



# Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe final: EIC-Lanamme-INF-317-2024

## AUDITORÍA DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL DRENAJE PLUVIAL DE LAS RUTAS NACIONALES NO. 218 Y NO. 219 LOYOLA – COLEGIO SERÁFICO.



Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica  
LanammeUCR

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

San José, Costa Rica  
Julio, 2024







### 8. Valoración de los resultados

Hallazgos: Desde el orden legal asociado a un hecho de índole <b>contractual</b> .	Prioridad de atención
Hallazgo 1: Se identificaron oportunidades de mejora en el diseño de mezcla asfáltica	
Hallazgo 2: Se identifican oportunidades de mejora en lo que respecta a la aplicación del plan de manejo de tránsito en el proyecto.	
Hallazgo 3: Se identificaron oportunidades de mejora en las prácticas constructivas del sistema pluvial.	
Hallazgo 5: Se identifican incumplimientos con las especificaciones del proyecto en la construcción de base estabilizada con cemento.	
Hallazgo 6: Se identificaron prácticas constructivas inadecuadas en la colocación de mezcla asfáltica.	
Hallazgo 7: Se identificaron incumplimientos con las especificaciones de calidad de mezcla asfáltica.	
Observaciones: Desde el orden legal asociado a un hecho de índole <b>no contractual</b> pero que obedece a buenas prácticas de ingeniería	Prioridad de atención
Observación 1: Se identifican deficiencias en el control de la aplicación de medidas correctivas ante altas resistencias en base estabilizada con cemento.	

### 9. Palabras clave

Calidad de materiales, base estabilizada, concreto, mezcla asfáltica, procesos constructivos, seguridad vial.

### 10. Nivel de seguridad

Ninguno

### 11. Núm. de páginas

61



### INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Auditoría de la gestión de la calidad de los materiales y el proceso constructivo en el proyecto Mejoramiento del drenaje pluvial de las Rutas Nacionales No. 218 y No. 219, Loyola – Colegio Seráfico.

**Departamento encargado del proyecto:** Gerencia de Construcción de Vías y Puentes, CONAVI

**Supervisora del proyecto:** Diseño, Inspección y Consultoría en Carreteras y Obras Civiles, DICCOC.

**Laboratorio de verificación de calidad:**

Ingeniería técnica de proyectos (ITP) de abril 2023 a noviembre 2023  
LGC Ingeniería de pavimentos S.A de noviembre 2023 a febrero de 2024.

**Empresa contratista:** Montedes S.A.

**Laboratorio de control de calidad:** ICOMA Consultores S.A

**Monto original del contrato:** ₡1.228.021.054,04.

**Monto final del contrato:** ₡1.841.791.276,02 (hasta orden de modificación 6).

**Plazo original de ejecución:** 250 días (dato indicado en el contrato original).

**Plazo de ejecución con prórrogas:** 320 días (hasta orden de servicio 16, sin incluir 45 días compensables).

**Orden de inicio:** 24 de enero de 2022 (orden de servicio uno previo a periodos de suspensión).

**Director general LanammeUCR:**

Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD.

**Coordinadora de auditoría técnica:**

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

**Auditores:**

Ing. Luis Paulino Rodríguez Solano (Auditor Líder)

Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo (Auditora adjunta)

Ing. Alejandro Guasch García (Auditor adjunto)

**Expertos técnicos**

Ing. Esteban Oconitrillo Varela.

**Asesores legales:**

Licda. Nidia María Segura Jiménez

Lic. Giovanni Sancho Sanz.

**Alcance del informe:**

El alcance de esta Auditoría Técnica consiste en evaluar la calidad de los materiales utilizados y colocados en el proyecto, así como las prácticas y los procedimientos constructivos en el mismo, entre los meses de marzo 2023 a febrero 2024.



**TABLA DE CONTENIDO**

1. FUNDAMENTACIÓN.....9

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....9

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE AUDITORÍA TÉCNICA.....10

4. ALCANCE DEL INFORME .....10

5. ANTECEDENTES .....11

6. METODOLOGÍA.....11

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....14

8. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU  
VERSIÓN PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0317B-2024.....15

9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA .....16

    SOBRE EL DISEÑO DE MATERIALES Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO .....17

        Hallazgo 1: Se identificaron oportunidades de mejora en el diseño de mezcla asfáltica  
            .....17

    SOBRE LA SEGURIDAD VIAL EN EL PROYECTO .....18

        Hallazgo 2: Se identifican oportunidades de mejora en lo que respecta a la aplicación  
            del plan de manejo de tránsito en el proyecto.....19

    SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y EL PROCESO CONSTRUCTIVO .....23

        Hallazgo 3: Se identificaron oportunidades de mejora en las prácticas constructivas  
            del sistema pluvial .....23

        Hallazgo 4: El concreto colocado cumple con la resistencia a compresión esperada 28

        Hallazgo 5: Se identifican incumplimientos con las especificaciones del proyecto en la  
            construcción de base estabilizada con cemento .....32

        Observación 1: Se identifican deficiencias en el control de la aplicación de medidas  
            correctivas ante altas resistencias en base estabilizada con cemento .....38

        Hallazgo 6: Se identificaron prácticas constructivas inadecuadas en la colocación de  
            mezcla asfáltica .....39

        Hallazgo 7: Se identificaron incumplimientos con las especificaciones de calidad de  
            mezcla asfáltica .....46

10. CONCLUSIONES .....55

11. RECOMENDACIONES.....57

12. REFERENCIAS .....58

13. ANEXOS.....60



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de correspondencia enviada y recibida del proyecto .....	12
<b>Tabla 2.</b> Giras técnicas realizadas al proyecto en el periodo de estudio .....	13
<b>Tabla 3.</b> Participantes audiencia del informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0458-2023 ...	15
<b>Tabla 4.</b> Parámetros volumétricos del informe de diseño .....	18
<b>Tabla 5.</b> Resumen de ensayos realizados por LanammeUCR para concreto 225 kg/cm <sup>2</sup> y concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	29
<b>Tabla 6.</b> Resumen de ensayos de BE-25 realizados por LanammeUCR .....	33
<b>Tabla 7.</b> Resumen de ensayos de BE-25 realizados por laboratorios de verificación de calidad .....	34
<b>Tabla 8.</b> Resultados de núcleos de base estabilizada con cemento del día 7 de diciembre de 2023.....	35
<b>Tabla 9.</b> Muestras de MAC tomadas por el laboratorio de verificación.....	47
<b>Tabla 10.</b> Resultados de ensayos de parámetros volumétricos de MAC realizados por el laboratorio de verificación.....	47
<b>Tabla 11.</b> Resultados de granulometría realizados por el laboratorio de verificación.....	48
<b>Tabla 12.</b> Pago en función de la calidad de parámetros volumétricos mes de enero.....	52
<b>Tabla 13.</b> Resultados de Gbs agregados de mezcla asfáltica.....	53
<b>Tabla 14.</b> Muestras de MAC LanammeUCR.....	53
<b>Tabla 15.</b> Resultados de ensayos realizados por LanammeUCR.....	54



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del proyecto .....	14
<b>Figura 2.</b> Dispositivos de canalización utilizados en las primeras semanas de ejecución. Fotografía del 17 de abril de 2023.....	19
<b>Figura 3.</b> Dispositivos aprobados en el plan de manejo de tránsito. ....	20
<b>Figura 4.</b> Uso de conos y barreras como dispositivos de canalización de tránsito en ruta nacional No. 219. Fecha: 12 de junio de 2023. ....	20
<b>Figura 5.</b> Uso de malla plástica cerca de excavaciones. Fecha: 19 de junio de 2023. ....	21
<b>Figura 6.</b> Uso de dispositivos de seguridad de forma inadecuada en pozos pluviales dos, tres y cuatro. Fecha: 22 de septiembre de 2023. ....	22
<b>Figura 7.</b> Especificación de uniones con empaques de hule lámina 26/27. ....	23
<b>Figura 8.</b> Solaqueo externo que no abarca la totalidad de la tubería. Fecha: 24 de mayo de 2023.....	24
<b>Figura 9.</b> Solaqueo externo a media circunferencia. Fecha: 8 de junio de 2023. ....	24
<b>Figura 10.</b> Solaqueo externo que supera la mitad de la circunferencia. Fecha: 9 de junio de 2023.....	25
<b>Figura 11.</b> Resane de superficie y problema de vibrado en pozo pluvial 14. Fecha: 16 de junio de 2023. ....	25
<b>Figura 12.</b> Resane de superficie y problema de vibrado en pozo auxiliar entre PP14 y PP15. Fecha: 16 de junio de 2023. ....	26
<b>Figura 13.</b> Resane de superficie y problema de vibrado en pozo pluvial 15. Fecha: 16 de junio de 2023. ....	26
<b>Figura 14.</b> Espesor variable en pozo pluvial 16. Fecha: 16 de junio de 2023. ....	27
<b>Figura 15.</b> Abertura en pozo pluvial 14 posterior a colocación de concreto. Fecha: 16 de junio de 2023. ....	28
<b>Figura 16.</b> Resultados de resistencias en ensayos realizados por LanammeUCR para concreto 225 kg/cm <sup>2</sup> y concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	29
<b>Figura 17.</b> Resultados de asentamiento realizados por LanammeUCR para concreto 225 kg/cm <sup>2</sup> y concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	30
<b>Figura 18.</b> Resultados de resistencia laboratorios de verificación concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> . ...	30
<b>Figura 19.</b> Resultados de resistencia laboratorios de verificación concreto 225 kg/cm <sup>2</sup> . ...	31
<b>Figura 20.</b> Resultados de asentamiento laboratorios de verificación concreto 280 kg/cm <sup>2</sup> . ....	31
<b>Figura 21.</b> Resultados de asentamiento laboratorios de verificación concreto 225 kg/cm <sup>2</sup> . ....	32
<b>Figura 22.</b> Límites de resistencia a compresión y resultados de muestras de BE-25 ensayadas por LanammeUCR. ....	33
<b>Figura 23.</b> Límites de resistencia a compresión y resultados de muestras de BE-25 ensayadas por laboratorios de verificación .....	34
<b>Figura 24.</b> Núcleos de base estabilizada extraídos en el proyecto. Fotografías del 7 de diciembre de 2023. ....	35
<b>Figura 25.</b> Resultados de espesor de BE-25 mediante ensayo de GPR.....	37
<b>Figura 26.</b> Espesor de faltante respecto a cordón de caño que varía entre 7cm y 10 cm. Fotografía del 6 de diciembre de 2023.....	40
<b>Figura 27.</b> Variaciones de nivel de MAC respecto a cordón y caño. Fotografía del 9 de enero de 2024.....	40



<b>Figura 28.</b> Variaciones de nivel de MAC primera capa. Fotografía del 25 de enero de 2024.....	41
<b>Figura 29.</b> Uso de traba en el proyecto. Fotografía del 4 de enero de 2024. ....	42
<b>Figura 30.</b> Material de “traba” con tiempo de espera superior a una hora. Fotografía del 10 de enero de 2024.....	42
<b>Figura 31.</b> Registro de temperatura durante colocación en campo. Fotografía del 10 de enero de 2024.....	43
<b>Figura 32.</b> Impermeabilización incompleta en área de confinamiento de la MAC. Fotografía del 10 de enero de 2024. ....	44
<b>Figura 33.</b> Sector con mezcla no confinada con el cordón de caño. Fotografía del 10 de enero de 2024.....	45
<b>Figura 34.</b> Espacio para colocación de MAC con formaleta del cordón de caño sin remover. Fotografía del 10 de enero de 2024. ....	45
<b>Figura 35.</b> Colocación de emulsión asfáltica. Fotografía del 10 de enero de 2024. ....	46
<b>Figura 36.</b> Representación gráfica granulometría, contenido de asfalto y vacíos. ....	49
<b>Figura 37.</b> Representación gráfica de resultados de VMA, VFA y P/A.....	50
<b>Figura 38.</b> Representación gráfica resultados de estabilidad y flujo Marshall .....	51



## INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

Auditoría de la gestión de la calidad de los materiales y el proceso constructivo en el proyecto Mejoramiento del drenaje pluvial de las Rutas Nacionales No. 218 y No. 219, Loyola – Colegio Seráfico.

### 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 Ley de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Asimismo, el proceso de Auditoría Técnica se fundamenta en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

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

### 2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

En este informe en particular se evaluó la seguridad vial del proyecto, construcción de obras pluviales, gestión de la calidad del concreto, mezcla asfáltica y base estabilizada, además de las prácticas y los procedimientos constructivos del proyecto comprendido en el contrato de: “Mejoramiento del drenaje pluvial de las Rutas Nacionales No. 218 y No. 219, Loyola – Colegio Seráfico”, con el fin de fiscalizar la eficiencia en la gestión y ejecución del proyecto, así como el control de los riesgos potenciales de atraso en los plazos de conclusión, gastos adicionales por aspectos previsibles, desempeño y durabilidad requerida por las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas para el proyecto, así como las mejores prácticas de la ingeniería de carreteras.



### 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE AUDITORÍA TÉCNICA

- Evaluar los diseños de materiales y diseño de la estructura de pavimento conforme a las especificaciones vigentes.
- Evaluar aspectos de seguridad vial y control de tránsito durante el desarrollo del proceso constructivo del proyecto.
- Evaluar el cumplimiento de las especificaciones de los materiales a partir de muestreos puntuales realizados, de conformidad a la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Evaluar y analizar los resultados de ensayos de calidad del proyecto de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Evaluar los procedimientos y prácticas constructivas en el desarrollo y construcción del proyecto.

### 4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio que desarrolla esta Unidad de Auditoría Técnica (UAT) consistió en recopilar todos los hallazgos y observaciones que se evidenciaron durante el periodo de ejecución del proceso de la auditoría relacionadas con diseño de materiales, seguridad vial, procedimientos constructivos y la evaluación de gestión de la calidad de los materiales.

Este informe incluye la evaluación de diseño de mezcla asfáltica en caliente (MAC). También se evaluó el diseño de la estructura de pavimento y la metodología seguida para establecer el espesor de las diferentes capas. Durante el proceso constructivo se evaluó el plan de manejo de tránsito y su aplicación al proyecto. El informe incluye la evaluación de calidad de materiales a través de muestreos realizados por LanammeUCR y los laboratorios de verificación. Además, se evaluó en esta auditoría las prácticas constructivas implementadas por el contratista. El periodo de ejecución de esta auditoría técnica es el comprendido entre los meses de marzo 2023 y febrero 2024, durante la etapa constructiva del proyecto.

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



## 5. ANTECEDENTES

El proyecto auditado corresponde al “Mejoramiento del drenaje pluvial de las Rutas Nacionales No. 218 y No. 219, Loyola – Colegio Seráfico” el cual estuvo a cargo de la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad (Conavi). Las obras y su ejecución tienen como origen la resolución de la Sala Constitucional en los expedientes N° 10-005649-0007-CO y N° 10-008897-0007-CO, resoluciones a recursos de amparo interpuestos debido a deficiencias en la canalización de aguas en el sector de San Nicolás. Esta información fue comunicada por la Municipalidad de Cartago al director ejecutivo de Conavi en el año 2017.

Para este proyecto se facultó oficialmente al Conavi a formalizar el contrato con la empresa Montedes S.A., como la empresa designada para la ejecución de las obras. La orden de inicio se estableció para el 24 de enero de 2022 (orden de servicio uno). Posteriormente, las órdenes dos, tres y seis establecieron suspensiones de labores debido a variaciones en el alcance de las obras. La orden de servicio siete reanudó el proyecto de forma definitiva el 2 de abril de 2023.

## 6. METODOLOGÍA

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

El inicio de la ejecución de la auditoría se comunicó a la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de Conavi por medio del oficio EIC-Lanamme-154-2023 el 6 de marzo de 2023, donde se convocó a las partes involucradas a una reunión que se efectuó el 24 de marzo de 2023. En esta se expuso el alcance, los criterios de evaluación del estudio y se solicitó acceso a la información del proyecto durante la fase constructiva.

Las actividades que posteriormente fueron desarrolladas por el equipo auditor consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo, hacer una revisión de los documentos contractuales y de diseño del proyecto, programar muestreos de los materiales y analizar los resultados de los ensayos desarrollados a lo largo de la ejecución del proyecto, para una corroboración (con los requisitos contractuales) de la calidad de los materiales y de las prácticas constructivas.

