03
Desv. Estándar	0,15
Qi	2,861
Qs	1,849
Li	0%
Ls	3%
% fuera de límites	3%

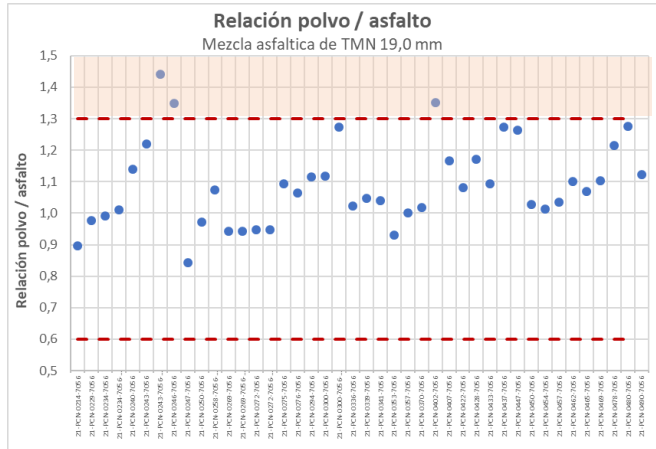


De la misma forma se realizó un análisis estadístico para muestras tomadas por el organismo encargado de verificación de calidad para la mezcla asfáltica modificada de TMN de 19 mm, en el cual se determina un porcentaje fuera de los límites de especificación de tan solo el 6% cuyos resultados se ven representados en la Figura 63.

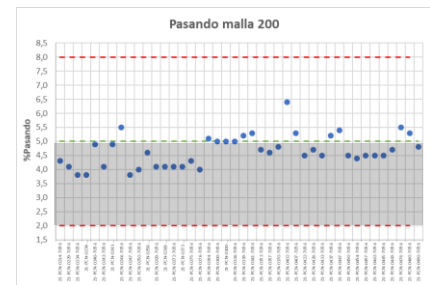
Se observa un comportamiento en la malla 200 comprobando que el 69% (cuadro en color gris) se ubica entre el límite inferior y el valor meta.



Figura 63 Relación polvo/asfalto y porcentaje fuera de especificación para las mezclas asfálticas de TMN de 19mm de resultados de verificación.



Límite inferior	0,6
Límite superior	1,3
Promedio	1,09
Desv. Estándar	0,13
Qi	3,684
Qs	1,580
Li	6%
Ls	0%
% fuera de limites	6%



Desempeño de la mezcla asfáltica

Ensayos de fatiga de la mezcla asfáltica

En la sección 418.06.04 “Requisitos para la mezcla asfáltica designación 418(4)” donde se establecen los requisitos en la Tabla 418-16 “Repeticiones de carga para la falla por fatiga mínimas en mezcla asfáltica designación 418(4)” se indica la cantidad de ciclos de falla por fatiga que inducen una deformación unitaria constante (400 μ s y 600 μ s) en una viga de mezcla asfáltica, tal como se indica en la Tabla 11.

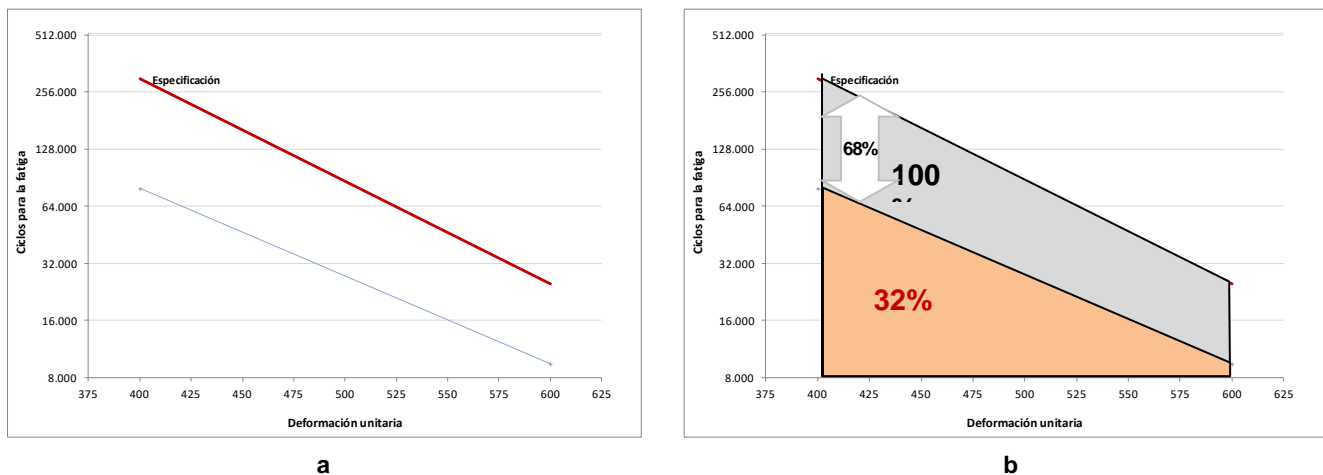
Tabla 11. Requisitos de repeticiones para falla por fatiga mezcla asfáltica.

Deformación unitaria controlada a lo largo de todo el ensayo	Cantidad mínima de repeticiones de carga para la falla a 25 °C
400 E-6 mm / mm	200000
500 E-6 mm / mm	80000
600 E-6 mm / mm	40000

Por lo que los puntos establecidos en la especificación se pueden representar como una línea recta en un eje logarítmico (Figura 64.a.), por lo que para considerar que una mezcla satisface los criterios de fatiga debe cumplir con ambos requerimientos o en otras palabras si alguno de los resultados se encuentra por debajo de la línea se considera que no se satisfacen los criterios de fatiga.

Para complementar este análisis e ilustrar su determinación, se observa que se establece una figura geométrica formada por la línea mencionada y la proyección hasta el eje horizontal para cada una de las deformaciones unitarias requeridas ($400 \mu s$ y $600 \mu s$), tal como se ejemplifica en la Figura 64.b. Por lo que se puede establecer la diferencia entre el área de la figura geométrica formada con la línea de la especificación y el área formada por la línea del resultado del ensayo a la mezcla asfáltica.

Figura 64. Área de la figura geométrica formada por la especificación de fatiga.



El plano de la especificación (Figura 64.b. sombreado gris) establece una magnitud del área que se considera el 100%. La figura formada por el resultado de ensayo (figura naranja) establece una correspondencia de "lo que le falta" a la mezcla modificada con relación a la especificación de referencia, lo que se representa con la flecha que en este caso sería un 68%. Por lo tanto, la ubicación de los resultados del ensayo (número de ciclos para la falla para ambas deformaciones unitarias) es el área de proporción (32%) con respecto a la especificación (triángulo naranja).

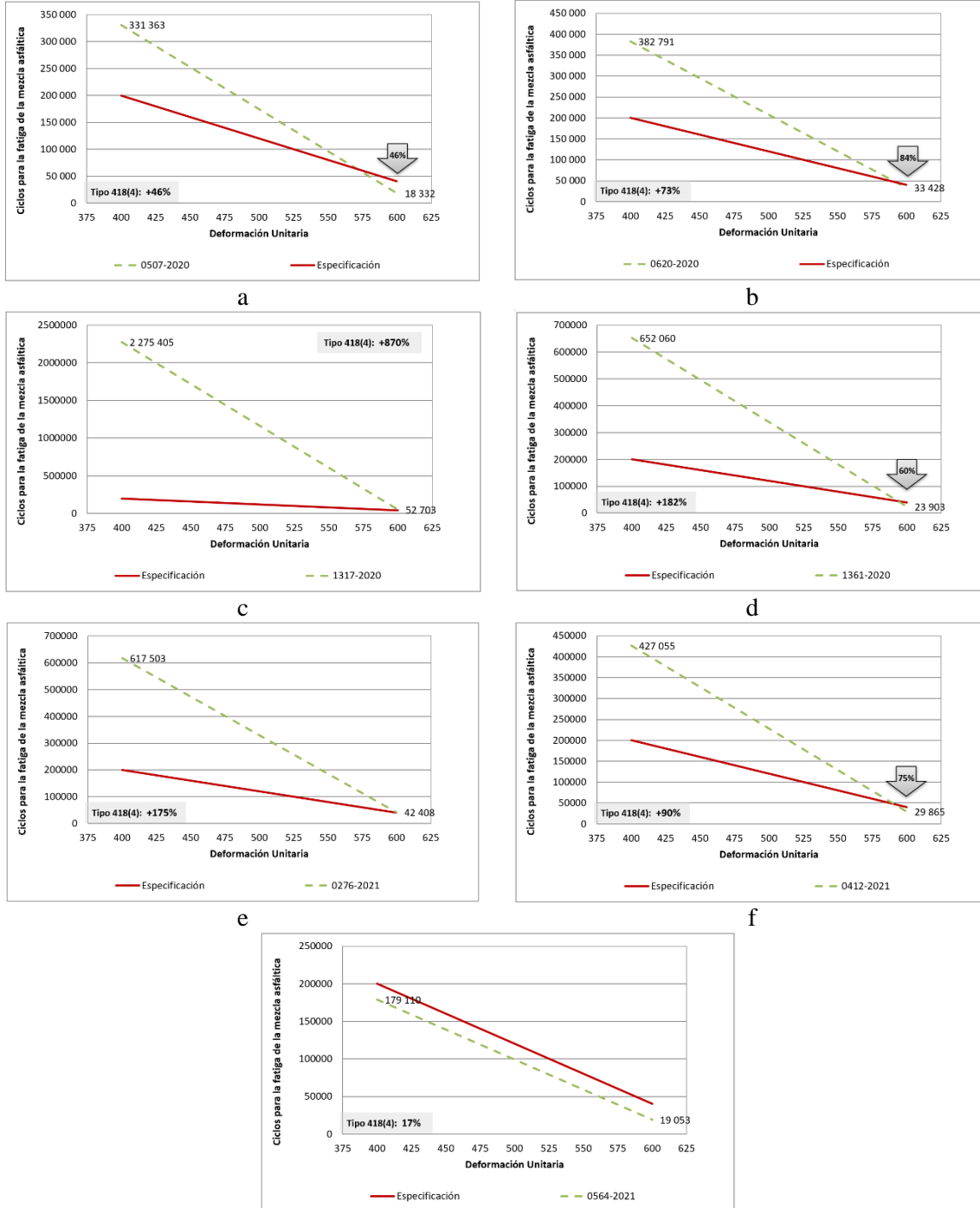
HALLAZGO 6: SE DETERMINA QUE POCAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS ANALIZADAS CUMPLEN CON EL REQUISITO QUE SE SOLICITA PARA LA RESISTENCIA A LA FATIGA UTILIZADO COMO REFERENCIA EN EL ANÁLISIS Y ESTABLECIDO EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL CR 2010 PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS DE ALTO DESEMPEÑO.

