



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

Informe Final EIC-Lanamme-INF-0749-2022

Informe de Auditoría Técnica

Prácticas constructivas y desempeño de trabajos ejecutados del proyecto Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del Fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales Temas: Base estabilizada, obras de protección, obras de drenaje



Preparado por:

Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR

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

San José, Costa Rica

Mayo, 2023





| | |
|---|--|
| 1. Informe Final EIC-Lanamme-INF-0749-2022 | 2. Copia No. 1 |
| 3. Título y subtítulo: Prácticas constructivas y desempeño de trabajos ejecutados del proyecto Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Temas: Base estabilizada, obras de protección, obras de drenaje. | 4. Fecha del Informe Mayo 2023 |
| 5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440 | |
| 6. Notas complementarias N/A | |
| 7. Resumen <p>El Informe de Auditoría Técnica EIC-Lanamme-INF-0749-2022 recopila hallazgos y observaciones sobre la auditoría externa ejecutada en el proyecto Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del Fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales, enfocándose en los temas relacionados con la construcción de bases estabilizadas, obras de protección y elementos de drenajes.</p> <p>En lo que respecta a la construcción de base estabilizada, se evidenciaron incumplimientos relacionados con el plazo del paño de prueba de las obras del conector Barreal Castella, así como del tiempo de construcción e inicios de los procesos de compactación de algunos de los paños de las Obras de ampliación del río Alajuela y Ciruelas. Se identificaron agrietamientos de alta severidad en el conector Barreal-Castella y se advirtió la susceptibilidad al reflejo de grietas en la capa de ruego debido al tipo de intervención ejecutada para mitigar este deterioro.</p> <p>Por último, se realizó un análisis del procedimiento de “micro fisurado” propuesto para el tratamiento de paños de base estabilizada con cemento que presentaron resultados de resistencia a la compresión superiores al límite establecido en el cual se identificaron deficiencias técnicas y de gestión de este procedimiento.</p> <p>En lo referente a las obras de protección, se identificó susceptibilidad a la erosión en algunos de los taludes de los proyectos Conector Barreal Castella, Ampliación Río Segundo, Ampliación del Río Ciruelas, Ampliación de Río Alajuela debido a la falta de efectividad de las medidas de protección empleadas y la ausencia del control de escorrentía superficial en la corona de dichos taludes. También se registró susceptibilidad a la disgregación del agregado en el muro de gaviones del PD Firestone. Además, se identificó que el sobre ancho del pavimento en las obras del Conector Barreal – Castella no garantiza la protección de las capas inferiores de la estructura de pavimento y además presenta un acabado final deficiente en múltiples puntos de su sección</p> <p>Respecto al sistema de drenaje superficial denominado “Slot Drain” se evidenció susceptibilidad a obstruirse con facilidad y falta de mantenimiento del mismo previo a la entrega del proyecto. Finalmente, se constató que en el conector Barreal-Castella el drenaje de ranura fue contemplado como parte de la estructura de pavimento sin que esta condición se considerara en el diseño de dicho elemento.</p> | |





8. Valoración de resultados (En el Anexo A1. se describe el proceso realizado por el Equipo Auditor para desarrollar esta valoración)

| Detalle | Prioridad de atención |
|--|--|
| <p>Hallazgo 1. Se determinó incumplimiento del plazo para la validación del tramo de prueba de la base estabilizada construida en el proyecto de las obras del conector Barreal-Castella lo cual generó repercusiones en la calidad del trabajo ejecutado</p> | <p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja |
| <p>Hallazgo 2. Se evidenciaron agrietamientos de alta severidad en algunos paños de la base estabilizada colocada en el conector Barreal Castella, las reparaciones realizadas por el contratista no garantizan el adecuado desempeño del pavimento</p> | <p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja |
| <p>Hallazgo 3. Se evidenciaron deficiencias técnicas y de gestión en el procedimiento de “micro fisurado” propuesto para el tratamiento de paños de base estabilizada con cemento que presentaron resultados de resistencia a la compresión superiores al límite establecido</p> | <p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja |
| <p>Hallazgo 4. Se evidenciaron prácticas constructivas inadecuadas relacionadas con los tiempos de construcción e inicio del proceso de compactación de algunos paños de base estabilizada en las diferentes OBIS según las buenas prácticas de ingeniería y la normativa nacional</p> | <p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja |





| | | |
|--|--|--|
| <p>Observación 1. Se evidenció susceptibilidad a la erosión en algunos de los taludes de los proyectos Conector Barreal Castella, Obras de Ampliación Río Segundo, Obras de Ampliación del Río Ciruelas, Obra de Ampliación de Río Alajuela debido a la falta de efectividad de las medidas de protección empleada y la ausencia del control de escorrentía superficial en la corona de dichos taludes</p> | <p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja | |
| <p>Observación 2. Se evidenció la susceptibilidad a la disgregación del agregado utilizado como piedra gavión en el muro de gaviones 2 de las Obras del Paso a Desnivel Firestone en el sentido San-Ramón San José producto del intemperismo.</p> | <p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja | |
| <p>Observación 3. Se evidenció que la solución implementada como sobre ancho del pavimento (SAP) en las obras del Conector Barreal – Castella no garantiza la protección de las capas inferiores y además presenta un acabado final deficiente en múltiples puntos de su sección</p> | <p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja | |
| <p>Hallazgo 5. Se evidenció la incorporación de elementos de drenaje (Slot Drain) como parte de la estructura de pavimentos, pese a no ser considerado en el diseño de pavimentos, aumentado la susceptibilidad del elemento a deterioros y a una menor durabilidad</p> | <p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja | |
| <p>Observación 4. Se evidenció que el sistema de drenaje superficial tipo Slot Drain presenta susceptibilidad a obstruirse con facilidad y por ende a un inadecuado desempeño de su capacidad, si no se brinda un mantenimiento continuo en el proyecto</p> | <p>Prioridad de atención</p> <ul style="list-style-type: none"> Muy alta Alta Media Baja | |
| <p>9. Palabras clave Auditoría Técnica, OBIS, Prácticas constructivas, Base estabilizada, Obras de protección, Obras de drenajes</p> | <p>10. Nivel de seguridad: Ninguno</p> | <p>11. Núm. de páginas 99</p> |





INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Prácticas constructivas y desempeño de trabajos ejecutados del proyecto Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Temas: Base estabilizada, obras de protección, obras de drenaje.

Encargado del proyecto:

Fideicomiso Ruta 1 – Unidad Administradora del Proyecto (UAP)

Fiduciario: Banco de Costa Rica

Representante del fiduciario: Unidad Administradora del Proyecto (UAP)

Fideicomitente: MOPT - CONAVI

Representante del fideicomitente: Unidad Ejecutora Corredor San José – San Ramón

Supervisora del proyecto: IDOM CONSULTING ENGINEERING ARCHITECTURE S. A.

Laboratorio de verificación de calidad: Castro & de La Torre S. A.

Empresa contratista (fase construcción): Consorcio OBIS Ruta 1 CPC
CODOCSA S. A.
Quebradores Pedregal S. A.
Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S. A.

Laboratorio de control de calidad: Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S. A.
(CACISA)

Monto original del contrato:

- Diseño y Construcción de las Obras Ampliación Río Alajuela: USD 5 010 000,00
- Diseño y Construcción de las Obras Ampliación Río Ciruelas: USD 4 300 000,00
- Diseño y Construcción de las Obras Ampliación Río Segundo: USD 7 250 000,00
- Diseño y Construcción de las Obras Ampliación PD Firestone: USD 4 350 000,00
- Diseño y Construcción de las Obras Conector Barreal-Castella: USD 2 950 000,00

Plazo original de ejecución: 12 meses (abril 2020-marzo 2021)

Plazo actual de ejecución: 29 meses (abril 2020-agosto 2022 aún sin finalizar)

Proyecto: Diseño y construcción del Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales

Director General LanammeUCR:

Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D.

Asesoría Legal LanammeUCR:

Lic. Giovanni Sancho Sanz

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Audidores:

Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Auditor Técnico Líder.

Ing. Álvaro Cerdas Murillo, Auditor Técnico Adjunto.

Ing. Francisco Fonseca Chaves, Auditor Técnico Adjunto.





ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....11

OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....11

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA12

ALCANCE DEL INFORME12

ANTECEDENTES13

METODOLOGÍA14

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO15

AUDIENCIA PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0749-202216

RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA17

Sobre el proceso constructivo de la base estabilizada18

Hallazgo 1. Se determinó incumplimiento del plazo para la validación del tramo de prueba de la base estabilizada construida en el proyecto de las obras del conector barreal-castella lo cual generó repercusiones en la calidad del trabajo ejecutado..... 18

Hallazgo 2. Se evidenciaron agrietamientos de alta severidad en algunos paños de la base estabilizada colocada en el conector Barreal Castella, las reparaciones realizadas por el contratista no garantizan el adecuado desempeño del pavimento.....20