Adicionalmente, como parte de la auditoría técnica que el LanammeUCR realiza al proyecto y en aras de contribuir al mejoramiento continuo de la gestión de la Administración, durante el desarrollo de este proceso se emitieron varios oficios y notas informe, en los cuales se trataron temas contenidos en este informe y cuyo fin era evidenciar situaciones relevantes identificadas por el equipo auditor durante la etapa de ejecución de la auditoría, y comunicarlos oportunamente previo a la emisión de este informe final.

Informe EIC-Lanamme-INF-317-2024	Julio, 2024	Página 11 de 61
----------------------------------	-------------	-----------------

El resumen de oficios y notas informe enviados a la Administración durante el proceso de auditoría se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resumen de correspondencia enviada y recibida del proyecto

Oficio enviado por LanammeUCR	Fecha	Asunto	Respuesta Conavi
EIC-Lanamme-0154-2023	6/3/2023	Inicio de Auditoría	GCTI-04-23-0220 (0240) GCTI-04-23-1258 (0240)
EIC-Lanamme-0227-2023	28/3/2023	Solicitud de información de topografía y plan de manejo de tránsito	GCTI-04-23-0304 (0240)
EIC-Lanamme-0254-2023	19/4/2023	Revisión diseño de estructura de pavimentos	DVP 23-2023-0210
EIC-Lanamme-0281-2023	28/4/2023	Dispositivos de manejo de tránsito, cronograma y solicitud de muestra de tubería	GCTI-04-23-0402 (0240)
EIC-Lanamme-0300-2023	28/4/2023	Solicitudes EIT sobre trabajos por realizar	GCTI-04-23-0359 (0240)
EIC-Lanamme-0378-2023	15/5/2023	Solicitud de diseños de BE-25, MAC y Concreto	GCTI-04-23-0479 (0240) GCTI-04-23-1831 (0240)
EIC-Lanamme-0380-2023	15/5/2023	Revisión USVT al PMT	GCTI-04-23-0479 (0240)
EIC-Lanamme-0424-2023	29/5/2023	Prácticas constructivas instalación tuberías	GCTI-04-23-0559 (0240)
EIC-Lanamme-0446-2023	2/6/2023	Ensayo no destructivo tuberías	GCTI-04-23-0614 (0240)
EIC-Lanamme-0463-2023	7/6/2023	Control de avance de obra	GCTI-04-23-0628 (0240), GCTI-04-23-0641 (0240)
EIC-Lanamme-0501-2023	15/6/2023	Solicitud de información de topografía	GCTI-04-23-0687 (0240)
EIC-Lanamme-0513-2023	19/6/2023	Diseños de concreto	GCTI-04-23-0686 (0240)
EIC-Lanamme-0562-2023	30/6/2023	Construcción de pozos	GCTI-04-23-0772 (0240)
EIC-Lanamme-0609-2023	17/7/2023	Construcción de pozos y solicitud de información	GCTI-04-23-0834 (0240)
EIC-Lanamme-0640-2023	26/7/2023	Seguridad vial	GCTI-04-23-0887 (0240)
EIC-Lanamme-0680-2023	31/7/2023	Resultados de laboratorio agregado de relleno y concreto	GCTI-04-23-0915 (0240)
EIC-Lanamme-0772-2023	22/8/2023	Resultados de laboratorio concreto	-
EIC-Lanamme-0824-2023	5/9/2023	Resultados de laboratorio tubería	-
EIC-Lanamme-0915-2023	28/9/2023	Seguridad vial, y prácticas constructivas	GCTI-04-23-01364 (0240)
EIC-Lanamme-1030-2023	24/10/2023	Resultados de laboratorio base estabilizada y concreto	GCTR-04-2024-0082 (0240)
EIC-Lanamme-1066-2023	3/11/2023	Solicitud resultados de laboratorio tramo de prueba	GCTR-04-2023-1700 (0240)
EIC-Lanamme-1140-2023	21/11/2023	Observaciones tramo de prueba BE-25	GCTR-04-2023-2016 (0240)
EIC-Lanamme-1269-2023	15/12/2023	Espesores BE-25 y prácticas constructivas MAC	GCTR-04-2024-0076 (0240)
EIC-Lanamme-1287-2023	15/12/2023	Resultados BE-25	GCTR-04-2024-0170 (0240)
EIC-Lanamme-0017-2024	10/12/2024	Colocación MAC y prácticas constructivas	GCTR-04-2024-0171 (0240)
EIC-Lanamme-0048-2024	25/1/2024	Colocación BE-25, MAC y prácticas constructivas	GCTR-04-2024-0290 (0240)
EIC-Lanamme-0325-2024	3/4/2024	Resultados de MAC	GCTR-04-2024-1040 (0240)
EIC-Lanamme-0434-2024	30/4/2024	Remisión de informe preliminar	GCTR-04-2024-1420 (0240) (Descargo del auditado)

*Nota:* (-) Sin respuesta

En general, se trataron los siguientes temas mediante la correspondencia descrita en la tabla anterior:

- Solicitudes de información básica del proyecto incluyendo diseño de materiales.
- Solicitudes de envío periódico de información sobre órdenes de servicio, órdenes de modificación, informes mensuales de la supervisión, estimaciones de pago, programa de trabajo, informes de control y verificación de la calidad y avance físico y financiero.

- Revisión de la gestión de calidad de materiales y remisión de informes de laboratorio de LanammeUCR.
- Observaciones sobre prácticas y procesos constructivos.
- Observaciones de seguridad vial, canalización del tránsito y usuarios vulnerables.

En cada nota informe emitida, se brindó un periodo de 10 días hábiles, para que la Administración, en caso de ser requerido, se refiriera al contenido de esta. Una vez analizadas las respuestas de la Administración, se procedió a su correspondiente análisis, réplica de ser requerida y finalmente a la confección de este informe.

A continuación, se presenta una tabla que resume las giras técnicas realizadas durante el proceso de auditoría.

**Tabla 2.** Giras técnicas realizadas al proyecto en el periodo de estudio

Mes y Año	Cantidad	Días de visita
Abril 2023	4	3, 5, 17 y 26
Mayo 2023	3	10, 22 y 24
Junio 2023	5	2, 12, 16, 20 y 30
Julio 2023	2	4 y 10
Agosto 2023	3	11, 18 y 25
Septiembre 2023	4	8, 14, 22 y 29
Octubre 2023	3	6, 13 y 19
Noviembre 2023	3	16, 23 y 30
Diciembre 2023	4	6, 14, 18 y 21
Enero 2024	4	4, 11, 18 y 25
Febrero 2024	2	1 y 8

*Nota:* Tomado del archivo de la Unidad de Auditoría Técnica

En relación con los criterios utilizados en la ejecución del estudio, estos tienen como referencia la normativa técnica especificada en los siguientes documentos, así como las buenas prácticas de la ingeniería de carreteras:

- El cartel de licitación, incluyendo las Especificaciones Especiales, sus aclaraciones y enmiendas.
- La oferta adjudicataria.
- Ley de Contratación Administrativa (Ley No. 7494 del 02 de mayo de 1995), su respectivo Reglamento (Decreto Ejecutivo número 33411-H del 27 de setiembre del 2006) y sus reformas.
- Los contratos y sus respectivos documentos.
- Los planos constructivos y disposiciones contractuales.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010) y su actualización.
- Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA).
- Especificaciones de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).



## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consistió en la construcción de un sistema de alcantarillado pluvial que recoge las aguas pluviales de las rutas nacionales N°218 y N°219, Loyola- Colegio Seráfico, en el distrito San Nicolás.

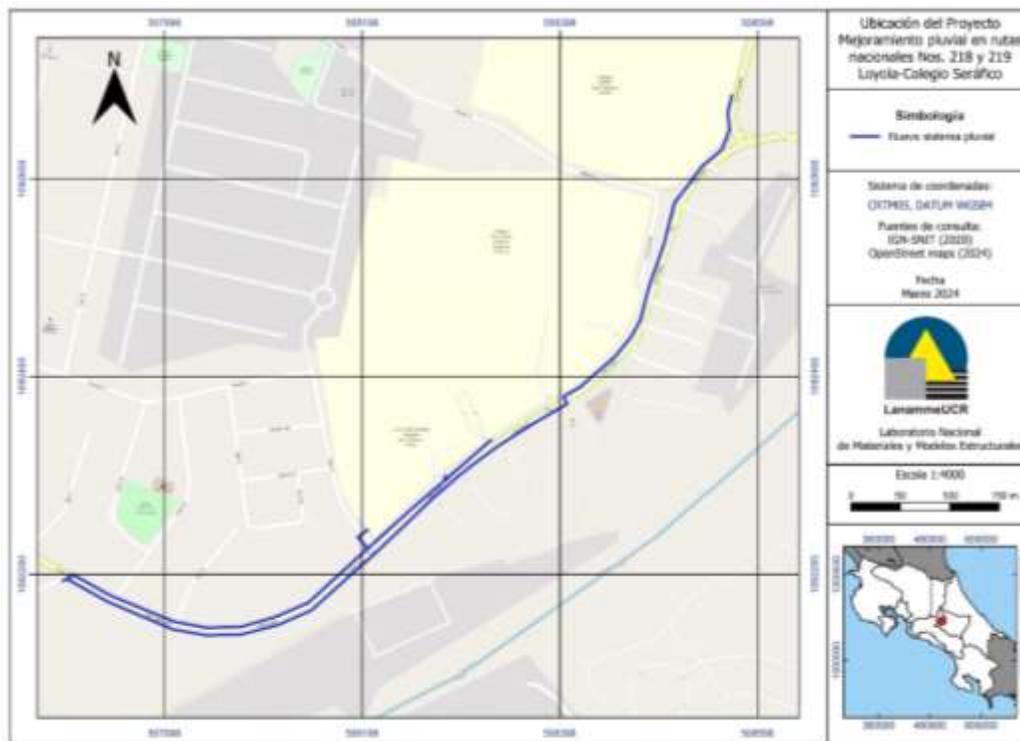
El sistema pluvial construido recolecta las aguas a ambos lados de la vía a través de estructuras pozo-tragante y desfoga al alcantarillado de la Municipalidad de Cartago que finaliza en el río Reventado. El sistema municipal corresponde a un proyecto que complementa el ejecutado por Conavi y que fue finalizado previo a esta contratación.

El proyecto tiene una extensión aproximada de 1,2 km que se suman al sistema pluvial de 530 m construido por la Municipalidad de Cartago.

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

- Construcción de nuevo sistema pluvial (pozos, tragantes y tuberías)
- Reconstrucción del pavimento existente
- Ampliación de la vía a tres carriles
- Construcción de aceras y accesos.
- Demarcación vial

**Figura 1.** Ubicación del proyecto





## 8. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0317B-2024

Como parte de los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante el oficio EIC-Lanamme-0434-2024 del 30 de abril de 2024, se envió el presente informe en versión preliminar, identificado como EIC-Lanamme-INF-0317B-2024, a la parte auditada para su análisis y, en caso de requerirse, se procediera a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría; para tales efectos se otorgó un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe, es decir con plazo al 22 de mayo del 2024. El auditado solicitó prórroga al 24 de mayo de 2024.

El miércoles 8 de mayo de 2024, a las 14:00, se realizó con el auditado la presentación oral de los resultados del informe preliminar por medio de una plataforma virtual con el fin de comentar aspectos relacionados con su contenido. En esta actividad participaron las personas que se enlistan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Participantes audiencia del informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0458-2023

Participante	Institución
Pablo Josué Camacho Salazar	Conavi
Gustavo Bolaños Leandro	Conavi
Leonardo Monge	Conavi
Billy Alexander Guerra	Conavi
Julián Esteban Rueda Segura	Conavi
Annette Marín	Conavi
Joshimar Tejeda Valverde	Conavi
Wendy Sequeira Rojas	Coord. Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR
Alejandro Guasch García	Auditor técnico LanammeUCR
Ana Elena Hidalgo Arroyo	Auditor técnico LanammeUCR
Luis Paulino Rodríguez	Auditor técnico LanammeUCR

El día 24 de mayo de 2024, se recibió el oficio GCTR-04-2024-1420 (0240) suscrito por el Ing. Gustavo Bolaños Leandro, como descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0317-2024.

Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en cuestión (ver Anexo A) y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe **EIC-Lanamme-INF-0317-2024** en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la Ley No. 8114 y sus reformas.



## 9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Todos los hallazgos y observaciones declarados por el equipo auditor en este informe de auditoría 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 se emiten como insumos a fin de que sean atendidos por parte de la Administración, planteando acciones correctivas y preventivas, que mitiguen el riesgo potencial de incumplimiento en proyectos futuros, como parte de un proceso integral de mejora continua.



## **SOBRE EL DISEÑO DE MATERIALES Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

La evaluación consistió en verificar que el diseño del pavimento del proyecto cumple con la normativa vigente, así como verificar que los supuestos de diseño se encuentran debidamente justificados desde el punto de vista técnico y contractual (metodología AASHTO 1993). Además, se evaluaron los diseños de materiales aprobados por la Administración, específicamente diseños de mezcla de concreto, base estabilizada con cemento (BE-25) y mezcla asfáltica en caliente (MAC). Como normativa de acatamiento obligatorio en el diseño de materiales se cuenta con las especificaciones del CR-2010 en su actualización 2017.

### **HALLAZGO 1: SE IDENTIFICARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA**

El diseño de mezcla asfáltica elaborado para el proyecto se encuentra en el informe 79-470-2023. La revisión de este informe se llevó a cabo conforme a las especificaciones del CR-2010 en su sección 401 Diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall. Se resumen a continuación las oportunidades de mejora identificadas.

- Tipo de mezcla asfáltica

El informe de diseño 79-470-2023 selecciona el tipo de mezcla B, señalando que esta es utilizada para altos volúmenes de tránsito, lo anterior según los parámetros establecidos en el CR-2020 sección 401. No obstante, según el CR-2020 esta mezcla debe ser utilizada en carreteras con volúmenes de mediano tránsito. Se especifica en la tabla 401-01 del CR-2020, que la mezcla tipo B se encuentra permitida para carreteras con hasta 10 millones de ejes equivalentes (ESAL's). De acuerdo con la revisión realizada al informe del diseño de estructura de pavimentos OI-2023-0119-005, se estimaron un total de 10 900 363 de ESAL's, valor superior al máximo permitido para este tipo de mezcla. En consecuencia, el diseño debe elaborarse para mezcla tipo C o mezcla tipo D. Si el diseño de mezcla hubiese sido elaborado acorde a la cantidad de ejes equivalentes esperada, los requisitos de desempeño de MAC colocada en el proyecto incluirían valores mínimos de deformación plástica luego de 8000 ciclos y falla por fatiga a deformación unitaria controlada. Estos parámetros no fueron evaluados debido a que no se seleccionó el tipo de mezcla siguiendo las especificaciones vigentes para este proyecto.

Con el objetivo de atender la recomendación recibida, la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de Conavi emitió la circular GCTR-10-2024-0010-C (0132), en la que se estableció que para futuros proyectos se debe verificar que el diseño de mezcla sea realizado acorde a los parámetros de diseño de la estructura de pavimento. La medida adoptada se considera adecuada y es criterio del equipo auditor que generará un impacto positivo en futuros proyectos.

- Parámetros volumétricos del diseño Marshall

La Tabla 4 detalla los parámetros volumétricos que fueron utilizados en el diseño de mezcla asfáltica. En esta tabla se verificó el cumplimiento de los parámetros de VMA, VFA y relación polvo asfalto que son determinantes para el control de las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica. El informe de diseño también aporta los ensayos de estabilidad y flujo necesarios para medir el desempeño de la mezcla según la metodología Marshall. Finalmente, se reportan los ensayos de tensión diametral y resistencia retenida cumpliendo con lo establecido en la Tabla 401-3 del CR-2010.