A continuación, se presentan los resultados del ensayo a fatiga para la mezcla asfáltica modificada de tamaño 12,5 mm realizados por el LanammeUCR. Evaluando la normativa que establece los límites indicados en la Tabla 11, se determina que aproximadamente el 57% de los valores individuales (8 de 14) cumplen alguno de los requisitos de la especificación establecida para la deformación de $400 \mu s$ y en $600 \mu s$, tal y como se presenta en las gráficas a, b, c, d, f, y g de la Figura 65. Sin embargo, solamente 2 de las 7 muestras evaluadas



(gráficas c y e) de la mezcla modificada con polímero de 12,5mm, satisfacen ambos requisitos simultáneamente.

Figura 65. Resultados del ensayo de fatiga para la mezcla de 12,5 mm.





Se observa que 6 de los 7 resultados de las muestras evaluadas cumplen con el requerimiento establecido para la deformación de 400 μ s; en tanto que 5 de los resultados no cumplen con la especificación señalada para la deformación de 600 μ s (por lo que se considera que la mezcla no satisface ambos requisitos de deterioro a la fatiga).

De acuerdo con esta especificación y a los resultados obtenidos, podría existir algún grado de susceptibilidad a la fatiga del material de mezcla asfáltica utilizada como capa intermedia, lo cual podría incidir en la reducción de la vida útil de las carpetas asfálticas colocadas, principalmente en el caso de la muestra 564-2021 del gráfico g, en la que no cumple ambos requisitos técnicos de la especificación considerada en este proyecto.

De acuerdo con la información aportada a esta Auditoría Técnica, no se logró evidenciar la existencia de ensayos de desempeño para verificar la condición de fatiga o de deformación permanente de las mezclas modificadas producidas y utilizadas. Esta condición de desempeño solo fue verificada en los diseños de mezcla elaborados en el año 2018.

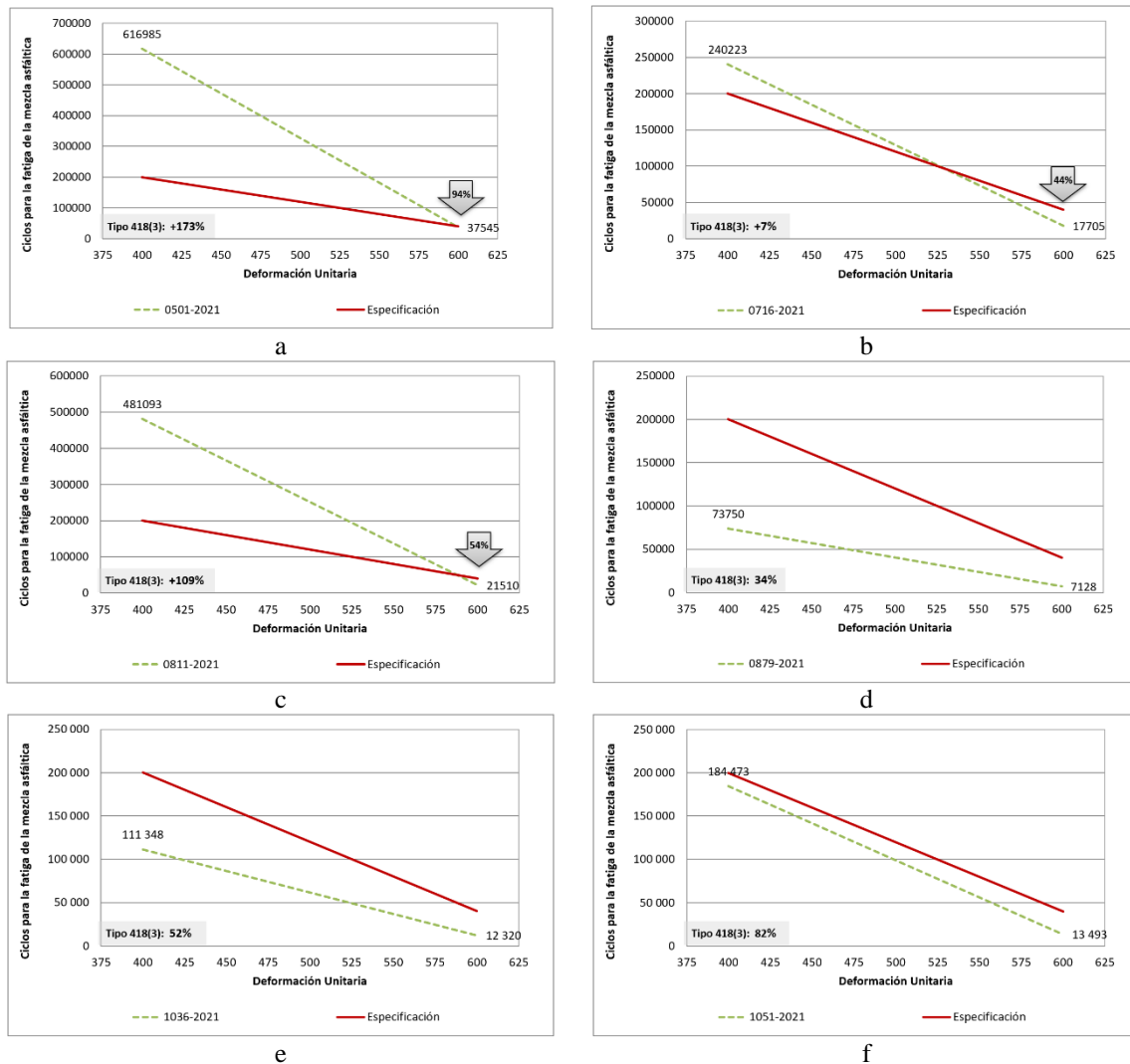
Mezcla asfáltica de tamaño de 19 mm

Respecto a la mezcla asfáltica modificada de tamaño de 19 mm se utiliza de forma referencial la especificación indicada en la Tabla 11 para el análisis de los resultados obtenidos de capacidad al deterioro a la fatiga, evidenciándose que el 25% de los valores (3 de 12) se encuentran por encima de alguno de los dos requisitos establecidos para la deformación unitaria de 400 μ s y 600 μ s.

De la información analizada se denota que solamente tres de las mezclas de 19mm producidas con asfalto modificado con polímero (Figura 66a.) satisfacen los ciclos para producir la deformación unitaria de 400 μ s. Sin embargo, ninguna de las muestras satisfacen ambos criterios al mismo tiempo, tal como se observa en la Figura 66 (a, b, c, d, e y f).



Figura 66. Resultados del ensayo de fatiga para la mezcla de 19 mm.



Ensayos de deformación permanente de la mezcla asfáltica

En el apartado 418.06.03 “Requisitos para la mezcla asfáltica designación 418(3)” de la sección 418 “Mezcla asfáltica para usos específicos” se establecen los requisitos de deformación plástica para la mezcla asfáltica. Estos requisitos se evalúan para los resultados de la mezcla asfáltica de tamaño máximo nominal de 12,5 mm y la de 19 mm, cuyo análisis se presenta a continuación.



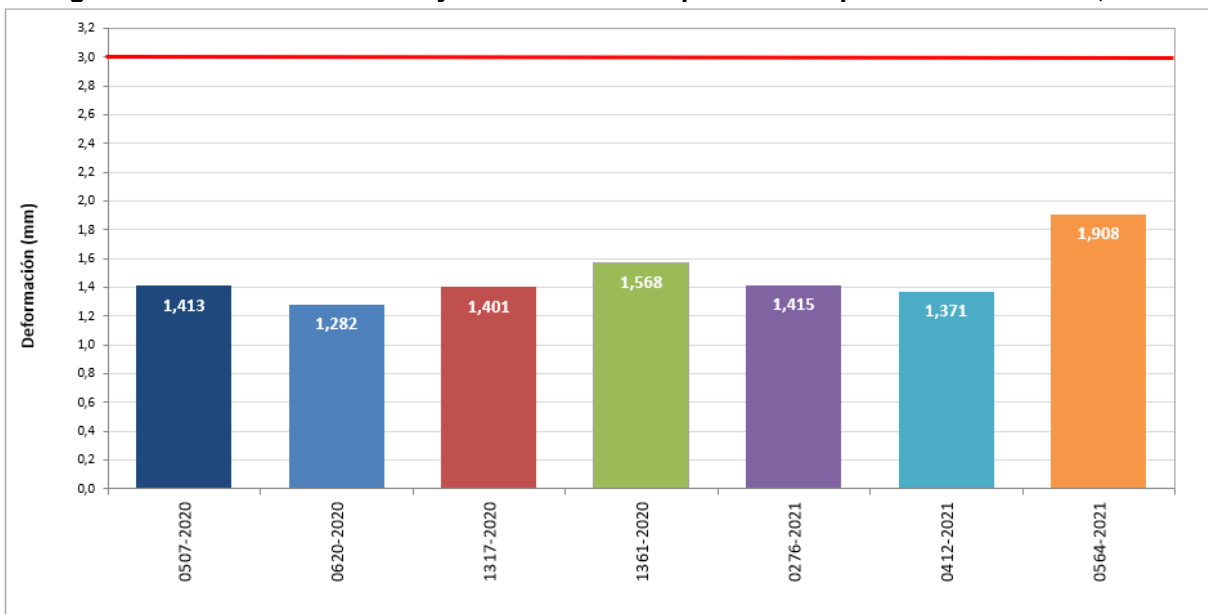
HALLAZGO 7: LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CUMPLEN CON EL REQUERIMIENTO EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL CR 2010 PARA LA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PERMANENTE.

Mezcla asfáltica de tamaño de 12,5 mm

Los resultados de deformación plástica obtenidos por el LanammeUCR para la mezcla asfáltica modificada de tamaño de 12,5 mm se evalúan con el valor establecido de la especificación, dicho criterio se utiliza para esta evaluación únicamente de forma referencial.

De los resultados presentados en la Figura 67 se observa que la mezcla asfáltica modificada presenta valores satisfactorios de resistencia a la deformación permanente desde 1,3 a 1,9 mm de surco, con respecto al valor de referencia (especificación de deformación permanente) utilizado para comparar la capacidad de la mezcla asfáltica a soportar la deformación de la matriz agregado asfalto.