Hallazgo 3. Se evidenciaron deficiencias técnicas y de gestión en el procedimiento de “micro fisurado” propuesto para el tratamiento de paños de base estabilizada con cemento que presentaron resultados de resistencia a la compresión superiores al límite establecido.....31

Aplicación del procedimiento del microfisurado después de haberse registrado 18 de 26 incumplimientos del límite superior de resistencia de la base estabilizada34

Sobre el procedimiento del microfisurado propuesto por el contratista y el aprobado por la Supervisión y la UAP.....36

Hallazgo 4. Se evidenciaron prácticas constructivas inadecuadas relacionadas con los tiempos de construcción e inicio del proceso de compactación de algunos paños de base estabilizada en las diferentes OBIS según las buenas prácticas de ingeniería y la normativa nacional.....45

Sobre las obras de protección geotécnica49

Observación 1. Se evidenció susceptibilidad a la erosión en algunos de los taludes de los proyectos Conector Barreal Castella, Obras de Ampliación Río Segundo, Obras de Ampliación del Río Ciruelas, Obra de Ampliación de Río Alajuela debido a la falta de efectividad de las medidas de protección empleadas y la ausencia del control de escorrentía superficial en la corona de dichos taludes.....50

Sobre la susceptibilidad a la erosión los taludes debido a la ausencia de obras de protección y de revegetación.....50





| | |
|--|-----------|
| <i>Sobre la ausencia de obras de control de escorrentía en la corona de diferentes taludes en el Lote 1 de las OBIS.....</i> | <i>57</i> |
| Observación 2. <i>Se evidenció la susceptibilidad a la disgregación del agregado utilizado como piedra gavión en el muro de gaviones 2 de las Obras del Paso a Desnivel Firestone en el sentido San-Ramón San José producto del intemperismo.</i> | <i>64</i> |
| Observación No. 3. <i>Se evidenció que la solución implementada como sobre ancho del pavimento (SAP) en las obras del Conector Barreal – Castilla no garantiza la protección de las capas inferiores y además presenta un acabado final deficiente en múltiples puntos de su sección.....</i> | <i>69</i> |
| Sobre las Obras de drenaje..... | 78 |
| Hallazgo 5. <i>Se evidenció la incorporación de elementos de drenaje (Slot Drain) como parte de la estructura de pavimentos, pese a no ser considerado en el diseño de pavimentos, aumentado la susceptibilidad del elemento a deterioros y a una menor durabilidad.....</i> | <i>78</i> |
| Hallazgo 6. <i>Se evidenció que el sistema de drenaje superficial tipo Slot Drain presenta susceptibilidad a obstruirse con facilidad y por ende a un inadecuado desempeño de su capacidad, si no se brinda un mantenimiento continuo, tal y como se evidenció durante la ejecución y la puesta en servicio del lote 1 de las OBIS.....</i> | <i>84</i> |
| CONCLUSIONES..... | 90 |
| <i>Sobre la Base estabilizada.....</i> | <i>90</i> |
| <i>Sobre las obras de protección geotécnica.....</i> | <i>91</i> |
| <i>Sobre las obras de drenaje.....</i> | <i>93</i> |
| RECOMENDACIONES..... | 93 |
| <i>Sobre la Base estabilizada.....</i> | <i>93</i> |
| <i>Sobre las obras de protección geotécnica.....</i> | <i>95</i> |
| <i>Sobre las obras de drenaje.....</i> | <i>96</i> |
| REFERENCIAS..... | 97 |
| ANEXOS..... | 99 |
| <i>A1. Proceso de valoración de los resultados de la auditoría realizada.....</i> | <i>99</i> |
| <i>A2. Análisis del descargo de informe preliminar EIC-Lanamme-INF-1580-2022.....</i> | <i>99</i> |
| <i>A3. Evaluación estructural mediante indicadores de horak Lote1 OBIS.....</i> | <i>99</i> |





ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE CADA OBRA IMPOSTERGABLE DEL LOTE 1..... | 15 |
| FIGURA 2. FOTOGRAFÍA DEL FRENTE DE COLOCACIÓN DE BASE ESTABILIZADA EN LA RAMPA DE SALIDA DEL CONECTOR BARREAL-CASTELLA. FECHA 19 DE OCTUBRE DE 2021..... | 18 |
| FIGURA 3. AGRIETAMIENTOS TRANSVERSALES EN LA BASE ESTABILIZADA DEL CONECTOR BARREAL-CASTELLA. FECHA: 15 DE OCTUBRE DE 2020..... | 21 |
| FIGURA 4. AGRIETAMIENTOS TRANSVERSALES SIN ATENDER EN BASE ESTABILIZADA EN EL CONECTOR BARREAL-CASTELLA. FECHA: 14 DE ENERO DE 2021..... | 22 |
| FIGURA 5. AGRIETAMIENTOS TRANSVERSALES SOBRE LA BASE IMPRIMADA EN EL CONECTOR BARREAL-CASTELLA. FECHA: 14 DE ENERO DE 2021..... | 22 |
| FIGURA 6. AGRIETAMIENTOS TRANSVERSALES EN BASE IMPRIMADA CONECTOR BARREAL-CASTELLA. FECHA: 23 DE ABRIL DE 2021..... | 23 |
| FIGURA 7. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE EL INDICADOR EL D0 CONECTOR BARREAL-CASTELLA Y RAMPA DE SALIDA A RN1..... | 25 |
| FIGURA 8. DESGLOSE DE INCUMPLIMIENTOS DETECTADOS POR LA SUPERVISIÓN EN LA RESISTENCIA DE PASTILLAS DE BASE ESTABILIZADA. FUENTE: IDOM, 2022..... | 35 |
| FIGURA 9. PROCESO DE COMPACTACIÓN ADICIONAL REALIZADO A LAS 10:50 AM. FECHA: 28 DE OCTUBRE DE 2020..... | 45 |
| FIGURA 10. ACABADO DE LA CAPA DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO, CON SEGREGACIÓN. FECHA: 28 DE OCTUBRE DE 2020..... | 46 |
| FIGURA 11 . FORMULARIO Y REGISTRO DE PORCENTAJES DE COMPACTACIÓN OBTENIDOS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD. FECHA: 28 DE OCTUBRE DE 2020..... | 46 |
| FIGURA 12. BASE ESTABILIZADA EXTENDIDA Y HUMEDECIDA. FECHA: 27/01/2021. HORA: 9:53 AM..... | 48 |
| FIGURA 13. EVIDENCIA DE FORMACIÓN DE CÁRCAVAS Y SURCOS EN LOS TALUDES DEL CORREDOR BARREAL-CASTELLA. FECHA 2 DE SETIEMBRE DE 2021..... | 50 |
| FIGURA 14. EVIDENCIA DE MATERIAL DEL TALUD DEPOSITADO EN LAS CUNETAS DEL CONECTOR BARREAL CASTELLA. FECHA 2 DE SETIEMBRE DE 2021..... | 51 |
| FIGURA 15. PROBLEMAS DE INESTABILIDAD LOCAL Y MATERIAL CAÍDO EN ZONAS DEL TALUD DERECHO. FECHA 17 DE FEBRERO DE 2022..... | 51 |
| FIGURA 16. EVIDENCIAS DE SERIOS PROBLEMAS DE EROSIÓN Y ESTABILIDAD EN LAS CARAS DEL TALUD DEL..... | 51 |
| FIGURA 17. VISTA DE OBRAS PARA RESTITUCIÓN DE CÁRCAVAS EN TALUD, SECTOR RÍO SEGUNDO. FUENTE: FIDEICOMISO RUTA UNO, 2022..... | 52 |
| FIGURA 18. CONDICIÓN CARA DEL TALUD DERECHO EN SENTIDO SJ-SR, EVIDENCIA DE SURCOS Y EROSIÓN DEL TALUD POR LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL DEL AGUA. FECHA 17 DE FEBRERO DE 2022..... | 52 |
| FIGURA 19. MEDIDA ADOPTADA DE ESTABILIZACIÓN CON VEGETACIÓN DEL TALUD DERECHO EN LAS CERCANÍAS DE LAS TERMINALES Y ADUANAS SANTAMARIA. FECHA :02 DE SETIEMBRE DE 2021..... | 53 |
| FIGURA 20. CONDICIÓN DEL TALUD DERECHO EN LAS CERCANÍAS DE LAS TERMINALES Y ADUANAS SANTAMARIA. FECHA: 17 DE FEBRERO DE 2022..... | 53 |
| FIGURA 21. CONDICIONES OBSERVADAS EN TALUDES CERCANOS AL RÍO ALAJUELA. FECHA 02 DE SETIEMBRE DE 2021 Y 17 DE SETIEMBRE DE 2022..... | 54 |
| FIGURA 22. PROCESO DE HIDROSIEMBRA EN LOS TALUDES DE LA OBI CASTELLA. FUENTE: CONSULTORÍAS EL GUAYACÁN, 9 DE NOVIEMBRE DEL 2022..... | 56 |
| FIGURA 23. CONDICIÓN DE TALUDES DEL CONECTOR BARREAL CASTELLA. FECHA 01 DE FEBRERO DE 2023..... | 57 |