Pese a lo anterior, el diseñador indicó que para el cumplimiento de la totalidad de los parámetros volumétricos el contenido de asfalto sobre la mezcla (PTM) debe limitarse al rango de 5,50 % - 6,02 %. Este rango de PTM posee una diferencia porcentual de 0,26 % respecto a su valor promedio (típicamente se utiliza el rango de 0,5 %) y un margen de 0,07 % entre el valor óptimo y el límite máximo. Esta condición se traduce en un riesgo elevado de incumplimientos. Es criterio del equipo auditor que un diseño de mezcla apropiado se debe ajustar a un rango más amplio, que permita reducir los riesgos de obtener resultados por fuera de las especificaciones volumétricas durante el proceso constructivo.

**Tabla 4.** Parámetros volumétricos del informe de diseño

Parámetro	Especificación CR-2020 T401-02/T401-03	Rango de trabajo		
		Mínimo	Óptimo	Máximo
Contenido de asfalto sobre la mezcla	-	5,45	<b>5,95</b>	6,45
Contenido de asfalto sobre la mezcla ( <b>Corregido</b> )	-	5,50	<b>5,95</b>	6,02
Gbs Pastillas	-	2,34	<b>2,35</b>	2,36
Gravedad específica máxima teórica (GEMT)	-	2,46	<b>2,45</b>	2,43
Vacios de Aire	3,0%-5,0%	5,0	<b>4,0</b>	3,0
Vacios de agregado mineral (VMA)	14% mín	14,0	<b>15,4</b>	15,6
Vacios llenos de asfalto (VFA)	65%-75%	65,0	<b>74,1</b>	75,0
Relación Polvo asfalto	0,6-1,3	0,60	<b>1,14</b>	1,30
Estabilidad	8,0 kN mín	8,000	<b>12,292</b>	11,356
Flujo	(1,5-3,5) mm	1,500	<b>3,080</b>	3,500
% Asfalto Efectivo	-	4,56	<b>5,03</b>	5,57

## **SOBRE LA SEGURIDAD VIAL EN EL PROYECTO**

La evaluación consistió en verificar que el plan de manejo de tránsito cumple con la normativa vigente, así como verificar su aplicación y seguimiento a lo largo de la ejecución del proyecto. Con el objetivo de analizar el plan de manejo de tránsito, el equipo auditor solicitó el criterio experto de la Unidad de Seguridad Vial y Transportes (USVT) de LanammeUCR.



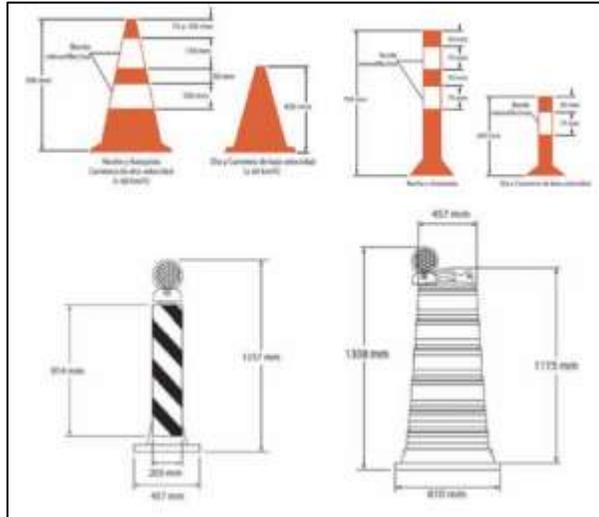
## HALLAZGO 2: SE IDENTIFICAN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LO QUE RESPECTA A LA APLICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO EN EL PROYECTO.

El análisis realizado por la USVT reveló que el PMT cumple con la normativa vigente y especificaciones del proyecto, sin embargo, se identificaron incumplimientos en su aplicación. El día 17 de abril de 2023 el equipo auditor visitó el proyecto en seguimiento al proceso constructivo y ejecución de la obra. Durante la visita se observó que en el proyecto ya se habían colocado dispositivos de canalización de tránsito, según se muestra en la Figura 2. Los elementos verticales colocados para canalización de tránsito cumplen con la función de elemento delimitador, pero no se encuentran dentro de los dispositivos normados por el “Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en la Vías” del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), que a su vez tampoco se incluyen en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA), normativa de acatamiento obligatorio según el cartel de licitación del proyecto. La Figura 3 resume los dispositivos aprobados por el plan de manejo de tránsito, estos tampoco corresponden a los mostrados en la Figura 2.

**Figura 2.** Dispositivos de canalización utilizados en las primeras semanas de ejecución. Fotografía del 17 de abril de 2023.



**Figura 3.** Dispositivos aprobados en el plan de manejo de tránsito.



Fuente: Grama, 2022

Mediante el oficio GCTI-04-23-0402 (0240) la Administración indicó que se decidió utilizar dispositivos diferentes a los que se encuentran en el plan de manejo de tránsito, lo anterior debido a que, dadas las características socioeconómicas de la zona, se propicia la sustracción y robo de los elementos de canalización, por lo que se colocaron elementos que no tengan valor en el mercado. La Administración solicitó mantener los dispositivos aprobados durante el día y dejar de noche los postes que se observaron en la gira del 17 de abril de 2023, para evitar que el proyecto se quede sin canalización. El día 12 de junio de 2023 el equipo auditor registró la modificación de los dispositivos de canalización (ver Figura 4).

**Figura 4.** Uso de conos y barreras como dispositivos de canalización de tránsito en ruta nacional No. 219. Fecha: 12 de junio de 2023.





El día 19 de junio de 2023 la USVT realizó una visita al proyecto en el que se identificaron oportunidades de mejora. Estas fueron comunicadas mediante el oficio EIC-Lanamme-0640-2023, se resume a continuación el contenido de este documento.

- Sistemas de contención empleados en el proyecto

Se identificaron puntos sin barreras y el uso de barreras sin su debido anclaje, utilizando en su lugar malla de seguridad plástica, misma que no cumple con su función para evitar la caída de personas y vehículos. Se recomendó una adecuada implementación de los sistemas de contención vehicular para garantizar la seguridad de vehículos y peatones.

**Figura 5.** Uso de malla plástica cerca de excavaciones. Fecha: 19 de junio de 2023.



Fuente: USVT, 2023

- Señalización vial

De acuerdo con la USVT la señalización vial en la zona del proyecto presenta omisiones en relación con las disposiciones del Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2014). Específicamente, se identificó la ausencia de señalización que advierta a los usuarios sobre los trabajos en curso y las velocidades permitidas. Se recomendó a la Administración gestionar la implementación de señalización clara y efectiva en estricto apego a lo indicado en el Plan de Manejo de Tránsito (PMT), el Decreto n.º 38799-MOPT Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal del tránsito para la ejecución de trabajos en las vías y en el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito (SIECA, 2014).



En visitas posteriores a la realizada por la USVT el 19 de junio de 2023, el equipo auditor registró el uso inadecuado de dispositivos de contención señalado en el oficio EIC-Lanamme-0640-2023. Específicamente, se identificó el uso de malla plástica en combinación con otros elementos como barreras (algunas plásticas y algunas de concreto). La malla plástica no corresponde a un dispositivo de contención aprobado en el plan de manejo de tránsito, ni se encuentra dentro de los dispositivos aprobados por la normativa vigente (ver Figura 6). Por otra parte, el uso de barreras de forma discontinua impide que estos dispositivos operen correctamente. Se recomendó mediante el oficio EIC-Lanamme-915-2023 verificar su ficha técnica y manual de instalación.

**Figura 6.** Uso de dispositivos de seguridad de forma inadecuada en pozos pluviales dos, tres y cuatro. Fecha: 22 de septiembre de 2023.





La Administración indicó mediante su oficio GCTI-04-23-01364 (0240) que solicitó al Contratista realizar las correcciones pertinentes. Mediante los anexos al oficio de descargo del informe preliminar, la supervisión añadió evidencia fotográfica de la aplicación de medidas de mejora en materia de seguridad vial (oficio DICCO-0061-2024). Es criterio del equipo auditor que las medidas adoptadas representaron un aporte positivo a la ejecución de la obra. Sin embargo, no se realizaron los cambios necesarios para cumplir completamente con la normativa y el PMT.

### **SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES Y EL PROCESO CONSTRUCTIVO**

La evaluación de las prácticas constructivas se realizó a partir de visitas periódicas al proyecto, específicamente se evaluaron prácticas observadas en la construcción del sistema pluvial y la construcción de la estructura de pavimento. La calidad de los materiales fue evaluada a través de muestreos y ensayos de laboratorio realizados por LanammeUCR, y a través de los resultados de los laboratorios de verificación. El laboratorio Ingeniería Técnica de Pavimentos (ITP) cumplió con la labor de verificación de abril de 2023 a noviembre de 2023. El laboratorio LGC Ingeniería de Pavimentos cumplió con la labor de verificación de noviembre de 2023 a febrero 2024.

### **HALLAZGO 3: SE IDENTIFICARON OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS DEL SISTEMA PLUVIAL**

En lo que respecta a tuberías, la Administración aportó los certificados de calidad del fabricante, con ensayos de laboratorio realizados por Vieto y Asociados, en los que se comprueba su cumplimiento con las especificaciones del proyecto. Adicionalmente, LanammeUCR realizó el muestreo y ensayo de una tubería de 1 m de diámetro, los resultados de laboratorio revelaron el cumplimiento con la totalidad de las especificaciones.

En lo que respecta al seguimiento de los planos constructivos, el oficio EIC-Lanamme-424-2023 consultó a la Administración por la especificación en planos relacionada a las uniones de tubería. La lámina 26/27 solicita el uso de uniones con empaque de hule, no obstante, en el proyecto se implementaron uniones con mortero (ver Figura 7). Las uniones con mortero se encuentran dentro de las especificaciones del CR-2010, sin embargo, no corresponden a las especificaciones del proyecto. Mediante el oficio GCTI-04-23-0559 (0240) la Administración indicó que remitiría al equipo auditor la aceptación del cambio una vez se realice, pero esta no fue realizada, ni tampoco la orden de modificación respectiva.

**Figura 7.** Especificación de uniones con empaques de hule lámina 26/27.

\* Las tuberías propuestas por colocar en este proyecto para el manejo de aguas pluviales, será de concreto reforzado clase III, con empaques de hule, cuya corona deberá quedar colocada a una profundidad mínima de 0,60 (cero coma sesenta) metros a menos que explícitamente se indique lo contrario.

Dentro de la metodología seguida por el Contratista, el equipo auditor registró buenas prácticas constructivas, específicamente se identificaron buenas prácticas de almacenamiento, reparación de daños, excavación para soporte uniforme y solaqueo



interno. Como oportunidades de mejora en la instalación de tubería se observó en algunos puntos del proyecto la colocación del solaqueo externo en la mitad superior de la circunferencia (ver Figura 8 y Figura 9). Se recomendó a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-424-2023 implementar el solaqueo externo a la mayor parte de la tubería posible. Lo anterior en atención a la especificación del CR-2010 en la que se solicita solaqueo externo a circunferencia completa.

**Figura 8.** Solaqueo externo que no abarca la totalidad de la tubería. Fecha: 24 de mayo de 2023.



**Figura 9.** Solaqueo externo a media circunferencia. Fecha: 8 de junio de 2023.



Mediante el oficio GCTI-04-23-0772 (0240) y sus anexos, la Supervisión aportó fotografías de sitios en los que el solaqueo externo abarcó mayor parte de la circunferencia. Debido a lo anterior se concluye que existieron puntos en los que la práctica constructiva fue aplicada correctamente (ver Figura 10).

**Figura 10.** Solaqueo externo que supera la mitad de la circunferencia. Fecha: 9 de junio de 2023.



Fuente: DICCOC, 2023

En lo que respecta a la construcción de pozos pluviales, durante las visitas realizadas en el mes de junio, se observó que el contratista realizó reparaciones a los pozos pluviales (resane de la superficie). Realizar reparaciones es un indicador de prácticas inadecuadas durante el proceso de colocación. Mediante el oficio EIC-Lanamme-0562-2023 se recomendó solicitar una vibración apropiada del concreto, así como una revisión a las prácticas de encofrado para que este no afecte el proceso (Figura 11, Figura 12 y Figura 13).

**Figura 11.** Resane de superficie y problema de vibrado en pozo pluvial 14. Fecha: 16 de junio de 2023.





**Figura 12.** Resane de superficie y problema de vibrado en pozo auxiliar entre PP14 y PP15. Fecha: 16 de junio de 2023.



**Figura 13.** Resane de superficie y problema de vibrado en pozo pluvial 15. Fecha: 16 de junio de 2023.



También se identificaron oportunidades de mejora en la colocación del encofrado de pozos pluviales. A modo de ejemplo se muestra el pozo pluvial 16, en el que se observa como su espesor varía a lo largo de su circunferencia. Mediante el oficio EIC-Lanamme-0562-2023 se recomendó verificar las prácticas de encofrado de pozos pluviales, con el objetivo de garantizar el espesor mínimo en toda su circunferencia y altura, así como evitar desplazamientos en el refuerzo colocado y su recubrimiento mínimo (ver Figura 14).



**Figura 14.** Espesor variable en pozo pluvial 16. Fecha: 16 de junio de 2023.



El oficio GCTI-04-23-0772 (0240) y sus anexos respondieron a estas recomendaciones, la Administración, por su parte indicó que tras comunicarse con el Contratista se detectó problemas de personal en la construcción de los pozos mencionados, cuyo asunto fue resuelto. La Supervisión añadió que en algunos casos los daños se atribuyen al uso de “ties” en la formaleta. Mediante el oficio EIC-Lanamme-609-2023 se consultó a la Administración por la metodología utilizada para el retiro de estos elementos. Mediante el oficio GCTI-04-23-0834 (0240) la Administración indicó que estos serían cortados a una profundidad de 10 mm y luego rellenados con una mezcla de cemento y arena.

Adicionalmente, el equipo auditor señaló que se observó que en algunos pozos se realizaron aberturas con posterioridad a la colocación de concreto, dejando expuesto el refuerzo del pozo pluvial (ver Figura 15). Se recomendó, en caso de que se desee realizar una conexión adicional al pozo, que esta sea considerada durante el proceso de encofrado, ya que el procedimiento de abertura realizado implica demoler parte de la estructura, lo que es un procedimiento destructivo, además de que implica cortar el acero de refuerzo. Las aberturas se convierten en zonas de concentración de esfuerzos, por lo que no es recomendable cortar las varillas originales. Es una mejor práctica constructiva colocar el acero alrededor de la abertura para evitar agrietamiento en el concreto. Además, la unión de tubería y pozo pluvial requiere cuidados especiales al no realizarse durante la construcción del pozo. La unión por realizar tiene características similares a la unión de tubería con pozos pluviales prefabricados. En relación con el uso de pozos prefabricados se cuenta con la especificación ASTM C1821, en la que se solicita un ensamblaje impermeable que se recubre con lechada. Este procedimiento no corresponde al empleado en el proyecto. Mediante el oficio GCTI-04-23-0772 (0240) la Administración indicó que no se realizaría más esta práctica constructiva. El equipo auditor no observó esta práctica en las visitas posteriores.



**Figura 15.** Abertura en pozo pluvial 14 posterior a colocación de concreto. Fecha: 16 de junio de 2023.



Posterior a las recomendaciones acerca de prácticas constructivas del sistema pluvial se evidenciaron mejoras en el proceso constructivo y acabado de pozos pluviales. Mediante el oficio de descargo y sus anexos la Supervisión indicó que en la medida de lo posible se verificó el acero de refuerzo y colocación de encofrado, solicitando las correcciones necesarias previo a la colocación de concreto. El equipo auditor no identificó defectos constructivos tras las correcciones aplicadas por la Administración.

#### **HALLAZGO 4: EL CONCRETO COLOCADO CUMPLE CON LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ESPERADA**

Para evaluar el concreto estructural se analizaron los parámetros: asentamiento y resistencia a la compresión simple a los 28 días. Los límites de la especificación se tomaron de los documentos contractuales del proyecto. Cabe hacer mención que el asentamiento fue comparado con los diseños de mezcla ICO-0879-2023 (concreto con resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>) y ICO-0935-2023 (concreto con resistencia de 225 kg/cm<sup>2</sup>).