Figura 67. Resultados del ensayo de deformación permanente para la mezcla de 12,5 mm

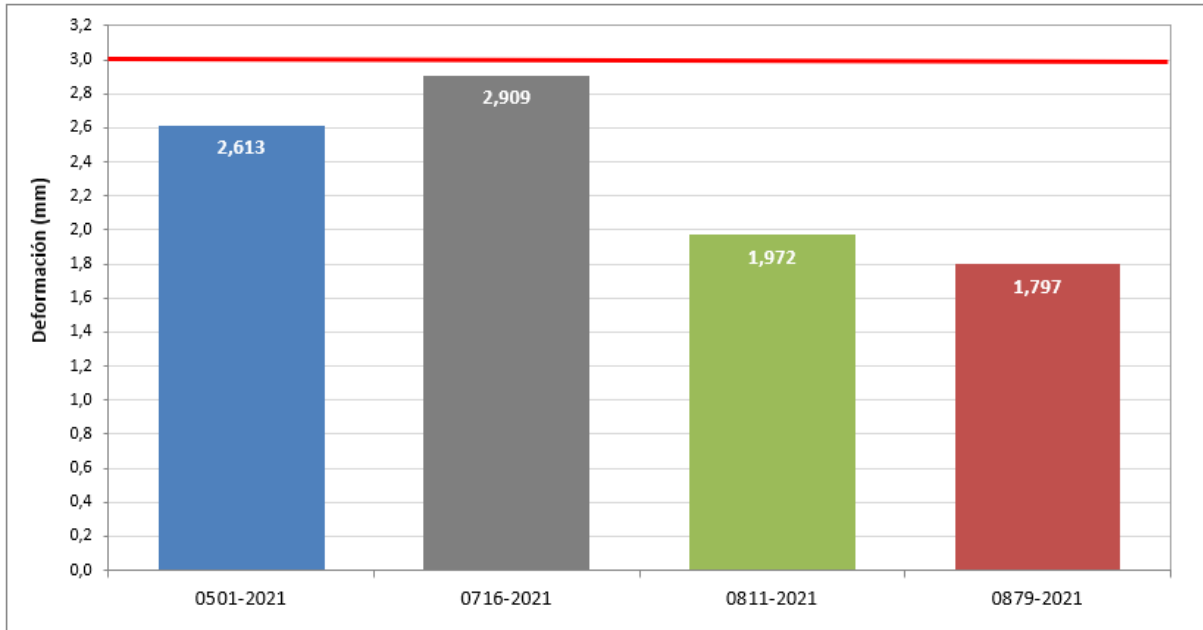




Mezcla asfáltica de tamaño de 19 mm

La mezcla asfáltica modificada de tamaño de 19 mm reporta resultados de deformación permanente cercanos a la máxima deformación permitida en la especificación del CR2010 con un valor de 2,9 mm. Los restantes resultados muestran valores entre 1,8 y 2,6 mm los cuales cumplen satisfactoriamente la especificación, sin embargo uno de ellos también se encuentra cercano al valor máximo permitido, tal como se observa en la Figura 68.

Figura 68. Resultados del ensayo de deformación permanente para la mezcla de 19 mm



Es importante considerar que esta mezcla asfáltica de TMN de 19mm, es la correspondiente a la capa de ruedo, en la cual toma mayor relevancia la capacidad de resistir las cargas de tránsito sin que se presenten deformaciones permanentes considerables para el desempeño de la capa. En este sentido, también llama la atención de que la mezcla de menor tamaño de agregado, obtiene menor deformación ante la carga aplicada en el ensayo. Esto se podría relacionar con los valores altos del parámetro de polvo / asfalto y valores altos de VFA, lo que podría influir en mezclas que tienden a ser menos estables y más deformables, aunque se debe indicar que cumplen la especificación solicitada de 3mm.



11. CONCLUSIONES

De acuerdo con el presente informe de Auditoría Técnica se pueden extraer las siguientes conclusiones.

- a) Respecto al seguimiento del informe LM-INF-IC-D-005-2020 se concluye que:
- De acuerdo a la documentación aportada a esta Auditoría, se han considerado mejoras en prácticas constructivas en la colocación y curado del concreto de las losas que tratan de evitar el fisuramiento por contracción del concreto, como acciones de mejora a partir del informe de auditoría técnica y de recomendaciones de los expertos técnicos de la supervisión. Sin embargo, han existido algunos casos puntuales en los que se han evidenciado nuevos agrietamientos que indican que pueden mejorarse estos procesos de colocación y curado.
 - Respecto a la exposición de acero de estructuras reforzadas, por periodos prolongados, se han evidenciado acciones de protección de algunos elementos. Sin embargo, es importante mantener esta protección en buen estado con el fin de que se evite la corrosión del acero, principalmente el que queda expuesto por periodos extensos. Por otra parte, se conoce que, a partir del informe de auditoría LM-INF-IC-D-005-2020 y de las notas informe relativas a este tema, se implementó un protocolo de acción de limpieza y de revisión de dimensiones de la varilla que colabora en asegurar una buena condición del acero antes del colado de la estructura con concreto. Es importante indicar que existen algunos casos puntuales como los indicados en el informe, en los que se recomienda la protección permanente mientras se coloca el concreto, con el fin de evitar su exposición innecesaria a la intemperie, principalmente durante periodos excesivos.
 - Respecto a los deterioros provocados en la capa superficial de mezcla asfáltica en la Unidad Funcional 2B, como consecuencia del almacenamiento de elementos prefabricados y maquinaria, se ha evidenciado que sí se causó daño a la estructura por medio de la valoración del experto técnico de la Supervisión y que se cumplió con la verificación de la condición estructural y superficial de la capa afectada luego del retiro de los elementos. Se evidenció que se tomaron acciones importantes de corrección en la restitución de la capacidad estructural y superficial del pavimento construido. Aunque no fue técnicamente deseable el almacenamiento de estos elementos sobre el pavimento construido, debido al riesgo que representaba, se han tomado acciones que mejoran la condición de afectación del pavimento. Queda pendiente la evaluación de la capacidad estructural con la estructura de pavimento completo, ya que falta la colocación de la capa final de ruedo.
 - De acuerdo a los deterioros por erosión de los taludes de la Unidad Funcional 2B, se conoce que a pesar de que esta Unidad había quedado suspendida desde abril de 2019, se ha dado un seguimiento por parte de la Administración, y se han implementado algunas acciones que han logrado proteger parte del talud. Sin embargo, se han observado sitios adyacentes que presentan deterioro que pueden seguir agravándose con el tiempo, en los que la vegetación no se ha logrado desarrollar.
- b) Se evidenció la construcción de cunetas con material de tobacemento que, según la resistencia indicada en las boletas de despacho, tiene una resistencia de 35 kg/cm²



- (3,4 MPa) a los 7 días, siendo que en los planos constructivos aprobados y vigentes al momento de la visita que evidencia el hallazgo, debían ser construidas con concreto de resistencia a la compresión de 225 kg/cm² (22,1 MPa) medida a 28 días.
- c) Además, se observaron deficiencias en algunos espesores de las cunetas construidas las cuales no cumplían con los 15 cm que indican los planos constructivos e insuficiencia de conformación del terreno o relleno de apoyo de las cunetas. Estas condiciones fueron detectadas también por la Supervisión. El Consorcio Contratista respondió que se atenderían dichos aspectos constructivos.
 - d) Se han observado algunos lugares puntuales en las cunetas con algunos deterioros, lo que debe ser motivo de atención, debido a las deficiencias detectadas y al incumplimiento del material de construcción de las cunetas originalmente aprobado. Estos deterioros podrían irse manifestando en otros sitios y agravándose con el tiempo al filtrarse agua de forma progresiva y constante en el material de apoyo.
 - e) En la información aportada por la Administración a esta Auditoría Técnica, no fue posible encontrar toda la información requerida -de acuerdo con los documentos contractuales-, que el Contratista debía presentar para mostrar los procedimientos de cálculo y justificar técnicamente las características de todos los componentes del sistema de drenaje menor del viaducto. Con base en un informe elaborado por el Consultor Especialista contratado por la Supervisión, se han implementado mejoras de la propuesta plasmada en planos sobre el sistema de drenaje. Sin embargo, es claro que este informe no corresponde a una memoria de cálculo, ni a una actualización de la misma, que justifique técnicamente y demuestre que el sistema construido evacuaría eficientemente el agua pluvial del viaducto. Consecuencia de esto es que se han ido implementando mejoras en el proceso constructivo y en el proceso de corrección de defectos, adicionando sumideros intermedios, canales longitudinales, ampliando diámetros de tubos, entre otras acciones correctivas, mejorando condiciones con base en eventos de lluvia ocurridos, pero sin que se hayan generado, ni aportado a esta Auditoría Técnica, memorias de cálculo que demuestren la idoneidad del sistema de drenaje menor.
 - f) En la documentación aportada por la Administración, no se encontró el detalle constructivo final aplicado para las entradas de los sumideros. En visitas técnicas se evidenció que algunas entradas han sido construidas con diferencias en geometría y con variaciones en la ubicación de los tubos con respecto a los bordes de las barreras, además de que a algunas se les añadió una rejilla. De acuerdo con esto, no está clara la justificación técnica que condujo a variar la geometría de la entrada a los sumideros ya que no se ha encontrado el detalle constructivo final, siendo esta justificación técnica importante para garantizar la captación eficiente de aguas pluviales del viaducto.
 - g) No ha sido posible verificar los resultados de las áreas tributarias y caudales aportados para la tormenta de diseño a los sumideros (intermedios y externos) en las diferentes pilas del viaducto, debido a la falta de memorias de cálculo por parte del contratista. Esto se considera necesario para conocer con exactitud la distribución de las aguas



pluviales entre los distintos sumideros, paso previo necesario para proceder con la revisión de la capacidad hidráulica de captación y conducción de los mismos.

- h) Con la documentación del proyecto aportada a esta Auditoría, no es posible asegurar que no se vayan a presentar encharcamientos en el espaldón y carriles del viaducto en algunos puntos; debido a que no se encuentra que se haya estimado la capacidad de captación de los sumideros, la profundidad del agua a la entrada de los sumideros, ni el ancho encharcado para la tormenta de diseño en las cercanías de los sumideros ni en los tramos entre sumideros. Este tipo de eventos con lluvias de alta intensidad podrían provocar interrupción o desaceleración del tráfico y accidentes por hidroplaneo, por limitación de visibilidad por salpicadura de agua o por dificultades en la maniobrabilidad del vehículo, por lo que es importante realizar los cálculos de acuerdo a la tormenta de diseño considerada.
- i) Los resultados del LanammeUCR y de verificación de calidad reflejan cumplimiento en las granulometrías de la mezcla asfáltica modificada de TMN de 12,5 mm, con una tendencia a ser densas con algún grado de variabilidad. Respecto a la mezcla asfáltica modificada de TMN de 19mm se evidencia alta variabilidad en los tamaños granulométricos de N°16 (ambos laboratorios), N°8 y N°30 (LanammeUCR), con una tendencia a mezclas densas o cerradas. Cabe destacar que ambos diseños de mezcla son realizados en febrero (12,5mm) y julio (19mm) del 2018, por lo que las variabilidades experimentadas podrían deberse a cambios de los componentes que conforman las mezclas producidas, respecto a los utilizados en cada uno de los diseños. Por otra parte, es conocido por el Equipo Auditor, que se experimentaron problemas en la planta productora, que provocó deficiencias en parte de la mezcla producida de ambos tamaños y que, de acuerdo con resultados de verificación de calidad obtenidos, fue rechazada y sustituida en sitio cuando se presentaron algunos incumplimientos. De acuerdo con esto, es importante mencionar que si existió variabilidad que muestra riesgos de posibles incumplimientos, era de consideración actualizar el diseño de mezcla que asegure la idoneidad de los materiales utilizados, además de tomar acciones de solucionar los posibles problemas encontrados en la planta productora, en caso de que existieran.
- j) En cuanto al contenido de asfalto, para las mezclas de TMN de 12,5 mm, se determina cumplimiento del contenido óptimo de asfalto $\pm 0,5\%$ en todas las muestras analizadas (ambos laboratorios), siendo variable dentro de las tolerancias. Se debe indicar que un porcentaje significativo muestra que los resultados obtenidos por verificación de calidad y LanammeUCR se ubican en el ámbito de menor contenido de asfalto (ámbito seco entre el óptimo y el límite inferior). En tanto, los resultados de contenido de asfalto para las mezclas de TMN de 19 mm reportan un incumplimiento entre el 16% (Verificación de calidad) y 30% (LanammeUCR) del contenido óptimo de asfalto $\pm 0,5\%$ y aproximadamente el 77% de los resultados están en el ámbito seco (óptimo - 0,5%) de asfalto.