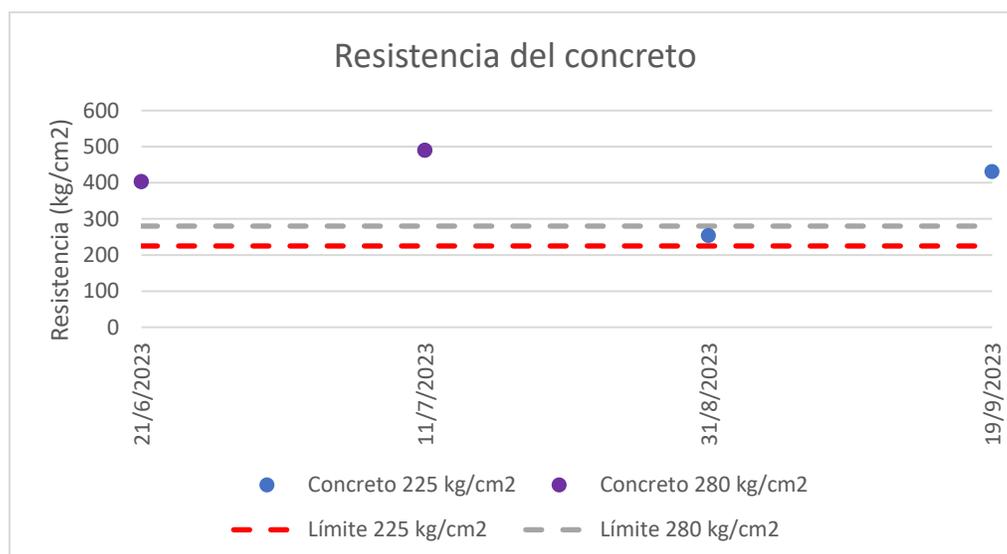
El laboratorio de LanammeUCR realizó cuatro muestreos del concreto colocado en el proyecto, dos con resistencia esperada de 225 kg/cm<sup>2</sup> y dos con resistencia esperada de 280 kg/cm<sup>2</sup>. La Tabla 5 resume los resultados obtenidos. Los ensayos realizados con muestras recolectadas por LanammeUCR superan la resistencia esperada en la totalidad de los casos (Figura 16). En lo que respecta al asentamiento se observan valores que varían en el rango de los 90 mm a los 210 mm (Figura 17).

Los resultados del laboratorio de verificación de la calidad muestran un comportamiento similar a los resultados de ensayos realizados por LanammeUCR, tanto para concreto con resistencia esperada de 225 kg/cm<sup>2</sup> como en concreto con resistencia esperada de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Las muestras alcanzaron la resistencia esperada en todos los ensayos (Figura 18 y Figura 19) y a su vez confirman la alta variabilidad observada en los resultados de asentamiento (ver Figura 20 y Figura 21).

**Tabla 5.** Resumen de ensayos realizados por LanammeUCR para concreto 225 kg/cm<sup>2</sup> y concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>

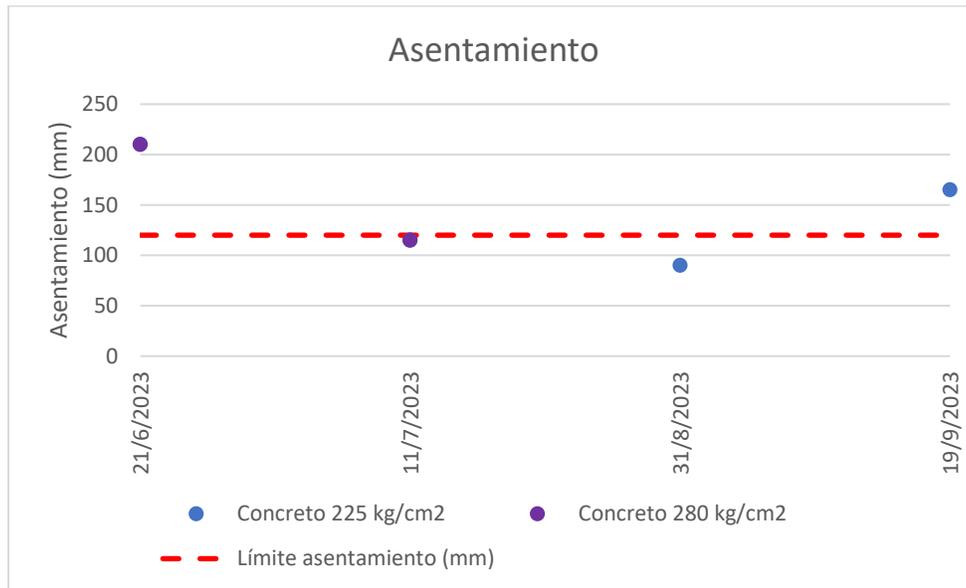
Informe	Muestra	Ubicación	Fecha de muestreo	Temperatura (°C)	Asentamiento (mm)	Resistencia esperada (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
EIC-Lanamme-INF-1071-2023	M-1003-2023	Pozo pluvial PP31	21/6/2023	31,5	210	280	403
EIC-Lanamme-INF-1149-2023	M-1146-2023	Pozo pluvial PP26	11/7/2023	30,2	115	280	490
EIC-Lanamme-INF-1241-2023	M-1519-2023	Pozo pluvial	31/8/2023	27,0	90	225	254
EIC-Lanamme-INF-1391-2023	M-1612-2023	Tragante T30	19/9/2023	30,5	165	225	431

**Figura 16.** Resultados de resistencias en ensayos realizados por LanammeUCR para concreto 225 kg/cm<sup>2</sup> y concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>

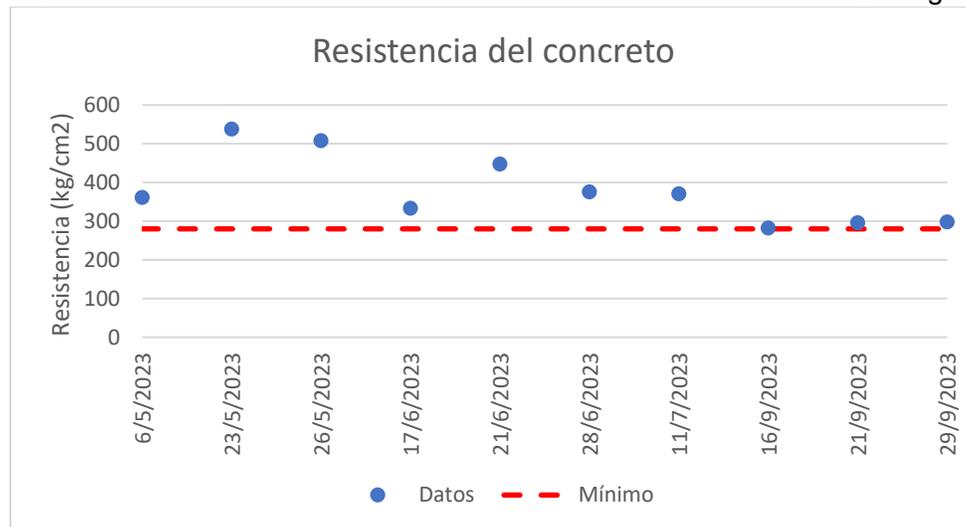




**Figura 17.** Resultados de asentamiento realizados por LanammeUCR para concreto 225 kg/cm<sup>2</sup> y concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>



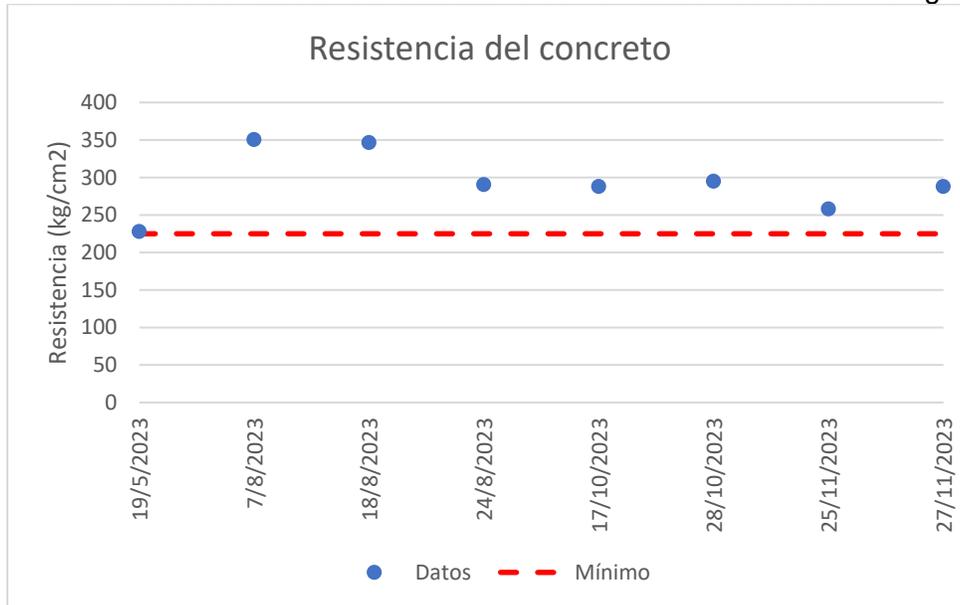
**Figura 18.** Resultados de resistencia laboratorio de verificación concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>.



Fuentes: ITP, 2023

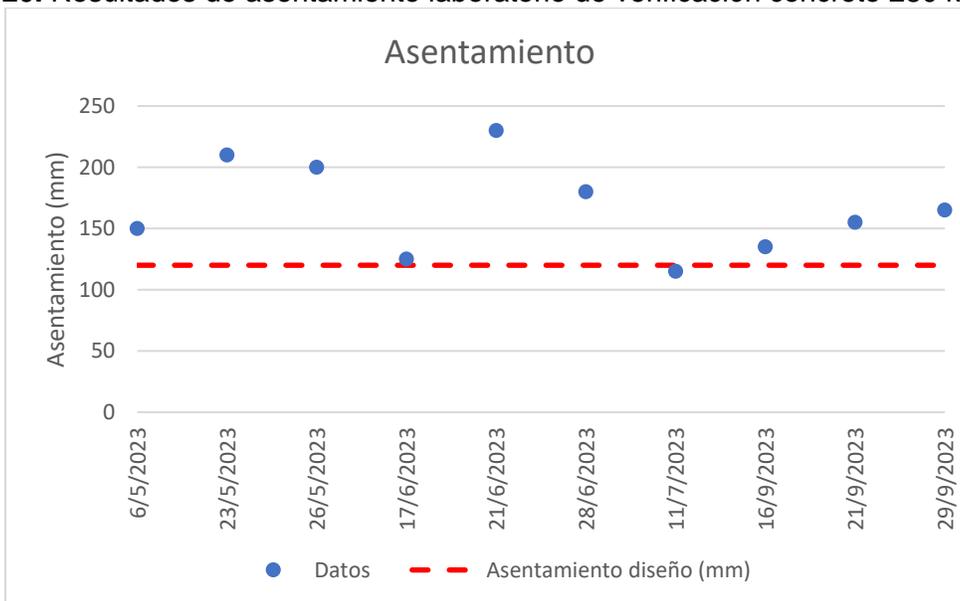


**Figura 19.** Resultados de resistencia laboratorio de verificación concreto 225 kg/cm<sup>2</sup>.



Fuentes: ITP, 2023

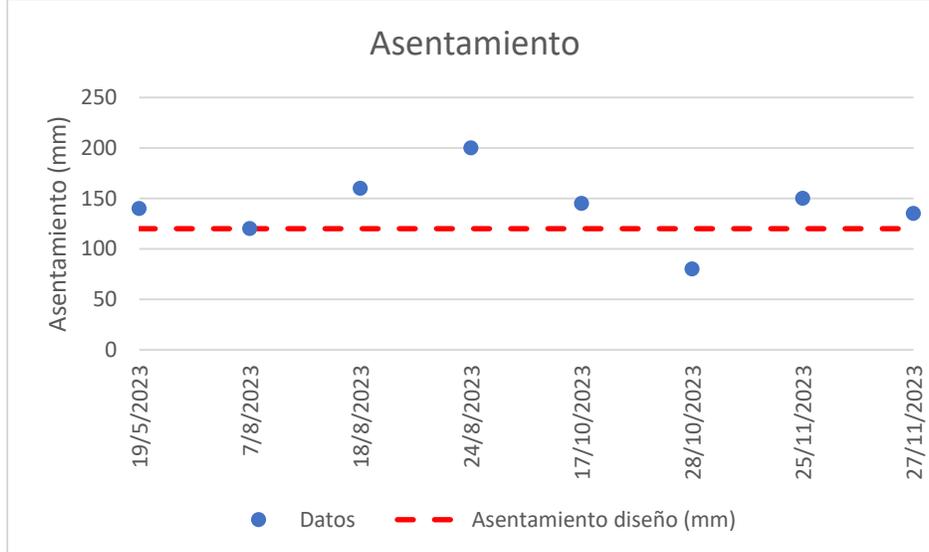
**Figura 20.** Resultados de asentamiento laboratorio de verificación concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>.



Fuentes: ITP, 2023



**Figura 21.** Resultados de asentamiento laboratorio de verificación concreto 225 kg/cm<sup>2</sup>.



Fuentes: ITP, 2023

El asentamiento influye directamente en la trabajabilidad de la mezcla, siendo difícil de colocar en aquellos casos con valores de baja magnitud, lo que puede generar vacíos y un periodo de tiempo prolongado de manipulación. Por el contrario, una mezcla con un asentamiento elevado podría tener problemas de segregación. Por este motivo se recomienda para futuros proyectos que el diseño de mezcla establezca un límite máximo y un límite mínimo para la aceptación del concreto en obra.

#### **HALLAZGO 5: SE IDENTIFICAN INCUMPLIMIENTOS CON LAS ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO**

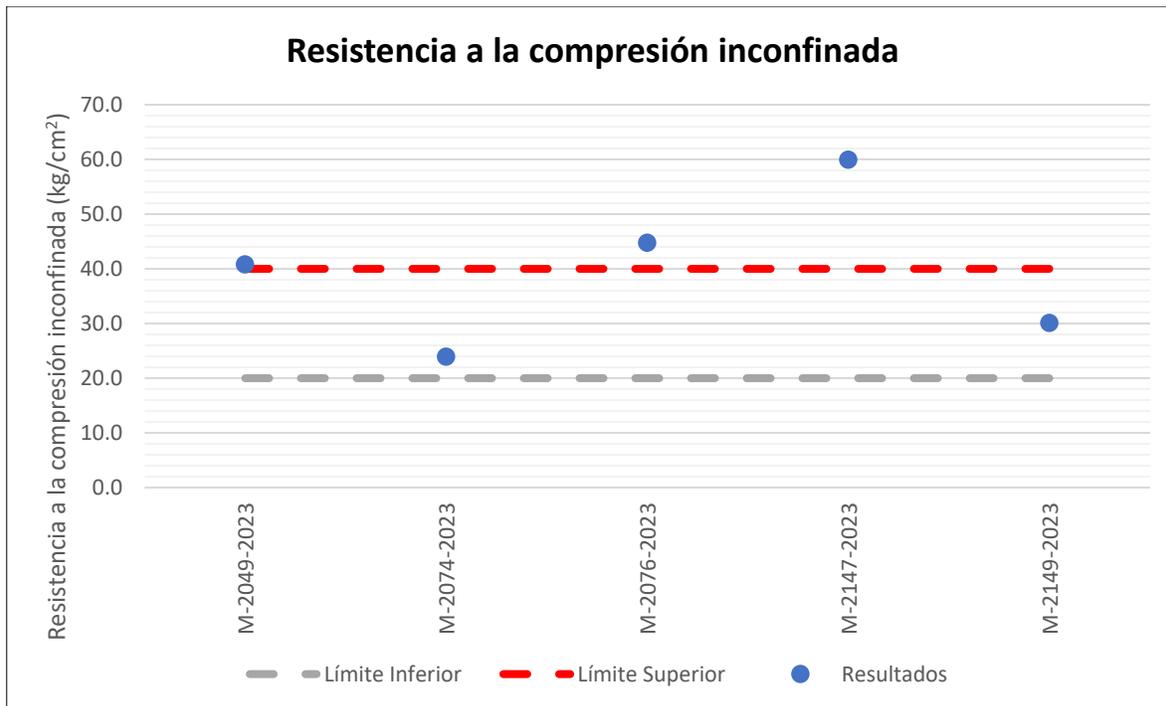
El laboratorio de LanammeUCR realizó cinco muestreos de base estabilizada con cemento (BE-25) a lo largo de la ejecución del proyecto. La Tabla 6 resume los resultados obtenidos. De estos se concluyó que la totalidad de las muestras cumple con el límite inferior de resistencia a compresión establecido por la normativa vigente. Sin embargo, tres de las cinco muestras superan el límite superior de las especificaciones (39 kg/cm<sup>2</sup>). La muestra M-2147-2023 supera el límite máximo permitido por el CR-2010 con un resultado cercano a los 60 kg/cm<sup>2</sup>. También las muestras M-2049-2023 y M-2076-2023 superan el máximo permitido, sin embargo, la resistencia obtenida no resulta crítica en términos de diferencias respecto a la normativa (ver Figura 22).