- k) Por su parte el parámetro de contenido de vacíos determina que existe variabilidad en los resultados del ensayo y que tienden a ser mayores al 4% para la mezcla asfáltica de tipo 12,5mm, con un incumplimiento entre 14% (LanammeUCR) a 24% (verificación de calidad), siendo que con el paso del tiempo tienden a ser mayores que el límite superior de 5%. En tanto, que los resultados de vacíos de la mezcla asfáltica tipo 19mm, estiman un incumplimiento entre el 25% (verificación de calidad) al 56% (LanammeUCR) en el parámetro de vacíos, con una tendencia de aproximadamente el 79% de dichos datos hacia contenido de vacíos bajos, menores a 4%, incluso algunos por debajo del límite inferior de 3%.
- l) Con relación a los resultados de los parámetros volumétricos de VMA se logra estimar alta variabilidad en los resultados obtenidos, lo que establece porcentajes de incumplimiento de VMA para la mezcla del TMN de 12,5mm de 78% para LanammeUCR y 13% para resultados de verificación. Se debe indicar aquí, que se identificó que los Gbs de agregados utilizados por el laboratorio de verificación de calidad son considerablemente variables en el tiempo y se pudieron establecer periodos en los que los valores de VMA para esta mezcla variaron considerablemente de acuerdo a los cambios en los Gbs de los agregados, a pesar de que estos últimos difieren del utilizado en el diseño de mezcla correspondiente, lo que podría indicar que las características del agregado pudieron haber cambiado en el tiempo, en cuyo caso, esto podría explicar la variabilidad experimentada y hasta los incumplimientos observados en el tiempo, por lo que el diseño de mezcla debió de rediseñarse, al identificarse cambios evidentes en los Gbs del agregado.
- m) En el caso del TMN de 19mm existen incumplimientos de VMA de 88% con resultados del LanammeUCR y de 30% para resultados de Verificación de calidad. Para este caso, los valores de Gbs de los agregados también cambiaron en el tiempo, pero la magnitud no es tan considerable como en el caso de la mezcla de 12,5mm, posiblemente porque el periodo de producción analizado es más corto.
- n) Para el caso del parámetro VFA de la mezcla de TMN de 12,5mm, se obtuvo alta variabilidad en los resultados obtenidos, determinando un 23% de incumplimiento con los resultados del LanammeUCR y 42,3% para los resultados de verificación de calidad con una tendencia a valores altos y algunos por encima del límite superior de la especificación. Además, en el caso de la mezcla de TMN de 19mm se obtuvo un incumplimiento de 66% de acuerdo con los resultados del LanammeUCR y un 46% con los resultados de verificación de calidad, y de igual forma que la mezcla de 12,5mm, con tendencia a valores altos con algunos por encima del límite superior de la especificación.
- o) Los resultados del LanammeUCR revelan valores de relación polvo/asfalto para las mezclas asfálticas de TMN 12,5mm y TMN 19mm, valores de incumplimiento de 73% y 85%, respectivamente, siendo la mayoría tendientes a superar el límite superior de 1.3. No obstante, los resultados de verificación de calidad, reflejan bajos porcentajes



de variabilidad y por ende niveles de cumplimiento satisfactorios, en ambos tipos de mezclas.

- p) Es importante destacar la variabilidad que se ha presentado en los diferentes parámetros volumétricos, condición que indica algún grado de descontrol en la calidad de la mezcla producida, que puede provocar heterogeneidad en el proceso productivo, y que es evidenciado con el rechazo por parte de la Administración, de parte de la mezcla producida en diferentes días de producción.
- q) Los ensayos de fatiga determinan que las mezclas asfálticas, de ambos tamaños de mezcla, podrían ser susceptibles al agrietamiento, ya que el 57% y el 75% de los resultados individuales de TMN 12,5mm y 19mm, respectivamente, no superan el valor de los requisitos individualmente. Así mismo, solamente el 30% y 50% superan ambos requisitos simultáneamente. Aquí es importante indicar que existe mayor susceptibilidad de las mezclas asfálticas en el rango seco a que puedan incumplir con parámetros de fatiga. Para ambas mezclas, se ha observado que existe una tendencia a valores de asfalto tendientes al ámbito seco y cercanas al límite inferior.
- r) Las mezclas asfálticas de ambos tamaños de agregado (12mm y 19mm), evidencian tener una apropiada resistencia a la deformación permanente, ya que la totalidad de los resultados se mantienen por debajo del valor requerido por la especificación de referencia. Sin embargo, llama la atención que la mezcla de menor tamaño nominal máximo (12,5mm), es la que resiste mejor la carga obteniendo menor deformación permanente en el ensayo de APA.

12. RECOMENDACIONES

A partir de las situaciones plasmadas en este informe se enlistan las siguientes recomendaciones.

- a) Se recomienda continuar con la implementación de medidas constructivas / correctivas y velar estrictamente con su cumplimiento con el fin de evitar el fisuramiento por contracción del concreto.
- b) Se recomienda velar por la protección permanente del acero expuesto en estructuras reforzadas, principalmente si quedan expuestas por periodos prolongados.
- c) Se recomienda realizar una evaluación final de la condición estructural del pavimento de la Unidad Funcional 2B, una vez que se concluya la colocación de la capa final de ruedo, con el fin de asegurar el inicio de su fase de operación con una condición óptima.
- d) Es importante asegurar la protección y control de erosión de los taludes del proyecto, específicamente en la Unidad Funcional 2B, donde se ha dificultado el desarrollo de vegetación durante varios meses y se han observado algunas afectaciones en los pies de los taludes que podría agravarse. Por lo que se recomienda asegurar su control con suficiente anticipación a la aceptación del proyecto.



- e) Se recomienda revisar las justificaciones por las que se cambiaron las condiciones contractuales para la construcción de algunas cunetas, siendo que el material de tabicamiento utilizado es de menor resistencia, al concreto inicialmente aprobado en planos.
- f) Se recomienda verificar la condición de las cunetas construidas debido a que se han observado algunos deterioros que podrían estar asociados al cambio del material especificado, a variaciones en los espesores usados y a deficiencias de compactación en el terreno de apoyo.
- g) Realizar un levantamiento topográfico detallado de la superficie final de la rasante del viaducto, de los sumideros (indicando con exactitud sus diámetros finales y ubicación) y de los canales laterales (indicando sus dimensiones, longitud y pendiente) y elaborar una memoria de cálculo hidráulica que indique con claridad:
- i. El área de la rasante que aporta caudal a cada par de sumideros del viaducto, incluyendo los sumideros intermedios, tomando en cuenta la influencia de los canales laterales y la topografía detallada al definir las áreas,
 - ii. El caudal aportado a cada sumidero durante la tormenta de diseño de 25 años de período de retorno,
 - iii. La capacidad hidráulica de captación de la entrada de los sumideros, tomando en cuenta su configuración y formas actuales,
 - iv. La capacidad hidráulica de conducción de la tubería que lleva las aguas al nivel inferior, con los diámetros exactos de los sumideros colocados en sitio,
 - v. Siguiendo los lineamientos y recomendaciones de la circular HEC-22 u otra guía técnica similar:
 - Definir un ancho encharcado aceptable para un evento de diseño. El ancho encharcado aceptable y la frecuencia del evento de diseño pueden basarse en la Tabla 4-1 de la circular HEC-22 u otra guía técnica similar.
 - Con base en la capacidad hidráulica de captación de los sumideros, estimar el ancho encharcado en la cercanía de los sumideros y verificar que es aceptable.
 - Con base en la capacidad hidráulica de los canales laterales y el espaldón, estimar el ancho encharcado en los tramos entre sumideros y verificar que es aceptable.
 - vi. Tomar las medidas correctivas correspondientes, si se verifica que algún punto del sistema de drenaje no tiene la capacidad requerida y se genera encharcamiento o inundación en los carriles de tránsito.
- h) Se recomienda para obras urbanas, definir como requisito cartelario para el diseño del drenaje menor, que se sigan los lineamientos de la circular HEC-22 en su versión vigente.



- i) Se recomienda en los futuros procesos productivos de mezcla asfáltica, monitorear estrictamente cada uno de los parámetros volumétricos, contenidos de asfalto utilizados y las granulometrías consideradas, con el objetivo de identificar si existen desviaciones en la mezcla que se produce permanentemente en el proyecto.
- j) Por otro lado, es importante implementar revisiones o actualizaciones periódicas de los diseños de mezcla aprobados, considerando que siempre es posible que algunos de los componentes que conforman la mezcla producida podrían experimentar cambios en el tiempo que podrían variar las características del producto final, por lo que es importante evitar desviaciones en el control de calidad y asegurar un producto homogéneo en el tiempo y de acuerdo con lo requerido en cada proyecto, en correspondencia al diseño aprobado.
- k) Es recomendable ejercer un control adecuado de las granulometrías utilizadas durante la producción, así como de la cantidad de asfalto dosificada; de manera que se trate de mantener un equilibrio en los parámetros volumétricos (VFA, polvo asfalto) de la mezcla, intentando evitar que tiendan a ser mezclas muy densas o muy gruesas, sino curvas granulométricas que propicien cantidades de asfalto tendientes al óptimo de diseño, de manera que se logre un producto final con las características del diseño aprobado y con los requerimientos de desempeño establecidos en las especificaciones respectivas vigentes y para los que fue diseñada la mezcla.



13. REFERENCIAS

Consejo Nacional de Vialidad CONAVI (2013). Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000008-0DE00. Diseño y Construcción del Corredor Vial “Circunvalación Norte”, Ruta Nacional No.39, Sección Uruca (Int. Ruta Nacional No.108) – Calle Blancos (Int. Ruta Nacional No.109). Unidad Ejecutora CONAVI/BCIE, San José, Costa Rica.

FHWA. (2009a). *HEC No. 22 Urban Drainage Design Manual, Third Edition*. Obtenido de <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/10009/10009.pdf>

Ministerio de Obras Públicas y Transporte (2010). Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR – 2010, Dirección General de Vialidad. San José, Costa Rica.

EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Mauricio Salas Chaves Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Mauricio Picado Muñoz Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Víctor Cervantes Calvo Auditor Técnico
Visto bueno de legalidad: Licda. Nidia Segura Jiménez Asesora Legal LanammeUCR	Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	Aprobado por: Ing. Alejandro Navas Carro, MSc. Director LanammeUCR



14. ANEXOS

Anexo 1: Análisis del descargo

 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 1/7

1. Nombre Informe

Informe EIC-LANAMME-INF-008B-2021: Segundo Informe de Auditoría Técnica del Avance del Proyecto: Diseño y Construcción del Corredor Vial "Circunvalación Norte", Ruta Nacional N°39, Sección Uruca (Ruta Nacional N°108) – Calle Blancos (Ruta Nacional N°109)

2. Descargo

De acuerdo con los procedimientos de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar EIC-LANAMME-INF-008B-2021 fue remitido a la Administración el día 24 de febrero de 2022, mediante oficio EIC-LANAMME-145-2022, para que fuese analizado por parte del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura del CONAVI. A partir de esta fecha se le otorgó un plazo de 15 días hábiles a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita.

La presentación del informe se propuso para el día 1 de marzo de 2022, sin embargo, de acuerdo con solicitud del ingeniero de proyecto Álvaro Solís Ramírez, se pospuso para el martes 8 de marzo de 2022. Esta presentación fue dirigida a la parte auditada con el fin de que se conociera con mayor claridad y se expusieran los puntos que se requirieran ampliar según el contenido del informe.

El día jueves 17 de marzo de 2022 el Equipo Auditor recibió por correo electrónico el oficio POE-08-2022-0154 en el que se solicitaba por parte del Ing. Carlos Jiménez González, Gerente de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial, una prórroga de 8 días adicionales para el envío del descargo al informe. Se otorgó el plazo solicitado y de acuerdo con el mismo, el día lunes 28 de marzo del presente se recibió el descargo mediante oficio POE-02-2022-0186.

A partir de la presentación del descargo se procedió a su análisis para valorar si las aclaraciones aportadas ameritan realizar correcciones en el informe, para mayor claridad o incluir elementos adicionales en su versión final.

3. Análisis del descargo

Es importante aclarar que el documento aportado como descargo al informe de Auditoría Técnica EIC-LANAMME-INF-008B-2021, inicia refiriéndose a los Hallazgos del informe anterior LM-INF-IC-D-005-2020, y no al hallazgo principal del informe EIC-LANAMME-INF-008B-2021, que se refiere al seguimiento de cada uno de los hallazgos del informe anterior, básicamente sobre las acciones que se han implementado respecto a cada uno de ellos, por lo que se titula:



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 2/7

“HALLAZGO 1: SE EVIDENCIA QUE SE HAN IMPLEMENTADO ACCIONES DE MEJORA CON RELACIÓN A ALGUNOS ASPECTOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO, ASI COMO OTROS QUE SE ENCUENTRAN PENDIENTES DE ATENDER DE ACUERDO CON EL SEGUIMIENTO REALIZADO A LOS HALLAZGOS DEL INFORME LM-INF-IC-D-005-2020.”

En este sentido, es importante mencionar que por parte del Equipo Auditor se han considerado aspectos que han mejorado en el proyecto y otros que podrían mejorar aún más, por lo que a criterio de la Unidad de Auditoría Técnica se considera relevante informar a la Administración, lo cual es el objetivo del hallazgo.

En el caso específico de las fisuras encontradas en las losas de concreto, es un tema que el Equipo Auditor conoce que se han tomado medidas preventivas y así se menciona en el hallazgo del presente informe. Sin embargo, se han presentado casos adicionales en los que se han evidenciado nuevas fisuras en losas, por lo que se consideró importante informar a la Administración con el fin de que se consideren estos antecedentes para tomar acciones preventivas futuras. Por otra parte, también se conoce y se incluye dentro del hallazgo, que los agrietamientos existentes fueron valorados por los expertos estructurales y que se han girado recomendaciones adicionales para minimizar la aparición de estos agrietamientos, y esto es precisamente lo que el Equipo Auditor quiere transmitir a la Administración y que se continúe en la mejora de procesos constructivos.

Cabe destacar que respecto a la aparición de fisuras que puedan afectar la calidad del proyecto, la consecuencia negativa, (si se fuera a presentar), se podría ver reflejada hasta que el proyecto se encuentre en operación con el paso continuo de la carga de tránsito, por lo que, para prevenir la materialización del riesgo, es importante el mejoramiento continuo del proceso constructivo. De ahí se deriva el objetivo del hallazgo, sobre informar a la Administración para que se tomen medidas preventivas, comunicando las experiencias que se van suscitando en el progreso del proyecto. Precisamente el hallazgo se expone en el sentido que se han logrado ver mejoras a partir del primer informe de auditoría técnica presentado, aunque sí se considera que se podrían mejorar las prácticas tratando de optimizar el proceso y minimizando los agrietamientos por contracción.

Respecto a la protección del acero de algunos elementos, de igual forma se menciona en el hallazgo que se han implementado acciones para la protección del acero en el proyecto, además de los protocolos de limpieza y medidas de verificación de dimensiones del acero con corrosión. En esto también se han detectado algunos aspectos por mejorar con lo que el objetivo del hallazgo es darle seguimiento al hallazgo del informe pasado, al informar a la Administración y principalmente, recalcar la importancia de que en todo momento se proteja el acero, sobre todo si se prevé que quedará expuesto por periodos extensos.

Sobre los deterioros de la capa asfáltica provocados por el almacenamiento de vigas, el hallazgo menciona de forma positiva que efectivamente se realizaron las evaluaciones, mediciones e intervenciones en favor de restituir la capacidad estructural afectada,



 <p>LanammeUCR LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES</p>	<p>Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales</p>		<p>Referencia: ANEXO 21</p>
	<p>Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo</p>		<p>Versión: 1</p>
<p>Consecutivo:</p>		<p>Página: 3/7</p>	

condición que fue analizada por el experto de pavimentos. Esto se considera positivo también por el Equipo Auditor.

Sobre los taludes de la Unidad Funcional 2B, también el hallazgo menciona que se ha dado seguimiento a la condición de erosión existente y que se han considerado algunas intervenciones de mejora. Sin embargo, es criterio del Equipo Auditor que el periodo que ha transcurrido para que se desarrolle la vegetación contra la erosión ha sido excesivo, por lo que este tema requiere abordarse de una forma definitiva puesto que se acerca la entrega final del proyecto y se requiere garantizar la efectividad de la solución que se adopte. Este tema se refiere con la confirmación de la Administración en el descargo presentado donde menciona que se mantiene la No Conformidad de la protección de taludes y que están pendientes las reparaciones del contratista, a pesar de que la fecha de término del plazo fue del 27 de noviembre de 2021, luego de haberse suspendido más de 2 años y haber aplicado un periodo compensable adicional. Cabe mencionar que la fecha de término original de esta Unidad Funcional 2B era originalmente para el 6 de noviembre del año 2018.

HALLAZGO 2: SE ENCONTRÓ QUE EL MATERIAL UTILIZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALGUNAS CUNETAS NO ES EL ESPECIFICADO ORIGINALMENTE EN PLANOS APROBADOS NI OBEDECE A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIGENTES.

En el descargo, se indica que desde agosto de 2020 se presentó a esta Auditoría Técnica el Oficio POE-08-2020-0557 donde se adjunta justificación técnica del Contratista. Sin embargo, se debe corregir que el oficio en realidad es el POE-08-2021-0557 y es de agosto del año 2021. De acuerdo con lo establecido en el Hallazgo, desde el informe de Supervisión de enero de 2021 se había detectado el cambio de material de concreto por tobacemento siendo un material de menor resistencia, por lo que la Supervisión lo categoriza como incumplimiento cartelario, habiéndose detectado en sitio desde diciembre de 2020.

Por otra parte, no está claro el control de calidad aplicado puesto que no existe especificación vigente para este tipo de material y además, se mencionan resistencias meta de 35 kg/cm² a 7 días y otras veces a 28 días en los informes de calidad presentados. Por otra parte, el contratista indica que el material alcanza resistencias hasta de 120kg/cm² a 28 días, siendo esto una evidencia adicional de que no se cumple con la especificación cartelaria original de 225kg/cm². Por otra parte, llama la atención que el contratista cambia de material, por uno que requiere cumplir una resistencia significativamente menor a la originalmente especificada y aprobada, y en consecuencia podría ser de menor durabilidad, sin que exista aprobación por parte de la Administración, siendo que la no conformidad es detectada desde diciembre de 2020, por la Supervisión. Posteriormente el informe de supervisión de enero de 2021 contiene la no conformidad y ésta se mantiene para los informes de supervisión de febrero y marzo de 2021. En abril del 2021 el consorcio cambió los planos con la nueva especificación con tobacemento lo que es así indicado en el informe de Supervisión de ese mes, pero indica que no ha sido remitida la justificación técnica. Luego, en mayo de 2021, el informe de supervisión indicaba la misma anotación y es hasta



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 4/7

el informe de Supervisión de junio de 2021 donde se indica que las actividades de drenaje de la Unidad Funcional 3, se encuentran finalizadas desde mayo, quedando pendientes reparaciones y resanes en acabados, sin que hasta el momento se hubiese mencionado por parte de la Supervisión alguna aprobación de una justificación técnica válida del cambio de material.

Por otra parte, según documento de descargo suministrado a esta Auditoría Técnica, se indica que se realizará monitoreo de la condición de las cunetas, por lo que se recuerda que el LanammeUCR informó sobre algunos deterioros en algunas de ellas que podrían presentarse en algunas otras.

Por último, es importante destacar que las memorias de cálculo dependen de la precisión de los caudales calculados provenientes del viaducto, y de acuerdo con el hallazgo 3 de este informe, se ha evidenciado que el contratista no posee memorias de cálculo sobre estos caudales y que de acuerdo con cálculos realizados por la supervisión, existen imprecisiones que subestiman la cantidad de agua que llegaría a cada sumidero, principalmente en tramos donde existen variaciones importantes en el perfil longitudinal y transversal, además que no existe evidencia que se calculara la capacidad de captación y conducción del sistema de drenaje finalmente construido.

HALLAZGO 3: EN LA DOCUMENTACIÓN APORTADA A ESTA AUDITORÍA, NO FUE POSIBLE VERIFICAR QUE TODOS LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL VIADUCTO POSEEN SUFICIENTE CAPACIDAD HIDRÁULICA PARA REMOVER LA ESCORRENTÍA DE LA RASANTE SIN CAUSAR ENCHARCAMIENTO O INUNDACIÓN DE LOS CARRILES DE TRÁNSITO.

De acuerdo con lo informado en el descargo, el contratista se encuentra actualizando las memorias de cálculo. Sin embargo, esto refuerza el hallazgo, siendo que la Unidad Funcional 3 terminó el plazo de ejecución desde el 23 de junio de 2021 y que la Unidad Funcional 4, que terminaba el mismo día, fue suspendida el 21 de junio de 2021, dos días antes que venciera este plazo de ejecución de obra, y hasta la emisión de este informe no se ha reanudado. En este sentido es claro que no hay información suficiente en el proyecto como para asegurar que lo construido en cuanto a sistemas de drenaje posee suficiente capacidad hidráulica como para evitar problemas de encharcamiento o inundación para un evento considerado en el periodo de diseño.

Por otra parte, cabe mencionar que, hasta la fecha de elaboración de este informe, estas Unidades Funcionales que consideran el viaducto, no han sido concluidas, siendo que se han estado realizando intervenciones varias, tales como sumideros intermedios, demarcación faltante, y aún faltan elementos de barreras laterales de contención, que con las lluvias que se han experimentado hasta la emisión de este informe, provoca que el agua salga rápidamente por estos sitios abiertos en las barreras laterales, por lo que impide la verificación sobre la eficiencia de captación de los sistemas de drenaje y su conducción hasta su destino final en la parte inferior del viaducto, sobre todo en algunos de estos sitios críticos por la condición de peralte, como entre las pilas 19 y 39, donde existen cambios importantes de pendientes.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 5/7	

HALLAZGO 4. LA MAYORÍA DE LOS RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS ANALIZADAS DE TAMAÑO 12,5 MM Y 19 MM CUMPLEN LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL CARTEL DE LICITACIÓN.

El informe de Auditoría Técnica lo que concluye es que se cumple con las granulometrías de TMN de 12,5mm y que existe variabilidad en las de TMN de 19mm. Es necesario recalcar que, para el análisis de los resultados, además de los resultados obtenidos por el LanammeUCR, se realizó también el análisis de los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación de calidad, precisamente para evitar emitir conclusiones basándose únicamente en las muestras de LanammeUCR, en el entendido que éstas no pretenden ni podrían sustituir la verificación de calidad. Cabe destacar que los resultados del LanammeUCR son enviados a la Administración al momento de la obtención de resultados del laboratorio con el fin de que sean valorados a la hora de toma de decisiones, posteriormente estos mismos resultados son analizados como insumo para la emisión de este informe como complemento al análisis de resultados de verificación de calidad.

Por otra parte, es importante indicar que mediante nota informe LM-IC-D-330-2020, el LanammeUCR recomendó la actualización de diseños desde abril de 2020, principalmente por la antigüedad del que se estaba utilizando (diseño de abril de 2018). No obstante, dicha recomendación se acogió y aplicó para la Unidad Funcional 2a en octubre de 2021 (año y medio después), debido a las variaciones en la producción que se venían presentando, según lo indicado por el ingeniero de proyecto. Sin embargo, para el periodo de verificación de calidad analizado para el presente informe de Auditoría Técnica, no existe evidencia de la actualización de los diseños de mezcla, lo que podría explicar la variabilidad presentada en la producción de mezcla en cierto periodo y que fue rechazada por parte de la Administración. Lo anterior debido a que para ciertos días de producción la mezcla asfáltica colocada en el proyecto, los resultados de verificación de calidad reflejaban alta variabilidad en diferentes parámetros volumétricos de aceptación, de manera que se sustituyeron algunos tramos específicos.

HALLAZGO 5. EL CONTENIDO DE ASFALTO CUMPLE PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA DE TMN DE 12,5MM Y SE TIENEN ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LA MEZCLA DE TMN DE 19MM, YA QUE ALGUNOS VALORES ESTÁN FUERA DEL ÓPTIMO $\pm 0,5\%$. LA MAYORÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA PRESENTA INCUMPLIMIENTOS EN ALGUNOS DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS SUPERPAVE PARA ACEPTACIÓN O PAGO TALES COMO: CONTENIDO DE VACÍOS, VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA), VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA) Y EN LA RELACIÓN POLVO/ASFALTO ESTABLECIDOS EN LA NORMATIVA CONTRACTUAL.

Es importante indicar que, también para los parámetros volumétricos analizados se observaron incumplimientos, condición que se concluye del análisis datos del LanammeUCR, así como los de verificación de calidad. Por otra parte, es importante indicar que, si se obtienen incumplimientos respecto al contenido de asfalto de una mezcla, no es suficiente realizar una inspección visual y extracción de núcleos para aceptarla, ni es la



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 6/7

metodología adecuada, para asegurar que se encuentra en óptimas condiciones, como se indicó en el oficio de descargo.

En general para cualquier proyecto, las consecuencias de aceptar mezclas asfálticas que incumplan parámetros técnicos de aceptación, se podrían plasmar de forma inmediata por la apariencia de la capa colocada, en cuyo caso se evidenciaría una condición no deseable de forma instantánea mediante una evaluación visual. Sin embargo, los problemas en una mezcla asfáltica que incumple parámetros de aceptación, no necesariamente presentarían deterioros o condiciones adversas a su durabilidad de forma instantánea, siendo que podría evidenciarse un mal desempeño a corto o mediano plazo (desprendimientos, exudación o deformaciones, dependiendo del caso), y principalmente luego que se ponga en operación la vía y empiece a resistir las cargas periódicas del tránsito. En este sentido, el hecho que la mezcla no presente problemas aparentes luego de colocada, no implica necesariamente que su desempeño sea bueno cuando inicie a resistir cargas de tránsito, sobre todo, como es el caso si se tiene evidencia de incumplimientos en los parámetros de aceptación especificados, para algunos días de producción. Esto podría someter a la Administración a un riesgo importante de asumir reparaciones prematuras de una obra nueva que debió ser diseñada y construida con los parámetros necesarios para garantizar un periodo de vida óptimo.

Es importante indicar que, de acuerdo con el análisis realizado, que no se pretende concluir que la mezcla asfáltica utilizada, en su totalidad incumple los estándares de calidad señalados contractualmente, pero sí se advierte sobre los incumplimientos que se presentaron a través del proceso de verificación de calidad, aunado a la variabilidad en la producción en el tiempo, lo que obligó a rechazos de mezcla de algunos días de producción y sustitución de algunos tramos. Esto fue analizado y determinado por la Administración y se puede ver como una acción correctiva positiva para la calidad del proyecto y para posteriores tramos en construcción, siendo acogida la recomendación del Equipo Auditor sobre la necesidad de actualización de los diseños de mezcla asfáltica, que se venían utilizando en el periodo analizado para este informe. En este sentido, se debe recalcar que para lo que falta del proyecto y para futuros proyectos, es de suma importancia mantener un proceso de producción controlado, sustentado en la utilización de diseños de mezcla que se apeguen a las características de los materiales que se utilizan.

HALLAZGO 6. SE DETERMINA QUE POCAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS ANALIZADAS CUMPLEN CON EL REQUISITO QUE SE SOLICITA PARA LA RESISTENCIA A LA FATIGA UTILIZADO COMO REFERENCIA EN EL ANÁLISIS Y ESTABLECIDO EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL CR 2010 PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS DE ALTO DESEMPEÑO

Es importante aclarar que, en cuanto a la resistencia a la fatiga, en el descargo se indica que para la actualización de los diseños de octubre de 2021 se verificó el cumplimiento de dicho requisito. Sin embargo, se debe puntualizar que los resultados presentados en el informe de Auditoría Técnica, obedecen a resultados realizados por el LanammeUCR para la mezcla colocada antes de la actualización de los diseños. Por lo tanto, los resultados de



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales	Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Versión: 1
Consecutivo:		Página: 7/7

fatiga presentados en el informe se mantienen como valores comparativos y de cumplimiento cartelario del periodo analizado.

HALLAZGO 7. LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CUMPLEN CON EL REQUERIMIENTO EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL CR 2010 PARA LA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PERMANENTE.

No hay comentarios adicionales sobre este hallazgo y se cataloga como un hallazgo positivo.

De acuerdo con la revisión del documento de descargo y la información suministrada, no se hicieron modificaciones al informe.



Anexo 2: Oficio de descargo POE-02-2022-0186



Consejo Nacional
de Vialidad
CONAVI

UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo de 2022
POE-02-2022-0186

Ingeniera
Wendy Sequeira Rojas
Coordinadora
Unidad Auditoria Técnica LanammeUCR

ASUNTO: Respuesta oficio EIC-LANAMME-INF-008B-2021 Proyecto Circunvalación Norte,
Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000008-0DE00.

Estimada señora:

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente me permito darle respuesta al Informe Preliminar EIC-LANAMME-INF-008B-2021, en el cual se desarrollará cada hallazgo indicado:

A) Sobre Hallazgo 1 de informe LM-INF-IC-D-005-2020: Se han observado fisuras en algunas losas del viaducto de la Unidad Funcional 3 y 4.

Respecto al hallazgo mencionado, me permito indicar que desde mayo del 2020 se presentó el oficio POE-08-2020-0409, en el cual se les envió el protocolo que presento el Contratista para la mitigación de fisuras, el cual fue emitido por el especialista estructural del Consorcio y revisado por parte del especialista de la Supervisora. El mismo, desde que se detectó la problemática se ha venido aplicando en la ejecución de obra.

Adicionalmente, se recalca que las fisuras que se han presentado, en su totalidad han sido atendidas y ninguna de ellas ha presentado un problema que llegue afectar la calidad del proyecto. Todas las fisuras han sido revisadas por los especialistas estructurales del proyecto, el criterio de los mismos es que no son de carácter estructural, por lo cual no



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.go.cr



UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 2 de 18

ponen en riesgo la estructura, de igual manera, se mantuvo la inspección con el fin de verificar la aplicación de las medidas durante los colados y controlar la aparición de nuevas fisuras o el aumento del ancho de las mismas.

El protocolo que se aplica consiste en lo siguiente:

1. Realizar los colados durante la noche o madrugada.
2. Enfriar y humedecer la armadura.
3. Colocar barreras corta viento.
4. Diseñar la mezcla de concreto con el tamaño máximo posible (minimizar la pasta).
5. Aumentar la humedad relativa en las zonas de vertido de concreto al inicio del endurecimiento.
6. Respetar la recomendación de cura de losas según AASHO, esto es:
 - Utilizarse una combinación de membrana líquida (Tipo 2) así como cura húmeda. La membrana debe colocarse progresivamente una vez que se concluyan las labores de acabados. Por otra parte, la cura húmeda debe iniciarse en no más de 4 horas después de culminado el acabado de la losa. El periodo de curado debe extenderse por un mínimo de 7 días.
7. Realizar cortes de losas transversales y longitudinales, que serán sellados posteriormente con un sello elástico.

A continuación, se presenta el registro fotográfico de la aplicación de medidas para el colado de los tableros.





San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 3 de 18

UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcle@conavi.go.cr

Ilustración 1.Registro fotográfico medidas para colados de tableros



Por lo tanto, en el proyecto desde el momento en el que se detectó el hallazgo, se han realizado la implementación de mayores controles de colocación y curado del concreto, para minimizar la aparición de fenómenos tales como la tasa de evaporación del agua del concreto en su periodo de fragua inicial y de curado. Y con el fin de prevenir la ocurrencia de agrietamientos por contracción en las losas de concreto. Siendo que la Administración se encuentra conforme con la aplicación del protocolo y los resultados obtenidos.





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcte@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 4 de 18

B) Sobre Hallazgo 2 de informe LM-INF-IC-D-005-2020: Condición de acero expuesto por un periodo excesivo en estructuras de concreto reforzado inconclusas.