**Tabla 6.** Resumen de ensayos de BE-25 realizados por LanammeUCR

Informe	Material	Muestra	Fecha de muestreo	Compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
EIC-Lanamme-INF-1660-2023	BE-25	M-2049-2023	10/11/2023	40,80
EIC-Lanamme-INF-1674-2023	BE-25	M-2074-2023	14/11/2023	23,93
EIC-Lanamme-INF-1679-2023	BE-25	M-2076-2023	15/11/2023	44,77
EIC-Lanamme-INF-1729-2023	BE-25	M-2147-2023	24/11/2023	59,93
EIC-Lanamme-INF-1730-2023	BE-25	M-2149-2023	24/11/2023	30,10

**Figura 22.** Límites de resistencia a compresión y resultados de muestras de BE-25 ensayadas por LanammeUCR.

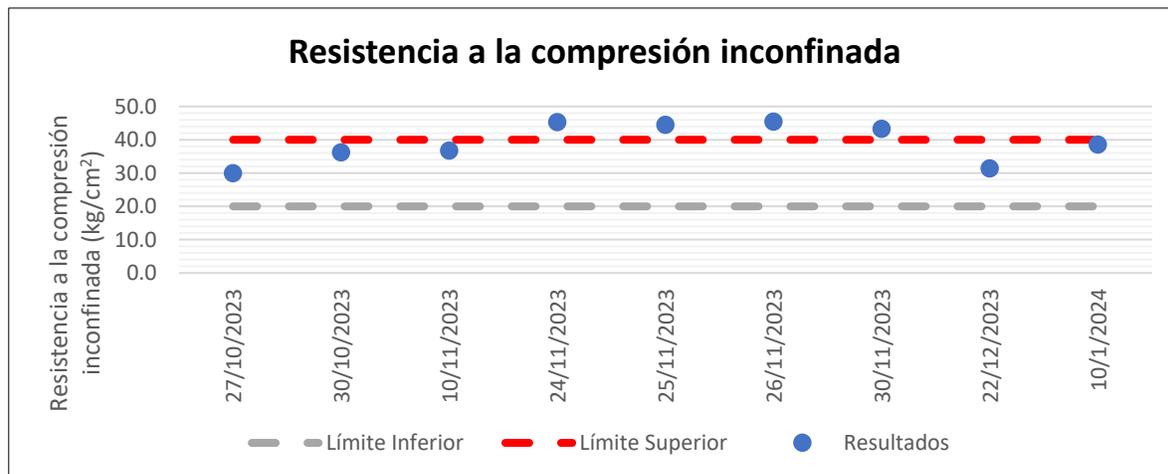


Los resultados obtenidos por los laboratorios de verificación son congruentes con los ensayos realizados por LanammeUCR. La Tabla 7 y la Figura 23 resumen los resultados de ensayos realizados por ITP y LGC Ingeniería de Pavimentos. Se registraron cinco muestras que cumplen con el rango establecido por la normativa y cuatro muestras que superan el límite máximo establecido. No se identificaron resistencias por debajo del mínimo esperado.

**Tabla 7.** Resumen de ensayos de BE-25 realizados por laboratorios de verificación de calidad

Informe	Material	Muestra	Fecha de muestreo	Compresión promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
CD-ITP-1271-2023-01-C01	BE-25	LC-3524-23	27/10/2023	29,90
CD-ITP-1271-2023-01-C01	BE-25	LC-3536-23	30/10/2023	36,20
CD-ITP-1421-2023-01-C01	BE-25	LC-3700-23	10/11/2023	36,70
CD-ITP-1421-2023-01-C01	BE-25	LC-3938-23	24/11/2023	45,25
CD-ITP-1421-2023-01-C01	BE-25	LC-3971-23	25/11/2023	44,45
CD-ITP-1421-2023-01-C01	BE-25	LC-4028-23	26/11/2023	45,40
CD-ITP-1421-2023-01-C02	BE-25	LC-4062-23	30/11/2023	43,25
01-0069-2024	BE-25	01-38851-2023	22/12/2023	31,33
01-0306-2024	BE-25	01-2896-2024	10/1/2024	38,53

**Figura 23.** Límites de resistencia a compresión y resultados de muestras de BE-25 ensayadas por laboratorios de verificación



Por lo tanto, se evidenció que existen incumplimientos en los parámetros de calidad de las muestras de base estabilizada que formaron parte del proceso de auditoría. Las bases estabilizadas con resistencia mayores a 40 kg/cm<sup>2</sup> pueden presentar agrietamientos por contracción de moderados a altos, por lo que se recomendó prestar especial atención a este parámetro de calidad.

Por otra parte, se tiene como especificación del proyecto, tanto en los planos constructivos como en el diseño de la estructura del pavimento, un espesor de base estabilizada con cemento de 25 cm. Mediante una inspección visual, el 6 de diciembre de 2023, en una de las excavaciones del proyecto cerca de la soda Hermanos Segura, se observaron algunos puntos con espesores cercanos a los 19 cm (ver Figura 24). Con el objetivo de realizar una verificación de estas observaciones, el día 7 de diciembre de 2023 se realizó la extracción



de tres núcleos de base estabilizada con cemento en este sector. Se detalla en la Tabla 8 la ubicación y espesores obtenidos, destacando que ninguna de las muestras superó los 20 cm. Esta información fue comunicada a la Administración mediante las notas informe EIC-Lanamme-1269-2023 y EIC-Lanamme-0048-2024.

**Tabla 8.** Resultados de núcleos de base estabilizada con cemento del día 7 de diciembre de 2023

Núcleo	Espesor (cm)	Estacionamiento
1	15	0+005
2	20	0+015
3	18	0+025

**Figura 24.** Núcleos de base estabilizada extraídos en el proyecto. Fotografías del 7 de diciembre de 2023.



El Contratista brindó descargo mediante el oficio MSA-006-2024 e indicó que amplió la excavación que permanecía abierta a la fecha de recepción del oficio, con el objetivo de medir los espesores. El oficio GCTR-04-2024-0290 (0240) añade evidencia fotográfica de mediciones dentro del proyecto en las que se observa el cumplimiento de los 25cm (no es posible verificar su estacionamiento). El día 18 de diciembre de 2023 se realizó una segunda inspección visual en el sector del centro comercial donde se encuentra el establecimiento Pops Taras (el sector inspeccionado el 6 de diciembre ya se encontraba relleno en esta fecha). En esta ocasión la base estabilizada se pudo observar desde una excavación abierta, que de acuerdo con lo mencionado en el oficio MSA-006-2024, tras la ampliación de la excavación pudo observarse el espesor completo. Las mediciones revelaron el cumplimiento de los 25 cm en este sector. El oficio GCTR-04-2024-0290 (0240) brindó la siguiente respuesta a estas observaciones:

*“...En cuanto a los núcleos extraídos por el Lanamme, es criterio de esta Ingeniería de proyecto, que el método no es representativo para bases estabilizadas de baja resistencia como la colocada en el proyecto, ya que el proceso de extracción daña el material, con lo que no se podría asegurar que el espesor extraído represente el espesor completo de la capa de base estabilizada”.*



Es criterio del equipo auditor que la justificación de la Administración no invalida el ensayo realizado. El equipo tiene capacidad para extraer hasta 30 cm de material, extensión que abarca de forma completa la base estabilizada (25 cm). Durante el procedimiento, en caso de dañar la base estabilizada, es posible extraerla en diferentes secciones. El tramo faltante en los núcleos se debe a la homogenización en la sección inferior de la capa. Se recomienda que en estos casos la Administración realice una extracción de núcleos con el laboratorio de verificación, para validar el cumplimiento o incumplimiento del punto específicamente evaluado.

Con el objetivo de complementar la información recolectada se realizó un ensayo de GPR<sup>1</sup> a la extensión completa del proyecto sobre el carril central (ver Figura 25). Tras realizar un análisis de la información recopilada se obtuvieron espesores de capa de MAC y BE-25. Los resultados muestran una tendencia al cumplimiento de espesor en la capa de MAC, ya que su espesor se mantuvo cerca de su especificación (15 cm) a lo largo de todo el trayecto. En el caso de la capa de BE-25 se observa una alta dispersión, en la que existen tramos que cumplen con el espesor de diseño (25 cm) y sectores en los que el equipo de laboratorio registró valores de capa entre los 15 cm y los 25 cm. Debido a la naturaleza del ensayo GPR, la información relacionada a la profundidad de la base estabilizada no abarca la totalidad de los estacionamientos. Sin embargo, el ensayo justifica la recomendación de verificar los espesores de base estabilizada en aquellos casos en que la extracción de núcleos obtenga resultados menores a los esperados, para acotar la zona en la que se pueda haber presentado un espesor incompleto.

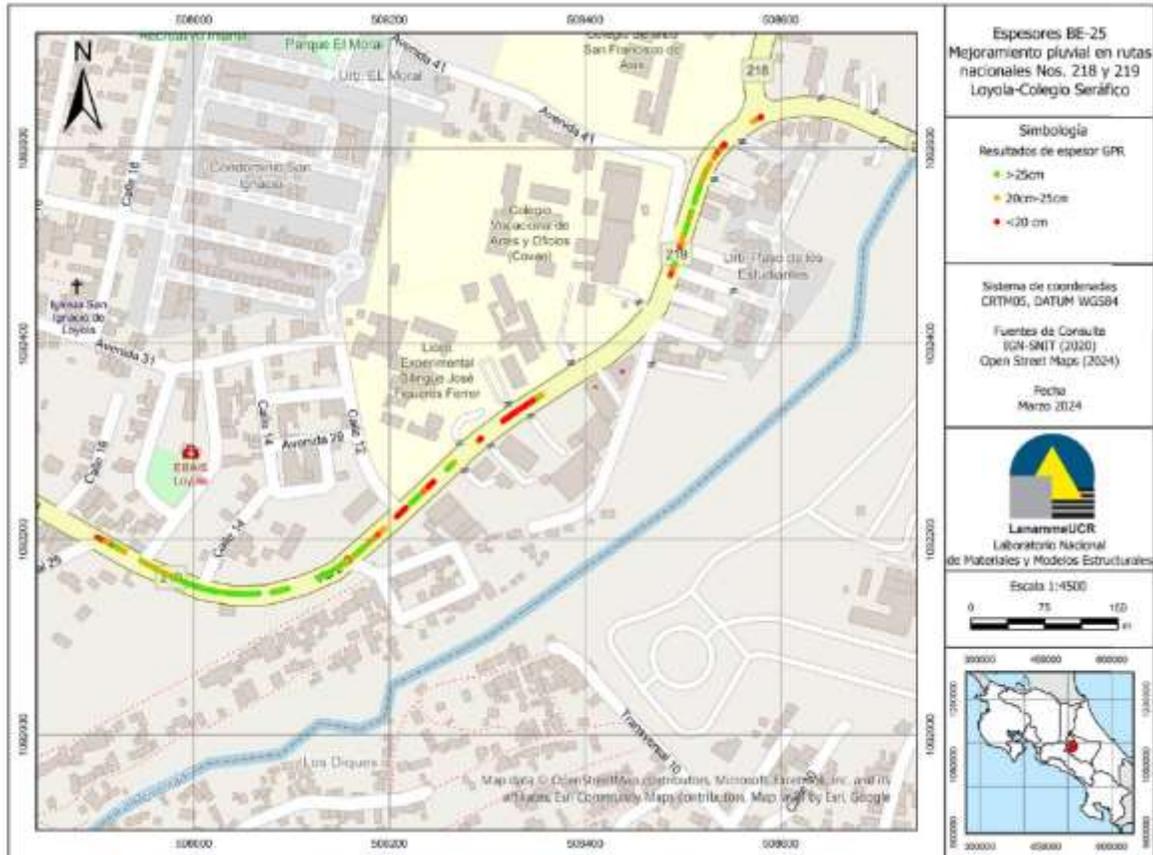
A raíz de lo observado en campo por la Unidad de Auditoría Técnica de LanammeUCR los días 6, 7 y 18 de diciembre se concluye que se cumplió con el espesor de base estabilizada en diferentes puntos del proyecto, sin embargo, se identificó en el sector cercano a soda Hermanos Segura, puntos en los que tras extraer núcleos no se obtuvo el espesor esperado. Es de conocimiento del equipo auditor que se mantiene en obra un control estricto en materia de topografía, por lo que el espesor incompleto que se observó en los núcleos extraídos podría deberse a una homogenización incompleta. Se concluye que el contratista mantuvo buenas prácticas constructivas en otros sitios del proyecto en los que se evidencia una base estabilizada acorde a las especificaciones. El equipo auditor recomendó realizar mayor cantidad de sondeos, sin embargo, no se tiene registro de que estos fueran realizados por parte de la Administración.

---

<sup>1</sup> El radar de penetración terrestre o GPR (por sus siglas en inglés) es un equipo que realiza ensayos no destructivos que permite evaluar los espesores de las diferentes capas que constituyen un pavimento de manera continua, utilizando ondas electromagnéticas.



Figura 25. Resultados de espesor de BE-25 mediante ensayo de GPR.



En relación con el control de cantidades, mediante su oficio de descargo la Administración indicó:

*“...es importante aclarar que el material utilizado como Subbase y como Base Estabilizada fue el mismo, ambas capas revisadas estrictamente con niveles topográficos, y la colocación del cemento se realizó calculando la separación entre sacos de cemento necesarios para aportar el porcentaje de diseño de la Base Estabilizada, por lo que se puede asegurar que en cuanto a materiales se cumplió estrictamente, lo que se relaciona directamente al precio establecido y pagado por la Administración...”*

Se debe aclarar que el procedimiento de extracción de núcleos utilizado por LanammeUCR no se encuentra dentro de los requisitos contractuales, y que la Administración cumplió con los mecanismos de medición establecidos por el CR-2010. Específicamente las subsecciones 110.01 Método de medición, 110.02 Unidades de medición y definiciones, 110.03 Procedimiento y aparatos de pesaje, 110.04 Procedimiento de recepción y 152 Topografía para la Construcción.



## OBSERVACIÓN 1: SE IDENTIFICAN DEFICIENCIAS EN EL CONTROL DE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS ANTE ALTAS RESISTENCIAS EN BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO

Mediante el oficio GCTR-04-2024-0170 (0240) del 24 de enero de 2024 la Administración notificó al equipo auditor que en relación con los resultados de altas resistencias el contratista presentó previamente un plan de mitigación ante estos escenarios. El plan remedial fue expuesto en el oficio MSA-162-2023 del 16 de noviembre de 2023, con la propuesta de implementación de la técnica de micro-agrietamiento para la base estabilizada con cemento. El oficio MSA-162-2023 indicó que la medida de mitigación se debe a riesgos eventuales de obtener altas resistencias, y se presentó con el objetivo de entregar un producto de mayor calidad. El contratista incluyó esta técnica como parte del procedimiento constructivo en la totalidad de la extensión del proyecto. El oficio establece como referencia las Especificaciones Estándar para la Construcción de carreteras del Departamento de Transportes de Texas (TxDOT). Entre los requerimientos de la TxDOT se mencionan:

- Se debe mantener el contenido de agua de la capa terminada entre 24 y 48 horas.
- Posterior a las 24 horas se debe utilizar un compactador vibratorio para realizar el microagrietamiento.
- El compactador debe tener un peso igual o mayor a 10,8 ton, un tambor de 0,5 m de ancho y operar a velocidad de 3.2 km/h vibrando a amplitud máxima.
- Se deben realizar de dos a cuatro pasadas a cobertura completa.

El contratista también referencia como fuente de consulta la Asociación de Cemento Portland (PCA). De acuerdo con la PCA, el microagrietamiento no genera daño permanente en la base estabilizada, ya que al ser realizado en etapas tempranas su resistencia continúa desarrollándose posterior al procedimiento. El oficio MSA-162-2023 también cita como referencia bibliográfica la publicación denominada “Calibración de especificaciones para bases estabilizadas con cemento en Costa Rica”, informe LM-PI-UIIT-079-R de LanammeUCR, documento en el que se citan diferentes investigaciones relacionadas al microagrietamiento.

Para evaluar la efectividad de la técnica el contratista realizó un ensayo de deflectometría de impacto (LWD) a la base estabilizada, resultados que se incluyen en el informe OI-2023-0907-008. Los resultados de la prueba LWD concluyeron que el módulo de la base se encuentra dentro del rango esperado, y recomendó realizar posteriormente una deflectometría FWD. Es criterio del equipo auditor que el microagrietamiento es una técnica que ha sido estudiada a nivel internacional, y por lo tanto se trata de un procedimiento efectivo en la disminución del agrietamiento. Pese a lo anterior, se identifican falencias en el control y ejecución de la medida correctiva seleccionada por el contratista, específicamente se señalan los siguientes puntos:

- El informe LM-PI-UIIT-079-R, citado por el oficio MSA-162-2023, especifica que el microagrietamiento es una técnica correctiva que no debe ser aplicada de forma rutinaria durante el proceso constructivo.
- El informe LM-PI-UIIT-079-R recomienda aplicar microagrietamiento en bases con resistencia superior a los 272 psi (1,9 MPa) a los dos días de finalizar la compactación (situación en la que se pueden desarrollar grietas por contracción). El



Contratista no realizó ensayos a las 48 horas para determinar la necesidad del procedimiento, únicamente lo aplicó de forma generalizada.

- Cabe destacar que con los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación a 7 días de edad no se evidencian resistencias elevadas que requieran medidas de mitigación.
- El ensayo de deflectometría LWD posterior a la ejecución de la medida correctiva es una buena práctica que permite evaluar que no exista daño en la base estabilizada. Sin embargo, en caso de requerirse medidas de mitigación debido a la resistencia obtenida a las 48 horas, se recomienda realizar ensayos para validar la correcta ejecución del procedimiento y su efectividad en la capa de BE-25.
- Las especificaciones de referencia citadas por el Contratista, establecidas por el Departamento de Transportes de Texas (TxDOT), recomiendan aplicar un ensayo de deflectometría FWD antes y después de ejecutar la técnica, y en función de la reducción del módulo establecer si se obtuvo el impacto esperado.
- Con el objetivo de verificar el cumplimiento de las especificaciones que se aprueben para el proyecto, se recomienda mantener en obra un registro de las actividades.

#### **HALLAZGO 6: SE IDENTIFICARON PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS INADECUADAS EN LA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA**

El equipo auditor identificó y comunicó a la Administración en diferentes notas informe el uso de prácticas constructivas inadecuadas dentro del proyecto. Se detalla a continuación las más importantes.

##### 1. Irregularidad en el espesor de la primera capa de MAC respecto al cordón de caño

Mediante la nota informe EIC-Lanamme-1269-2023, emitida el 15 de diciembre de 2023, se comunicó sobre variaciones observadas en el nivel de la primera capa de la carpeta asfáltica respecto al nivel del cordón de caño. En esta nota informe se detalló que el faltante para nivelar el pavimento variaba entre los 7 cm y los 10 cm. El proceso constructivo observado impide mantener un control apropiado sobre el espesor de capa, además de que evidencia ser variable a lo largo de la vía. Posteriormente, mediante el oficio EIC-Lanamme-0048-2024 del 25 de enero de 2024, se registraron otros sectores con variaciones en el nivel entre el cordón de caño y la mezcla colocada. Se recomendó mantener un mismo nivel respecto al cordón de caño para que la segunda capa pueda ser aplicada de forma uniforme y evitar problemas con la junta de la estructura de pavimento. La Figura 26 muestra variaciones en el espesor faltante de la segunda capa, la Figura 27 y la Figura 28 muestran sectores en los que la MAC alcanzó el nivel superior del cordón de caño, junto a estos se identifican puntos en los que se evidenció un borde libre pese a tratarse de la misma capa. Mediante el oficio GCTR-04-2024-0290 (0240) la Administración indicó que la recomendación sería puesta en práctica. Además, indicó que el espesor completo se ajustó en la capa final, y fue verificado con equipo de topografía. Mediante el oficio de descargo la Administración indicó que tras el ajuste de niveles con la segunda capa se colocó el espesor completo de acuerdo con las especificaciones contractuales (15cm). Es criterio del equipo auditor que la medida adoptada permite verificar el espesor total de la capa, sin embargo, se mantiene la observación ya que el espesor de la primera capa fue variable en parte del proyecto.



**Figura 26.** Espesor de faltante respecto a cordón de caño que varía entre 7cm y 10 cm. Fotografía del 6 de diciembre de 2023.



**Figura 27.** Variaciones de nivel de MAC respecto a cordón y caño. Fotografía del 9 de enero de 2024.



**Figura 28.** Variaciones de nivel de MAC primera capa. Fotografía del 25 de enero de 2024.



## 2. Uso de traba

En diferentes visitas técnicas realizadas por el equipo auditor se registró el uso de traba como parte del procedimiento constructivo. Se notificó a la Administración por primera vez sobre el uso de esta práctica el día 6 de diciembre de 2023 (nota informe EIC-Lanamme-1269-2023). El día 4 de enero de 2024 se registró el uso de traba en la totalidad del carril, aplicando un procedimiento de compactación a esta capa (Figura 29). La Administración fue notificada mediante el oficio EIC-Lanamme-17-2024. El equipo auditor realizó un tercer registro del uso de traba el día 10 de enero de 2024. En esta ocasión el contratista tardó más de una hora entre la colocación de este material y la colocación de la capa principal (ver Figura 30). Durante este tiempo la capa de “traba” perdió temperatura, generando una diferencia térmica respecto al material colocado como capa principal. Este registro fue comunicado a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-0048-2024 enviado el 25 de enero de 2024.

El uso de “traba” tiene como objetivo mejorar la movilidad de la maquinaria durante la colocación de la mezcla asfáltica, por lo que debería ser considerada solamente en sitios con pendientes fuertes y de difícil acceso. Esta práctica genera planos de falla, debido a diferencias importantes de temperatura entre capas.

La Administración brindó respuesta mediante el oficio GCTR-04-2024-0171 (0240) y anexó la respuesta del Contratista (MSA-008-2024 del 19 de enero de 2024). En el oficio MSA-008-2024 se indicó: *“A nivel internacional se ha implementado el uso de emulsiones termosensibles o pavimentadoras con sistema de “spray” de emulsión previo a la colocación de la mezcla asfáltica... A nivel nacional, ninguna de estas alternativas se ha implementado”*.

Adicionalmente el oficio indica: *“...durante el proceso de colocación en el proyecto en cuestión, se buscó emplear una capa delgada de MAC para la traba... Además, los núcleos de mezcla asfáltica extraídos no mostraron ningún tipo de inconsistencia o afectación, producto de esta capa...”*.



En atención a los argumentos expuestos en el oficio MSA-008-2024, es criterio del equipo auditor que no existe necesidad de utilizar emulsiones termosensibles en el proyecto. La incorporación de buenas prácticas al preparar la superficie mediante un barrido adecuado, y brindar tiempo suficiente para el rompimiento y estabilización del riego de liga, permiten realizar el proceso constructivo con los materiales utilizados a nivel nacional.

Se debe añadir que no es posible compactar una capa de traba, lo anterior debido a que su espesor de baja magnitud impide este procedimiento. Además, esta capa enfrenta un proceso de enfriamiento que ocurre en un corto periodo de tiempo. Debido a que se trata de una capa delgada el uso de traba genera planos de falla que no se perciben fácilmente. Por lo tanto, en lo que respecta a la integridad de los núcleos extraídos, su aspecto no implica que no se haya generado el plano de falla. Se recomendó no utilizar esta práctica constructiva, ya que su uso tiene efectos negativos en la estructura de pavimento. En un escenario en que se requiera su uso por fuerza mayor se recomienda limitar su aplicación a la huella del vehículo.

**Figura 29.** Uso de traba en el proyecto. Fotografía del 4 de enero de 2024.



**Figura 30.** Material de “traba” con tiempo de espera superior a una hora. Fotografía del 10 de enero de 2024.



### 3. Temperatura de colocación y temperatura de producción

Como referencia a especificaciones del proyecto se cuenta con el diseño de MAC (informe 74-470-2023). El diseño fue elaborado por el laboratorio OJM Consultores de Calidad y Laboratorios S.A, y establece un rango de temperatura entre los 155 °C y los 160 °C para el proceso de mezclado. Para el proceso de compactación estableció un rango de temperatura entre los 143 °C y los 148 °C.

El día 07 de diciembre de 2023 los resultados de temperatura reportados por los técnicos de LanammeUCR fueron de 173 °C y 174 °C. La medición de temperatura concuerda con el valor reportado por el laboratorio de verificación LGC en su informe 01-2890-2023, muestra 01-36540-2023. Este hecho fue comunicado a la Administración mediante la nota informe EIC-Lanamme-1269-2023, en la que se recomendó un mayor control de la temperatura.

En respuesta la Administración indicó en su oficio GCTR-04-2024-0076 (0240) que se atendería la recomendación de trabajar en un rango de temperatura acorde al diseño de mezcla. Posteriormente, el día de 10 de enero de 2024 se registró en campo mezcla con temperatura que superó los 175 °C (ver Figura 31). Se notificó a la Administración mediante el oficio EIC-Lanamme-0048-2024 sobre este registro de temperatura. Se recibió respuesta por parte de la Administración mediante el oficio GCTR-04-2024-0290 (0240) en el que indicó que se acataría la recomendación.

El control de la temperatura de la mezcla asfáltica, durante su colocación y producción, forma parte de las buenas prácticas de la ingeniería de pavimentos, ya que temperaturas elevadas favorecen la oxidación del asfalto y una compactación inadecuada de la MAC, por ello se recomienda aplicar medidas de control al proceso de producción, colocación y compactación.

**Figura 31.** Registro de temperatura durante colocación en campo. Fotografía del 10 de enero de 2024.





#### 4. Proceso de compactación

El oficio EIC-Lanamme-17-2024 comunicó a la Administración que durante la visita realizada el 4 de enero de 2024 el proceso de compactación de la capa principal fue realizado partiendo de la junta interna (mitad de la vía) hacia el exterior (acera), esta práctica podría provocar el desplazamiento de la mezcla. Debido a lo anterior se recomendó realizar el procedimiento de compactación desde el límite externo hacia el interno. El Contratista indicó en su oficio MSA-008-2024 que se aplicaría la recomendación realizada por LanammeUCR.

#### 5. Impermeabilización y junta entre cordón de caño y MAC

El día 10 de enero de 2024 se observó que la junta cordón de caño y calzada no se encontraba impermeabilizada en su totalidad (Figura 32). Además, tal y como se observa en la Figura 33, se identificó en un punto en específico que la mezcla no se encontraba confinada en el borde del cordón de caño. La ausencia de impermeabilización y confinamiento en el borde permite el ingreso de agua en esta zona, por lo que esta no corresponde a una buena práctica. También se identificaron oportunidades de mejora en el confinamiento de la mezcla, se identificó un sector preparado para colocación de MAC en el que el cordón de caño se encontraba con concreto fresco, y la formaleta no había sido removida. La ausencia de confinamiento adecuado dificulta el proceso de compactación, y conduce a una impermeabilización incompleta de la superficie (ver Figura 34).

**Figura 32.** Impermeabilización incompleta en área de confinamiento de la MAC. Fotografía del 10 de enero de 2024.





**Figura 33.** Sector con mezcla no confinada con el cordón de caño. Fotografía del 10 de enero de 2024.



**Figura 34.** Espacio para colocación de MAC con formaleta del cordón de caño sin remover. Fotografía del 10 de enero de 2024.



Mediante el oficio EIC-Lanamme-0048-2024 del 25 de enero de 2024 se recomendó impermeabilizar la totalidad del ancho (incluyendo ambas caras laterales del confinamiento), así como confinar la mezcla con el cordón de caño, tal y como se ha realizado en otros sectores del proyecto. Mediante el oficio GCTR-04-2024-0290 (0249) se comunicó al equipo auditor que las recomendaciones serían puestas en práctica.

#### 6. Uso de escobones en la colocación de emulsión asfáltica

El equipo auditor registró el empozamiento de emulsión asfáltica durante el proceso constructivo del 10 de enero de 2024. Posteriormente, la mano de obra distribuyó con escobón el material que se acumuló (ver Figura 35). Esta práctica no permite controlar correctamente la tasa de riego de liga, por ello el oficio EIC-Lanamme-0048-2024 recomendó realizarlo únicamente con el camión distribuidor. Mediante el oficio GCTR-04-2024-0290 (0249) la Administración indicó que acogería la medida recomendada.

**Figura 35.** Colocación de emulsión asfáltica. Fotografía del 10 de enero de 2024.



## **HALLAZGO 7: SE IDENTIFICARON INCUMPLIMIENTOS CON LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA**

### **Resultados de ensayos de laboratorio de verificación**

El laboratorio de verificación LGC Ingeniería de Pavimentos realizó diversos muestreos a lo largo de la ejecución del proyecto. Los resultados evidencian incumplimientos con algunas de las especificaciones del CR-2010 y el diseño de mezcla. Se registró el ya mencionado incumplimiento con la temperatura de trabajo establecida por el diseño de mezcla, específicamente la muestra 01-36540-2023 registró una temperatura de 174,5 °C, valor por encima de la temperatura de mezclado de 160 °C. Por su parte las muestras 01-4108-2024 y 01-0306-2024 no alcanzaron la temperatura mínima de colocación de 143 °C. Las muestras 01-4108-2024 y 01-5254-2024 no alcanzaron el valor mínimo de 5,5 % en el parámetro de contenido de asfalto (PTM), además, ambas superaron el valor máximo de vacíos (5 %). Se identifica un incumplimiento con el parámetro de la relación polvo-asfalto en la muestra 01-36106-2023, muestra que obtuvo un resultado de 1,4, valor que supera el máximo de 1,3.

En lo que respecta a granulometría, la muestra 01-36540-2023 incumplió con el tamiz de 4,75 mm, obteniendo un resultado de 46 %, valor por debajo del límite de 47 %. La muestra 01-41-08-2024 incumplió con el límite mínimo de los tamices 12,7 mm, 9,5 mm y 4,75 mm. Por su parte la muestra 01-5254-2024 incumplió con el límite mínimo de los tamices 12,7 mm, 9,5 mm, 4,75 mm y 2,36 mm. La Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Figura 36, Figura 37 y Figura 38 resumen los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación.