Respecto al hallazgo mencionado, me permito indicar que desde mayo del 2019 se presentó el oficio POE-08-2019-0355, en el que se estableció un protocolo para el acero expuesto mediante el oficio 039-2020, el cual consiste en una revisión de diámetros de las varillas y limpieza de las barras antes del colado. Este protocolo se aplica para todo el proyecto.

En los casos específicos consultados en la radial Heredia y puente quebrada rivera, se aplicó el protocolo para acero expuesto y actualmente esos elementos ya fueron colados en concreto.

Ilustración 2. Registro Fotográfico limpieza de acero





San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 5 de 18

UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr



En el caso del recubrimiento del acero expuesto se mantiene y por medio de la Supervisión se controla que el acero aún se encuentre protegido, tal y como se muestra en el registro fotográfico.

Ilustración 3. Registro fotográfico de conservación de protección de acero



De conformidad con lo anterior, se considera que se han tomado las medidas correctivas como la limpieza y cepillado del acero sin que haya afectación en la sección de la varilla, dimensiones de la corrugación y en su resistencia.





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcle@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 6 de 18

Con el fin de minimizar la afectación de la oxidación en el acero de las estructuras de concreto reforzado, se da seguimiento constante para controlar que la protección se mantenga efectiva, durante todo el periodo en que se tarde la construcción de los elementos.

C) Sobre Hallazgo 3 de informe LM-INF-IC-D-005-2020: Deterioros en la capa asfáltica colocada en la Unidad Funcional 2B.

La Unidad Funcional IIB se encontraba suspendida por medio de la OS-56 a partir del día 01 de abril del 2019, siendo que una vez que se realizará el reinicio de la misma se efectuaría las pruebas necesarias para la revisión del estado estructural del pavimento.

En vista de la orden de reinicio de las labores en la unidad funcional 2B brindada por medio de la OS-108 a partir del 30 de agosto 2021, las zonas del pavimento en el que se almacenaron vigas, se ha limpiado y se procedió con los ensayos de FWD y extracción de núcleos; por medio de los cuales se identificaron los tramos que deben ser intervenidos por el Consorcio. Con el fin de realizar las reparaciones de acuerdo a las recomendaciones dadas por el especialista en pavimentos de UNOPS y al levantamiento visual, previo a que se proceda con la colocación de la capa final.

Se hace la aclaración que la Administración brindó el permiso de acopio de vigas en la zona de proyecto debido al espacio insuficiente en obra, para lo cual estableció lineamientos que el Contratista debe cumplir de acuerdo con el oficio POE-07-2019-0082. Además, es importante destacar que la estructura de pavimento cuenta con tres capas de asfalto de 6cm cada una, siendo que al momento de acopio de vigas se tenía colocado únicamente 2 capas de asfalto, previo a la colocación de la capa final se efectuó todos los subsanes que la Administración consideraba pertinentes.

Una vez realizadas las pruebas de deflectometría en las zonas afectadas, y analizadas por el experto en pavimentos de UNOPS, Ingeniero Pedro Castro Fernández, se concluye lo





San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 7 de 18

UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

siguiente:

“De acuerdo con los resultados obtenidos de las deflectometría de impacto, en el informe del especialista en pavimentos indica que se aprecia cómo las estructuras de pavimento en los segmentos que se almacenaron vigas evidencian menor rigidez que aquellos que no. Asimismo, no se nota una diferencia muy significativa en el módulo de rigidez de la subrasante. De los segmentos que acomodaron vigas, el lado derecho, carril central, evidencia la menor rigidez, en general.

Adicionalmente, se nota cómo las estructuras de pavimento en los segmentos en que se almacenaron vigas evidencian un BLI no solamente menor que en los casos de pavimentos sobre los cuales no se almacenaron vigas, sino que también se trata de magnitudes de BLI más cercanas al umbral máximo para estructuras de pavimento robustas (100 milésimas de milímetro). En los casos de MLI y LLI, las estructuras de pavimento que alojaron vigas igualmente evidencian valores mayores, pero más alejados del umbral máximo para estructuras de pavimento robusto.”

Por lo cual, el Consorcio presentó para aprobación el protocolo de reparación de la estructura de pavimento, en el cual toma en consideración, las recomendaciones del especialista en pavimentos de la Supervisora, así como las medidas correctivas y subsanes de los daños derivados del acopio de vigas.

Una vez efectuadas todas las reparaciones por parte del contratista, se procedió a la colocación de la tercera capa de asfalto, realizando la prueba de IRI con el fin de verificar el cumplimiento del Índice de Regularidad en el sector, el cual cumplió a satisfacción. Además, se adjuntan en la carpeta compartida los resultados obtenidos para la deflectometría y el IRI.





San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 8 de 18

UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

Ilustración 4. Registro Fotográfico de reparación



Consejo Nacional de Vialidad. 100 m este de la Rotonda de Bebania, Montes de Oca
Tel: (506) 2202-5300. Apartad Postal: 616-2010 San José, Costa Rica
www.conavi.go.cr





San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 9 de 18

UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

De conformidad con lo expuesto anteriormente, la Administración considera que se tomaron las previsiones necesarias que garanticen la calidad de la estructura de pavimento colocado posterior al almacenamiento de las vigas en el sector; por último actualmente se está efectuando una deflectometría de la capa final como comprobación adicional, cuyos resultados finales serán comunicados al Lanamme.

D) Sobre Hallazgo 4 de informe LM-INF-IC-D-005-2020: Se ha observado deterioro por erosión en algunos taludes de la Unidad Funcional 2B.

Con respecto al caso de las protecciones de erosión, se han tomado medidas por parte del contratista en sectores como el recubrimiento con tobacemento, además cabe destacar que hay sectores donde se mantiene por parte la Administración la no conformidad en la protección de la erosión y que el contratista tiene pendiente la ejecución de las reparaciones requeridas de acuerdo con las condiciones de deterioro que se alcancen.

Ilustración 5. Registro fotográfico medidas de erosión





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcte@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022

POE-02-2022-0186

Página 10 de 18

HALLAZGO 2: SE ENCONTRÓ QUE EL MATERIAL UTILIZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ALGUNAS CUNETAS NO ES EL ESPECIFICADO ORIGINALMENTE EN PLANOS APROBADOS NI OBEDECE A ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIGENTES.

Respecto al hallazgo mencionado, me permito indicar que desde agosto del 2020 se presentó el oficio POE-08-2020-0557, en el cual se adjunto el oficio O-CN-2021.02.26-01, en el cual se presenta la justificación técnica por parte del Contratista. Sin embargo, con el fin de cumplir con una justificación más detallada se le solicita al ejecutor del proyecto, actualizar las memorias de cálculo como parte de los trabajos finales del proyecto, en donde se incluya la justificación técnica adicional al oficio antes mencionado con respecto al cambio de resistencia en las contracunetas.

Además, dentro de los trabajos de inspección en el proyecto, se mantiene un monitoreo del estado actual de todas las cunetas y contra cunetas sin distinción de la resistencia en la que se construyeron; de manera que si se presenta un deterioro se comunique al Contratista para su debida reparación. Este monitoreo, se ejecutará hasta que se de la recepción final de la obra.

En el momento que la Administración cuente con la documentación solicitada, realizará la debida revisión y facilitará la misma a la Unidad Técnica del Lanamme.





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 11 de 18

HALLAZGO 3: EN LA DOCUMENTACIÓN APORTADA A ESTA AUDITORÍA, NO FUE POSIBLE VERIFICAR QUE TODOS LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE DRENAJE DEL VIADUCTO POSEEN SUFICIENTE CAPACIDAD HIDRÁULICA PARA REMOVER LA ESCORRENTÍA DE LA RASANTE SIN CAUSAR ENCHARCAMIENTO O INUNDACIÓN DE LOS CARRILES DE TRÁNSITO.

El Contratista, actualmente se encuentra actualizando las memorias de calculo como parte de los trabajos finales del proyecto, siendo que dentro de estos documentos se incluirá la memoria de cálculo hidráulico del viaducto. La misma considerará todos los aspectos de manejo de aguas superficiales construidos y las recomendaciones de los datos pendientes indicados en el informe EIC-LANAMME-INF-008B-2021.

En el momento que la Administración cuente con la documentación solicitada, realizará la debida revisión y facilitará la misma a la Unidad Técnica del Lanamme.

HALLAZGO 4. LA MAYORÍA DE LOS RESULTADOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS ANALIZADAS DE TAMAÑO 12,5 MM Y 19 MM CUMPLEN LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL CARTEL DE LICITACIÓN.

Respecto al hallazgo mencionado, me permito realizar a continuación una tabla comparativa de los resultados granulométricos expuestos en el informe EIC-LANAMME-INF-008B-2021.

Tabla 1. Resultados granulométricos

Tipo de mezcla asfáltica	Cantidad Muestras Lanamme	Porcentaje Máximo Permitido Lanamme	Cumple	Cantidad Muestras Supervisión	Porcentaje Máximo Permitido Supervisión	Cumple
12.5mm	8	41,438%	SI	71	25,000%	SI
19mm	6	43,618%	NO ¹	42	28,871%	SI





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 12 de 18

¹ Es importante destacar, que el incumplimiento se presenta únicamente en la muestra 0811-2021, debido a estos resultados aumenta la variabilidad en las mallas N°16 y N°30, por lo que no se cumple con el porcentaje máximo permitido. Sin embargo, esto no implica un incumpliendo en la calidad de la mezcla asfáltica.

El Lanamme toma un 11% de muestras para la mezcla de 12.5mm y un 14% de muestras para la mezcla de 19mm, en relación con las tomadas por la Supervisión, considerando que las muestras tomas por la Supervisión son representativas, adicionalmente se está realizando un análisis por el especialista en Pavimientos el cual será remitido una vez que sea entregado a la Administración.

Por lo tanto, la Administración considera que emitir un criterio de incumplimiento con base en tan pocas muestras puede incurrir en interpretaciones erróneas de la calidad de la mezcla asfáltica en caliente del proyecto.

HALLAZGO 5. EL CONTENIDO DE ASFALTO CUMPLE PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA DE TMN DE 12,5MM Y SE TIENEN ALGUNOS INCUMPLIMIENTOS EN LA MEZCLA DE TMN DE 19MM, YA QUE ALGUNOS VALORES ESTÁN FUERA DEL ÓPTIMO $\pm 0,5\%$. LA MAYORÍA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCIDA PRESENTA INCUMPLIMIENTOS EN ALGUNOS DE LOS PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS SUPERPAVE PARA ACEPTACIÓN O PAGO TALES COMO: CONTENIDO DE VACÍOS, VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL (VMA), VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA) Y EN LA RELACIÓN POLVO/ASFALTO ESTABLECIDOS EN LA NORMATIVA CONTRACTUAL.

Respecto al hallazgo mencionado, me permito realizar a continuación una tabla comparativa de los resultados contenido de asfalto expuestos en el informe EIC-





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 13 de 18

LANAMME-INF-008B-2021.