**Tabla 9.** Muestras de MAC tomadas por el laboratorio de verificación.

Informe	Muestra	Fecha de producción	Temperatura	Asfalto (PTM) (%)	Gbs	GEMT
	Límite inferior		143,0	5,50		
	Límite superior		160,0	6,50	-	-
01-2890-2023	01-35618-2023	30/11/2023	157,0	6,33	2,337	2,451
01-2890-2023	01-36106-2023	2/12/2023	156,0	6,19	2,352	2,473
01-2890-2023	01-36102-2023	4/12/2023	153,0	6,38	2,338	2,451
01-2890-2023	01-36540-2023	7/12/2023	174,5	5,79	2,344	2,464
01-0306-2024	01-1964-2024	4/1/2024	150,5	5,77	2,341	2,457
01-0306-2024	01-2897-2024	10/1/2024	153,6	5,72	2,336	2,454
01-0306-2024	01-3209-2024	12/1/2024	153,6	6,25	2,323	2,445
01-0306-2024	01-4108-2024	21/1/2024	140,5	5,31	2,343	2,470
01-0306-2024	01-4587-2024	24/1/2024	141,0	6,23	2,333	2,446
01-0306-2024	01-5254-2024	26/1/2024	143,0	5,20	2,346	2,475
01-0306-2024	01-5255-2024	27/1/2024	154,0	5,72	2,332	2,450

LGC, 2023; LGC, 2024

**Tabla 10.** Resultados de ensayos de parámetros volumétricos de MAC realizados por el laboratorio de verificación.

Muestra	Vacíos (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo/asfalto (%)	Marshall	
					Estabilidad	Flujo
Límite inferior	3,0	14	65	0,6	800	25
Límite superior	5,0	-	75	1,3	-	35
01-35618-2023	4,6	16,3	71	1,0	1755,0	32,3
01-36106-2023	4,9	15,6	69	1,4	1637,5	34,3
01-36102-2023	4,6	16,3	72	1,3	1965,0	33,3
01-36540-2023	4,9	15,6	69	1,3	1460,0	31,1
01-1964-2024	4,7	15,6	70	1,1	2171,0	28,0
01-2897-2024	4,8	15,8	70	1,2	1867,0	32,5
01-3209-2024	5,0	16,7	70	1,2	1775,0	33,3
01-4108-2024	5,1	15,2	66	1,0	1734,0	34,1
01-4587-2024	4,6	16,3	72	1,0	1788,0	34,3
01-5254-2024	5,2	15,0	65	1,0	2072,0	27,5
01-5255-2024	4,8	15,9	70	1,2	1734,0	32,3

Fuente: LGC, 2023; LGC, 2024



**Tabla 11.** Resultados de granulometría realizados por el laboratorio de verificación.

Muestra	25,4 mm (1")	19 mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	1,18 mm (N°16)	0,6 mm (N°30)	0,3 mm (N°50)
Límite inferior	100	88	80	47	28	16	10	6	3.8
Límite superior	100	98	90	55	35	24	18	14	7.8
01-35618-2023	100	92	80	49	32	20	15	10	5.0
01-36106-2023	100	96	86	52	33	22	15	11	6.5
01-36102-2023	100	90	82	50	31	20	15	11	6.6
01-36540-2023	100	94	83	46	29	20	14	11	6.2
01-1964-2024	100	91	82	53	31	20	14	10	5.0
01-2897-2024	100	94	85	50	31	21	15	11	5.8
01-3209-2024	100	96	85	51	32	24	17	12	6.0
01-4108-2024	100	87	79	46	29	23	17	13	4.4
01-4587-2024	100	90	86	52	29	20	14	11	5.1
01-5254-2024	100	86	77	45	27	19	13	9	4.1
01-5255-2024	100	96	85	51	32	22	15	11	5.6

Fuente: LGC, 2023; LGC, 2024



Figura 36. Representación gráfica granulometría, contenido de asfalto y vacíos.

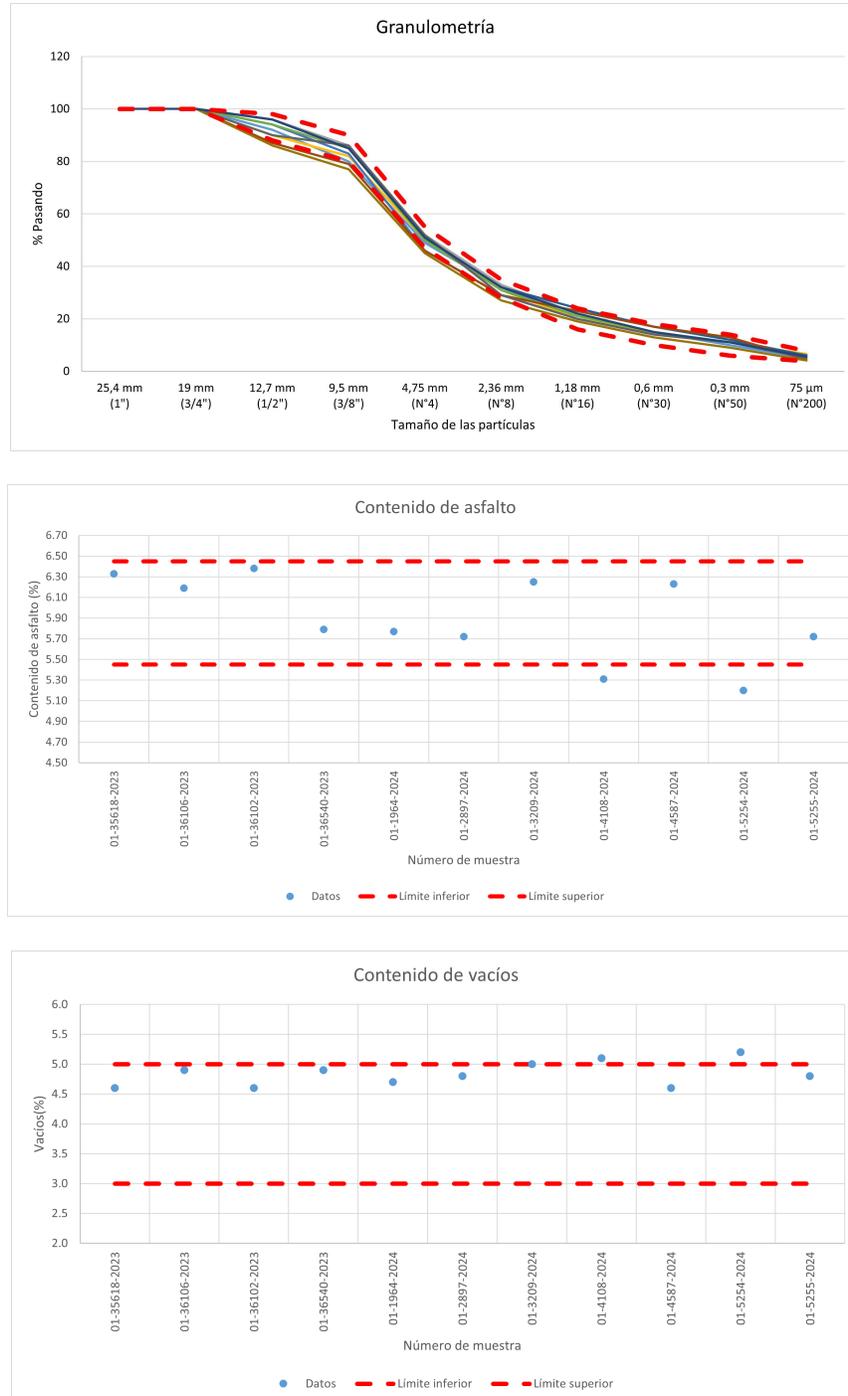




Figura 37. Representación gráfica de resultados de VMA, VFA y P/A.

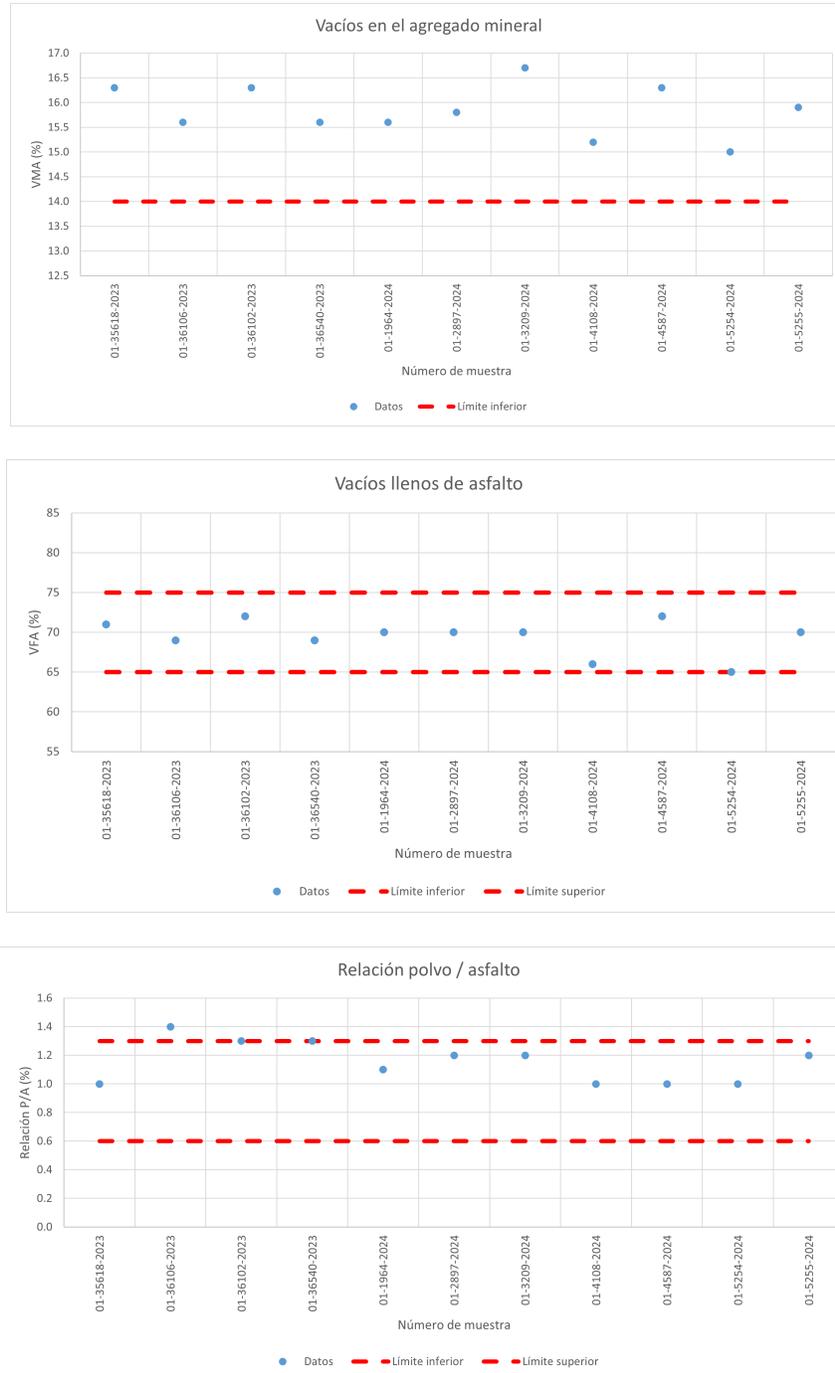
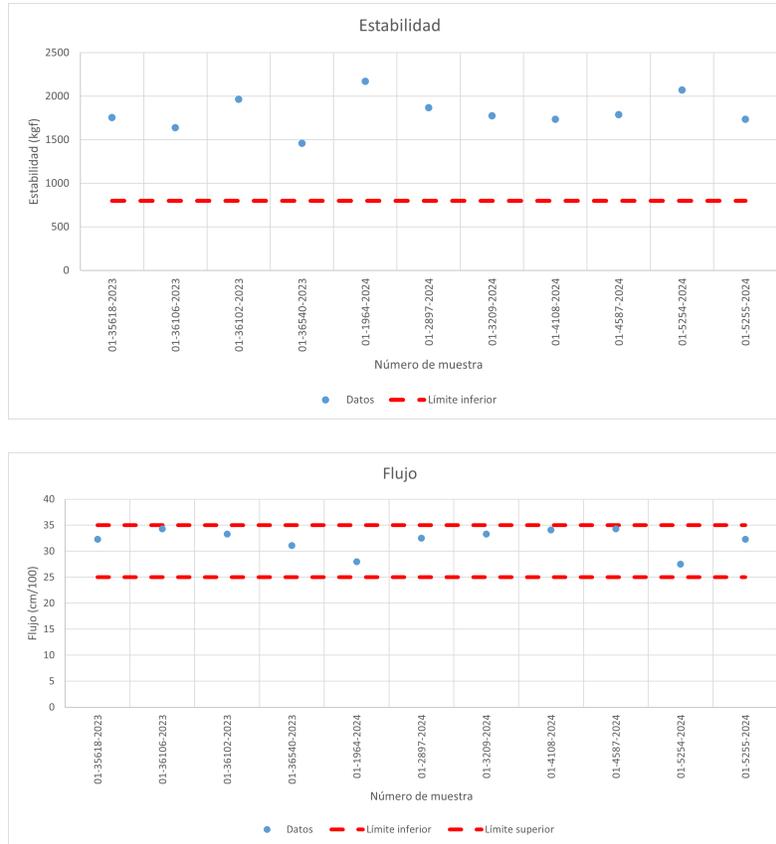




Figura 38. Representación gráfica resultados de estabilidad y flujo Marshall



En función de los resultados obtenidos el equipo auditor analizó la correspondiente aplicación del pago en función de la calidad según la sección 107.05 del CR-2010. Esta sección es aplicable a los incumplimientos de calidad descritos anteriormente, con excepción del parámetro de temperatura que debe ser evaluado con la sección 107.04 del CR-2010 (aceptación o rechazo). No se encontró evidencia de la aplicación de la sección 107.04 ante los registros de temperaturas elevadas, se recomienda su aplicación a futuros proyectos. En lo que respecta a parámetros volumétricos, se detalla en la Tabla 12 el análisis de auditoría para las variables sujetas a factor de pago. Cabe destacar que se realizó la estimación para el mes de enero, ya que el mes de diciembre no cuenta con la cantidad mínima de muestras (5). Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por el laboratorio de verificación en su informe 01-0306-2024. Posteriormente, la orden de modificación siete incorporó nuevas especificaciones para la estimación de factor de pago en mezcla asfáltica, siguiendo lo establecido por el oficio GCTR-44-2024-0341 (0126). Siguiendo esta metodología la Administración indica en la descriptiva de la estimación de pago número 11 un factor de 92,47 %.

**Tabla 12.** Pago en función de la calidad de parámetros volumétricos mes de enero.

Parámetro	PTM	Vacíos	Polvo /asfalto	9,5 mm (3/8")	4,75 mm (N°4)	0,6 mm (N°30)	75 µm (N°200)
Promedio	5,74	4,89	1,10	82,71	49,71	15,00	5,14
Desviación estándar (S)	0,4	0,2	0,1	3,5	3,0	1,5	0,7
Categoría	I	I	I	I	I	I	I
Número total de valores (n)	7	7	7	7	7	7	7
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)	6,5	5,0	1,3	90,0	55,0	18,0	7,8
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)	5,5	3,0	0,6	80,0	47,0	10,0	3,8
Índice de calidad superior (ICS)	1,75	0,52	2,00	2,08	1,73	1,96	3,73
Índice de calidad inferior (ICI)	0,72	8,60	5,00	0,77	0,89	3,27	1,88
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)	6,52%	31,04%	4,62%	4,12%	6,63%	4,85%	0,48%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)	24,78%	0,48%	0,47%	23,36%	20,31%	0,85%	5,40%
Nivel de incumplimiento (NI)	31,30%	31,52%	5,10%	27,49%	26,95%	5,71%	5,89%
Factor de pago	85,0%	85,0%	100,0%	89,5%	90,0%	100,0%	100,0%

Es criterio del equipo auditor que el factor de pago ponderado calculado por la Administración se encuentra acorde a las especificaciones contractuales, motivo por el que se concluye que este fue calculado de forma apropiada. La orden de modificación ocho realizó un reacomodo de cantidades de modo que la estimación de pago número 11 conserva el monto total del contrato (₡1 841 791 275.98), sin embargo, no se especifica en la orden de modificación los ítems específicos en que se utilizó el monto penalizado por factor de pago de MAC.

### **Resultados de ensayos de laboratorio realizados por LanammeUCR**

Se realizó la extracción de cinco muestras de mezcla asfáltica caliente en el proyecto para evaluar la calidad de este material. Como parte del procedimiento de la revisión de parámetros volumétricos es necesario realizar ensayos de gravedad específica a los agregados de la producción. Para realizar los respectivos ensayos se utilizaron las muestras M-0021-2024 polvo de piedra, M-0022-2024 piedra cuarta y M-0023-2024 piedra quintilla. Las muestras fueron recolectadas el 4 de enero de 2024 en el plantel de Grupo Orosi ubicado en la Lima de Cartago. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 13. La gravedad específica seca (Gbs) para los materiales combinados se obtuvo a partir de la fórmula de trabajo establecida por el diseño de mezcla aprobado para el proyecto, informe 79-470-2023. Este documento estableció utilizar un 10 % de piedra cuarta, 35 % de piedra quinta y 55 % de polvo de piedra.

**Tabla 13.** Resultados de Gbs agregados de mezcla asfáltica.

Informe EIC-Lanamme-INF-0183-2024			Informe EIC-Lanamme-INF-0435-2024		
Muestra	Gbs	Gbs Combinado	Muestra	Gbs	Gbs Combinado
M-0021-2024	2,49		M-0021-2024	2,48	
M-0022-2024	2,63	2,531	M-0022-2024	2,61	2,536
M-0023-2024	2,57		M-0023-2024	2,61	

El primer resultado de Gbs combinado para los agregados del proyecto se obtuvo a través del informe EIC-Lanamme-INF-0183-2024. El resultado fue de 2,531, valor inferior al obtenido en el informe del diseño de mezcla 2,61. La diferencia entre valores de gravedad específica genera importantes cambios en los resultados de parámetros volumétricos. Debido a la sensibilidad del cálculo relacionada a este parámetro de diseño, el ensayo se realizó nuevamente, obteniendo los resultados del informe EIC-Lanamme-INF-0435-2024. En la repetición del ensayo se obtuvo un Gbs combinado de 2,536, valor que confirma que los resultados obtenidos en el primer ensayo son representativos del muestreo realizado. La Tabla 14 y la Tabla 15 resumen los resultados de volumetría y desempeño utilizando el Gbs de agregados de LanammeUCR. La Tabla 15 revela incumplimientos en vacíos, VMA, VFA y relación polvo asfalto.

**Tabla 14.** Muestras de MAC LanammeUCR.

Informe	Muestra	Fecha de producción	Asfalto (PTM) (%)	Gbs	GEMT
	Límite inferior		5,50		
	Límite superior		6,50	-	-
EIC-Lanamme-INF-0331-2024	M-2231-2023	4/12/2023	5,63	2,323	2,469
EIC-Lanamme-INF-0332-2024	M-2261-2023	7/12/2023	5,85	2,318	2,466
EIC-Lanamme-INF-0352-2024	M-0019-2024	4/1/2024	6,01	2,320	2,451
EIC-Lanamme-INF-0353-2024	M-0099-2024	5/1/2024	6,09	2,306	2,461
EIC-Lanamme-INF-0354-2024	M-0196-2024	26/1/2024	6,19	2,327	2,452

**Tabla 15.** Resultados de ensayos realizados por LanammeUCR.

Muestra	Vacíos (%)	VMA (%)	VFA (%)	Polvo / asfalto (%)	Marshall			Flexotracción (400 microstrain)	Flexotracción (600 microstrain)
					Estabilidad	Flujo	APA		
Límite inferior	3,0	14	65	0,6	800	25	-	<b>300000</b>	<b>25000</b>
Límite superior	5,0	-	75	1,3	-	35	2,5	-	-
M-2231-2023	5,9	13,4	56	1,9	15531	27	2,07	122095	13088
M-2261-2023	6,0	13,8	57	1,8	15115	26	2,01	155375	14759
M-0019-2024	5,4	13,8	61	1,6	15860	29	1,93	234226	23828
M-0099-2024	6,3	14,4	56	1,6	15461	28	-	-	-
M-0196-2024	5,1	13,8	63	1,4	15565	26	-	-	-

Las diferencias entre los ensayos de LanammeUCR y los ensayos realizados por el laboratorio de verificación se atribuyen a las diferencias del Gbs de los agregados. Se comprueba que los resultados de volumetría tienen una sensibilidad alta ante este parámetro. Se recomienda en futuros proyectos un monitoreo constante del Gbs de los agregados, ya que pueden generar diferencias significativas en los parámetros de calidad.

Adicionalmente, se realizaron ensayos de desempeño a tres de las cinco muestras recolectadas. Los resultados del ensayo APA revelan el cumplimiento con las especificaciones del CR-2010 en la totalidad de las muestras, mientras que los resultados de flexotracción no cumplieron las especificaciones de mezcla tipo C ni mezcla tipo D. Tal y como se puntualizó en el hallazgo 1 del presente informe, la selección de la mezcla tipo B eliminó de las especificaciones del proyecto los ensayos APA y flexotracción. Lo anterior en seguimiento a los criterios de aceptación de MAC del CR-2010 actualización 2017. Ante los incumplimientos presentados en el ensayo de flexotracción, la recomendación de que en futuros proyectos el diseño de mezcla se realice acorde al volumen de tránsito establecido por el diseño de la estructura de pavimento, permitiría la evaluación completa de una mezcla asfáltica que se ajuste a la realidad del proyecto.

Mediante la nota informe GCTR-04-2024-1040 (0240) del 17 de abril de 2024 la Administración indicó que las recomendaciones fueron remitidas para ser consideradas en futuros proyectos.



## 10. CONCLUSIONES

En el siguiente apartado se resumen las conclusiones del presente informe de auditoría técnica. Es importante recalcar el hecho de que, oportunamente a lo largo del proceso de auditoría se ha comunicado a la Administración todas las conclusiones descritas a continuación, mediante oficios o notas-informe.

### Sobre el diseño de materiales y estructura de pavimento

- El tipo de mezcla asfáltica no se encuentra acorde al tráfico esperado, lo anterior de acuerdo con el diseño de la estructura de pavimento. Ante esta evidencia, la Administración emitió la circular GCTR-10-2024-0010-C (0132) con el objetivo de que en futuros proyectos se verifique el cumplimiento de esta especificación.
- El cambio en el tipo de mezcla asfáltica reduce la cantidad de parámetros de desempeño con los que debe cumplir el proyecto, producto de ello no fueron evaluados los ensayos APA y flexotracción.
- El diseño de mezcla asfáltica revela un alto riesgo de incumplimiento en parámetros volumétricos al presentar un rango permisible de PTM menor al recomendado por el CR-2010.

### Sobre la seguridad vial del proyecto

- Se identificaron incumplimientos en la aplicación del plan de manejo de tránsito, ya que, los dispositivos de canalización no cumplen con la normativa vigente ni con los dispositivos aprobados para el proyecto.
- Existen oportunidades de mejora en la protección de zanjas y excavaciones, ya que, se detectó el uso de mallas plásticas. Se requiere el uso de dispositivos de seguridad que funcionen como elementos de contención para proteger a todos los usuarios de la vía.
- Se identificaron incumplimientos con el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito (SIECA, 2014) en lo que respecta a señalización vertical. Ante lo cual la Administración aplicó medidas correctivas y añadió evidencia fotográfica en el oficio de descargo y sus anexos.

### Sobre la gestión de la calidad de los materiales y el proceso constructivo

- No se realizó orden de modificación para el cambio de juntas con empaque de hule por juntas con uniones de mortero.
- Se identifican buenas prácticas de solaqueo interno, así como una inspección apropiada en obra para solicitar las correcciones pertinentes.
- El solaqueo externo se realizó a media circunferencia en algunos tramos del proyecto, lo que representa una oportunidad de mejora.
- La construcción de pozos pluviales evidenció deficiencias que requirieron resane en la superficie, producto de mal vibrado, extracción de “ties” y defectos al colocar la formaleta. Se observaron aberturas adicionales en pozos pluviales posterior a la colocación de concreto, práctica que Supervisión y el equipo auditor solicitaron



corregir en el proyecto. Posterior a las observaciones realizadas, la Administración aplicó medidas correctivas. El equipo auditor no identificó deficiencias en pozos pluviales tras la corrección en el proceso constructivo.

- Los resultados de resistencia a compresión de concreto cumplen con las especificaciones en los planos de obra.
- Se observó alta variabilidad en el asentamiento de las muestras de concreto tomadas en sitio.
- Se identifican incumplimientos con el límite máximo de la resistencia a compresión de la base estabilizada con cemento, tanto en ensayos de LanammeUCR como de los laboratorios de verificación.
- Se evidencia que durante el proyecto existió la necesidad de verificar el espesor de capa en el punto de extracción de núcleos realizado por LanammeUCR.
- El procedimiento de micro agrietamiento presentó oportunidades de mejora, entre ellas la ausencia de mediciones de resistencia para verificar la necesidad de su aplicación, ensayos de verificación de efectividad del método y documentación del proceso.
- Se evidenciaron deficiencias en el proceso de colocación de MAC, así como malas prácticas constructivas, entre ellas se tienen la variación en el espesor respecto al cordón de caño, uso de traba, impermeabilización incompleta, ausencia de confinamiento y el uso de escobones para distribuir el riego de liga.
- Los resultados de laboratorio de verificación evidencian incumplimientos con los parámetros de temperatura, PTM, P/A y granulometría. Los incumplimientos de temperatura no fueron evaluados mediante la sección 107.04 del CR-2010.
- En el proyecto se evidencia la aplicación del pago en función de la calidad según las especificaciones aprobadas.
- Se evidencian diferencias en la muestra de Gbs de los agregados obtenida por LanammeUCR y los utilizados en el diseño de MAC. Este fenómeno provocó que los resultados de los ensayos de parámetros volumétricos de muestras recolectadas durante el proceso de auditoría incumplieran con las especificaciones del proyecto.
- Se evidenció el cumplimiento de las muestras de MAC con el ensayo de desempeño APA.
- Se evidenció incumplimiento de las muestras de MAC en el ensayo de flexotracción.



## 11. RECOMENDACIONES

A continuación, se listan algunas recomendaciones para que sean consideradas por la Gerencia de Construcción de Vías y Puentes de Conavi, con el propósito de que se definan e implementen soluciones integrales en los proyectos que ejecuta esta unidad.

### Sobre la gestión de la calidad de los materiales

- Verificar que el diseño de MAC utiliza un tipo de mezcla acorde al tráfico esperado en el diseño de la estructura de pavimento.
- Solicitar previo a la aprobación del diseño de mezcla, un rango de trabajo de PTM en el que se obtiene el cumplimiento de la totalidad de los parámetros de  $\pm 0,5 \%$  respecto al contenido óptimo, para así disminuir la probabilidad de incumplimientos.

### Sobre la seguridad vial del proyecto

- Solicitar aplicar de forma correcta el plan de manejo de tránsito aprobado, el uso correcto de los dispositivos de contención y señalización vertical, acorde a la normativa pertinente. Se recomienda incluir sanciones ante incumplimientos con el PMT dentro del cartel de licitación.

### Sobre la gestión de la calidad de los materiales y el proceso constructivo

- Exigir el uso de las especificaciones dispuestas en planos constructivos respecto al tipo de junta por utilizar en uniones de tuberías pluviales.
- Aplicar el solaqueo externo a la mayor parte de la circunferencia posible tal y como se observó en diferentes puntos del proyecto.
- Solicitar un control estricto en las prácticas constructivas de pozos pluviales, de forma que aquellos con acabados defectuosos no sean recibidos.
- No realizar aberturas en pozos pluviales para realizar conexiones no contempladas previo a la colocación de concreto. En caso de realizarlo se deben adoptar medidas especiales para la impermeabilización de la unión.
- Establecer en el diseño de mezcla un límite máximo y un límite mínimo del asentamiento de concreto para su aceptación en la obra.
- Mantener un control estricto en el cumplimiento del límite máximo de la resistencia en bases estabilizadas con cemento.
- Verificar espesores de capa de BE-25 con ensayos de verificación en casos donde exista potencial incumplimiento. La medida busca delimitar el área por atender, ya que en otras zonas del proyecto se observó el espesor esperado (25cm).
- No ejecutar técnicas de micro agrietamiento de forma generalizada. Utilizar ensayos de pastillas a compresión a las 48 horas para verificar la necesidad de aplicar medidas correctivas ante altas resistencias en base estabilizada con cemento. Se recomiendan ensayos FWD antes y después de la ejecución del procedimiento para poder evaluar su efectividad, así como la documentación de todo el proceso.



- Se recomienda el adecuado control en obra de las prácticas constructivas de MAC, a través de la inspección se debe rechazar el material colocado utilizando prácticas que afecten la calidad de la obra contratada.
- No permitir la colocación de MAC con temperaturas que puedan haber generado oxidación del asfalto.
- En caso de requerir el uso de traba se recomienda limitar su uso a la huella de los vehículos, para minimizar los efectos negativos que esta práctica provoca.
- Realizar muestreos y monitoreo del Gbs de los agregados del proyecto a lo largo de su ejecución. Ya que este parámetro puede provocar cambios importantes en los ensayos a parámetros volumétricos.
- Ante los incumplimientos con el ensayo de flexotracción se refuerza la recomendación realizada al diseño de MAC, en el que se debe seleccionar el tipo de mezcla acorde al proyecto, para incluir la totalidad de parámetros que corresponde evaluar.

## 12. REFERENCIAS

- Ávila, T. (2012). *Experiencia costarricense en diseño, aseguramiento de la calidad y construcción de bases estabilizadas con cemento*. San Pedro: LanammeUCR.
- Decreto Ejecutivo N° 38799-MOPT. (2015). *Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías*. San José: La Gaceta N° 121.
- LanammeUCR (2020). *Calibración de especificaciones para bases estabilizadas con cemento en Costa Rica*. Unidad de Investigación en Infraestructura del Transporte. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR).
- MOPT. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010*. San José.
- MOPT. (2017). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010*. San José.
- MOPT. (2015). *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos*. Costa Rica.
- SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*. Guatemala.
- TXDOT (2014). *Item 275 Cement Treatment (Road-Mixed)*. Texas Department of Transportation.
- TXDOT (2006). *Microcracking Stabilized Bases during Construction to Minimize Shrinkage*. Texas Department of Transportation.



EQUIPO AUDITOR		
<b>Preparado por:</b> Ing. Luis Paulino Rodríguez Solano Auditor Técnico	<b>Revisado por:</b> Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo Auditor Técnico	<b>Revisado por:</b> Ing. Alejandro Guasch García Auditor técnico
<b>Revisado y aprobado por:</b> Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	<b>Revisión Legal:</b> Lic. Giovanni Sancho Sanz Coordinador de Asesoría Legal, LanammeUCR	<b>Aprobado por:</b> Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D. Director General LanammeUCR



### 13. ANEXOS

**Anexo A.** Análisis de descargo al Informe Preliminar EIC-Lanamme-0317B-2024 y oficio GCTR-04-2024-1420 (0240) con fecha del 24 de mayo de 2024, descargo al Informe Preliminar EIC-Lanamme-0317B-2024.

1. Descargo GCTR-04-2024-1420 (0240):  
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/VTQyUMY8JMsV7eA>
2. Anexo al oficio GCTR-04-2024-1420 (0240):  
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/4BuJV6jWnqMbeIz>
3. Análisis del descargo UAT:  
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/j88Vi2eLwRRliHO>

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

Los resultados de la auditoría positivos no se incluyen en esta valoración ya que no requieren atención inmediata por parte de la Administración ni de las instituciones establecidas en el Artículo 6 de la Ley 8114 y sus reformas. En la Tabla B.3, se muestra la valoración de los resultados de la auditoría de este informe. También se muestra la prioridad de atención sugerida, según la escala de colores mostrada en la Tabla B.2.

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

Hallazgo/observación	Cumplimiento Contractual	Impacto	Urgencia	Promedio
Hallazgo 1: Se identificaron oportunidades de mejora en el diseño de mezcla asfáltica	5,00	3,25	1,25	3,20
Hallazgo 2: Se identifican oportunidades de mejora en lo que respecta a la aplicación del plan de manejo de tránsito en el proyecto.	4,50	3,75	1,75	3,30
Hallazgo 3: Se identificaron oportunidades de mejora en las prácticas constructivas del sistema pluvial	3,50	2,25	1,00	2,30
Hallazgo 5: Se identifican incumplimientos con las especificaciones del proyecto en la construcción de base estabilizada con cemento	2,75	2,00	1,00	1,90
Observación 1: Se identifican deficiencias en el control de la aplicación de medidas correctivas ante altas resistencias en base estabilizada con cemento	1,00	1,00	1,00	1,00
Hallazgo 6: Se identificaron prácticas constructivas inadecuadas en la colocación de mezcla asfáltica	4,00	3,00	1,00	2,70
Hallazgo 7: Se identificaron incumplimientos con las especificaciones de calidad de mezcla asfáltica	4,5	3,25	1,00	2,90