Tabla 2. Resultados contenido asfalto

Tipo de mezcla asfáltica	Cantidad Muestras Lanamme	Porcentaje Fuera de la Especificación de diseño Lanamme	Cumple	Cantidad Muestras Supervisión	Porcentaje Fuera de la Especificación de diseño Supervisión
12.5mm	8	0%	SI	71	1,4%
19mm	6	30%	NO	42	16%

En los casos donde se presentaron incumplimientos, se realizaron inspecciones visuales, extracción de núcleos, con el fin de realizar un auscultamiento mayor en la mezcla asfáltica, de manera que se constato que la mezcla colocada se encuentra en condiciones óptimas, por lo que la Administración la consideró conforme.

De igual manera, al detectarse el incumplimiento, se alerto al contratista y se efectuaron pruebas en la planta de asfalto, de manera que se tomaran las previsiones del caso para la corrección de la producción; el inconveniente en la planta se ha reportado en dos ocasiones durante el tiempo de colocación de mezcla los cuales fueron de conocimiento del Lanamme en su momento.

Adicionalmente se está realizando un análisis por el especialista en Pavimientos el cual será remitido una vez que sea entregado a la Administración. Además, la Administración considera que emitir un criterio de incumplimiento con base únicamente a las muestras tomadas por el Lanamme y no considerar los resultados de la Verificación, los cuales en cantidad son más representativos puede incurrir en interpretaciones erróneas de la calidad de la mezcla asfáltica en caliente del proyecto.





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 14 de 18

HALLAZGO 6. SE DETERMINA QUE POCAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS ANALIZADAS CUMPLEN CON EL REQUISITO QUE SE SOLICITA PARA LA RESISTENCIA A LA FATIGA UTILIZADO COMO REFERENCIA EN EL ANÁLISIS Y ESTABLECIDO EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL CR 2010 PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS DE ALTO DESEMPEÑO

Con respecto al hallazgo de incumplimiento de la resistencia a la fatiga indicada por el Lanamme, de conformidad con lo establecido en el Cartel de Licitación, las pruebas se efectúan en la reproducción del diseño de la mezcla asfáltica, siendo que la Administración solicitó en mayo del 2021, cuando se finaliza la primera fase de colocación de mezcla asfáltica en el proyecto, una actualización del mismo.

La actualización de los diseños de mezcla fue presentada por el Contratista a finales del 2021, la cual fue proporcionada al Lanamme, verificándose el cumplimiento de la resistencia a la fatiga de la mezcla colocada en el proyecto.

HALLAZGO 7. LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CUMPLEN CON EL REQUERIMIENTO EN LAS ESPECIFICACIONES GENERALES DEL CR 2010 PARA LA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PERMANENTE.

Respecto al hallazgo mencionado, tanto la mezcla asfáltica de 12.5mm y 19mm colocadas en el proyecto, presenta valores satisfactorios de conformidad con la especificación del CR2010 de resistencia a la deformación permanente, lo anterior tanto en los resultados por parte del Lanamme y en la presentación del diseño de la mezcla asfáltica.





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 15 de 18

Sin embargo, cabe destacar que no existe ningún incumplimiento de la resistencia a la deformación con respecto a las especificaciones del proyecto.

CONCLUSIONES

De conformidad con la presente contestación al informe de Auditoria Técnica del Lanamme, se extraen las siguientes conclusiones:

- Desde el momento en el que se detectó el hallazgo de Fisuramiento, de parte del proyecto se han realizado la implementación de mayores controles de colocación y curado del concreto, para minimizar la aparición de fenómenos tales como la tasa de evaporación del agua del concreto en su periodo de fragua inicial y de curado. Y con el fin de prevenir la ocurrencia de agrietamientos por contracción en las losas de concreto. Siendo que la Administración se encuentra conforme con la aplicación del protocolo y los resultados obtenidos. Adicionalmente, si aparece un caso puntual, se realiza la revisión por parte de los especialistas Estructurales tanto del Consorcio como la Supervisora, con el fin de verificar que no exista ninguna afectación estructural.
- La Administración considera que se han tomado las medidas correctivas como la limpieza y cepillado del acero expuesto sin que haya afectación en la sección de la varilla, dimensiones de la corrugación y en su resistencia. Con el fin de minimizar la afectación de la oxidación en el acero de las estructuras de concreto reforzado, se da seguimiento constante para controlar que la protección se mantenga efectiva, durante todo el periodo en que se tarde la construcción de los elementos. Adicionalmente, si se detecta la presencia de corrosión en algún elemento, se aplicará el protocolo existente en el proyecto.





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcte@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 16 de 18

- Se considera que se tomaron las previsiones necesarias que garantizan la calidad de la estructura de pavimento colocado posterior al almacenamiento de las vigas en el sector y se efectuaron las reparaciones necesarias; por último actualmente se efectuó una deflectometría de la capa final como comprobación adicional, cuyos resultados finales serán comunicados al Lanamme.
- Respecto a la protección de erosión, de parte del proyecto se han tomado medidas como el recubrimiento con tobacemento, además hay sectores donde se mantiene por parte la Administración la no conformidad en la protección de la erosión y que el contratista tiene pendiente la ejecución de las reparaciones requeridas de acuerdo con las condiciones de deterioro que se alcancen.
- Con respecto a la construcción de contracunetas en tobacemento, se presentó con anterioridad el pronunciamiento técnico por parte del Contratista, además se mantiene un monitoreo contante de los elementos y las que presenten deterioro se volverán a construir. Por último, la Administración solicitó una memoria más detalla de las contracunetas e hidráulica del viaducto, la cual contemple todo lo solicitado por el Lanamme y será enviada una vez que el Contratista la proporcione.
- Los resultados de las mezclas asfálticas del proyecto presentan cumplimiento en la granulometría de la mezcla asfáltica modificada de TMN de 12,5mm. Adicionalmente, cabe destacar que los diseños de las mezclas de 12.5mm y 19mm fueron actualizados en el 2021 y proporcionados al Lanamme, sin embargo se adjuntan nuevamente.

Tal y como es conocido por el Equipo Auditor del Lanamme, se presentaron problemas en la planta de asfalto, los que provocó una serie de deficiencias en parte de la mezcla producida, sin embargo, en el momento que se presentaba algún incumplimiento la mezcla se rechazaba y se sustituía en sitio.





UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 17 de 18

Respecto al contenido de asfalto, para las mezclas de TMN de 12,5 mm, se tiene un cumplimiento del contenido óptimo de asfalto $\pm 0,5\%$ en todas las muestras analizadas tanto del Lanamme como de Verificación.

Además, es importante indicar que este contrato es llave en mano y no presenta la figura de factor de pago para las mezclas asfálticas, siendo que la Administración considera que para proyectos futuros se incorpore.

De lo anterior, la Administración considera que emitir un criterio de incumplimiento con base en tan pocas muestras de parte del Lanamme como se establece en el informe en comparación con las muestras de Verificación puede incurrir en interpretaciones erróneas de la calidad de la mezcla asfáltica en caliente del proyecto.

Adicionalmente, el especialista en Pavimentos por parte de la Supervisión se encuentra efectuando un análisis más detallado, el cual será proporcionado al Lanamme.

- Por último, quisiera indicar que de parte de la Administración han sido atendidas todas las solicitudes efectuadas por el Lanamme a lo largo del proyecto, además se tomarán en consideración todas las recomendaciones brindadas en el informe EIC-LANAMME-INF-008B-2021.
- Como parte del canal de comunicación establecido, se creó la carpeta 27- EIC-LANAMME-INF-008B-2021, en el cual se adjuntan los anexos indicados.









UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080

Tel: (506) 2202-5326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcle@conavi.go.cr

San José, 28 de marzo del 2022
POE-02-2022-0186
Página 18 de 18

-  01 - Deflectometría (FWD)
-  02 - Índice Internacional de Regularidad (IRI)
-  03 - Autocontrol Analisis MAC
-  04 - Diseños de mezcla asfáltica

Sin otro particular, atentamente

**CARLOS EUGENIO
JIMENEZ
GONZALEZ
(FIRMA)**

Firmado digitalmente por
CARLOS EUGENIO JIMENEZ
GONZALEZ (FIRMA)
Fecha: 2022.03.28 11:32:56
-06'00'

Ing. Carlos Jiménez González
Gerente

Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial

c/ Unidad Ejecutora Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial
Expediente administrativo 2013LI-000008-0DE00
Archivo – Copiador





Anexo 3. Proceso de valoración de los resultados de la auditoría realizada

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

Resultado	Cumplimiento contractual	Impacto	Urgencia	Valoración
Hallazgo 1: Se evidencia que se han implementado acciones de mejora con relación a algunos aspectos en el desarrollo del proyecto, así como otros que se encuentran pendientes de atender de acuerdo con el seguimiento realizado a los hallazgos del informe LM-INF-IC-D-005-2020.	1	1	5	2,33
Hallazgo 2: Se encontró que el material utilizado para la construcción de algunas cunetas no es el especificado originalmente en planos aprobados ni obedece a especificaciones técnicas vigentes.	5	3	3	3,67
Hallazgo 3: En la documentación aportada a esta Auditoría, no fue posible verificar que todos los elementos del sistema de drenaje del viaducto poseen suficiente capacidad hidráulica para remover la escorrentía de la rasante sin causar encharcamiento o inundación de los carriles de tránsito.	5	5	5	5,00
Observación No.1: Se evidenciaron algunas imprecisiones en la metodología de cálculo de los caudales aportados a los sumideros de algunas pilas del viaducto	1	3	5	3,00
Observación No.2: No existe evidencia que se haya revisado la capacidad hidráulica de captación (o intercepción) de la entrada de los sumideros del viaducto ni se estimó el ancho encharcado en la zona del espaldón del viaducto para la tormenta de diseño, tanto en la cercanía de los sumideros como en los tramos entre sumideros.	1	3	5	3,00
Hallazgo 4: La mayoría de los resultados granulométricos de las mezclas asfálticas modificadas analizadas de tamaño 12,5 mm y 19 mm cumplen los requisitos establecidos en el cartel de licitación.	1	1	1	1,00
Hallazgo 5: El contenido de asfalto cumple para la mezcla asfáltica de TMN de 12,5mm y se tienen algunos incumplimientos en la mezcla de TMN de 19mm, ya que algunos valores están fuera del óptimo $\pm 0,5\%$. La mayoría de la mezcla asfáltica producida presenta incumplimientos en algunos de los parámetros volumétricos Superpave para aceptación o pago tales como: contenido de vacíos, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos de asfalto (VFA) y en la relación polvo/asfalto establecidos en la normativa contractual.	3	3	1	2,33



Hallazgo 6: Se determina que pocas de las mezclas asfálticas analizadas cumplen con el requisito que se solicita para la resistencia a la fatiga utilizado como referencia en el análisis y establecido en las especificaciones generales del CR 2010 para mezclas asfálticas de alto desempeño.	5	3	1	3,00
Hallazgo 7: Las mezclas asfálticas modificadas cumplen con el requerimiento en las especificaciones generales del CR 2010 para la resistencia a la deformación permanente.				Positivo