FIGURA 24. PROBLEMAS DE INESTABILIDAD EN EL TALUD DERECHO (SENTIDO RUTA 1 RUTA 106) DE LA RAMPA DE SALIDA, A NIVEL DE LA RUTA 106. FECHA 2 DE SETIEMBRE DE 2021. 58

FIGURA 25. PROBLEMAS DE INESTABILIDAD LOCAL Y MATERIAL CAÍDO EN ZONAS DEL TALUD DERECHO. FECHA 17 DE FEBRERO DE 2022. 59

FIGURA 26. VISTA DE OBRAS PARA RESTITUCIÓN DE CÁRCAVAS EN TALUD, SECTOR RÍO SEGUNDO. FECHA 17 DE FEBRERO DE 2022. 60

FIGURA 27. MONTÍCULOS DE MATERIAL GRANULAR PARA IMPEDIR EL PASO DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL HACIA LA CARA DEL TALUD DONDE SE ENCUENTRA DISIPADOR. FECHA:23 DE JUNIO DE 2022. 60

FIGURA 28. CONDICIONES OBSERVADAS EN LA CORONA DEL TALUD DERECHO EN LAS CERCANÍAS DE LAS TERMINALES Y ADUANAS SANTAMARIA. FECHA :02 DE SETIEMBRE DE 2021 Y 17 DE FEBRERO DE 2022. 61

FIGURA 29. FALLA LOCAL DEL TALUD EN ZONA DE ADUANAS SANTAMARÍA. FECHA: 17 DE FEBRERO DE 2022. 62

FIGURA 30. PRESENCIA DE PIEDRAS O ROCAS SUSCEPTIBLES AL INTEMPERISMO O METEORIZACIÓN. FECHA 2 DE 65

FIGURA 31. CONDICIÓN DE ROCAS EN EL MURO 2 DE GAVIONES EN PASO A DESNIVEL DE FIRESTONE. FECHA 17 DE FEBRERO DE 2022. 65

FIGURA 32. CONDICIÓN DE ROCAS EN EL MURO 2 DE GAVIONES EN PASO A DESNIVEL DE FIRESTONE. FECHA 29 DE ABRIL DE 2022. 66

FIGURA 33. DETALLE PARA LA ZONA (SAP) ENTRE EL ESPALDÓN Y LA CUNETA EN RAMPA DE SALIDA RN1. FUENTE: PLANOS DEL PROYECTO, JUNIO 2020. 70

FIGURA 34. FRANJA SAP AL COSTADO DE LA CUNETA EN LA RAMPA DE SALIDA RN1. FECHA: 09 DE DICIEMBRE DEL 2020. 70

FIGURA 35. ZONA SAP SIN PRESENCIA DE ALGÚN SISTEMA DE CONTENCIÓN. FUENTE: PLANOS DEL PROYECTO, NOVIEMBRE 2020. 71

FIGURA 36. SEGREGACIÓN MATERIAL GRANULAR IMPRIMADO EN SAP Y DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS. FECHA: 9 DE JULIO DE 2021. 72

FIGURA 37. EVIDENCIA DE TIERRA Y VEGETACIÓN EN SAP. FECHA: 9 DE JULIO DE 2021. 72

FIGURA 38. DIFERENCIAS DE NIVEL ENTRE CARPETA ASFÁLTICA E IRREGULARIDAD EN EL SAP. FECHA: 9 DE JULIO DE 2021. 73

FIGURA 39. EROSIONES PUNTUALES EN ZONAS SAP. FECHA: 20 DE AGOSTO DEL 2021 74

FIGURA 40. PÉRDIDA DE SELLO ASFÁLTICO Y DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL GRANULAR. FECHA: 26 DE AGOSTO DEL 2021 74

FIGURA 41. ACERAS CONSTRUIDAS EN RAMPA DE SALIDA HACIA BARREAL. FECHA: 23 DE JUNIO DEL 2022 75

FIGURA 42. CONDICIÓN DEL CONCRETO DE PROTECCIÓN COLOCADO EN EL SAP. FECHA: 23 DE JUNIO DEL 2022..... 76

FIGURA 43. EROSIÓN DEL MATERIAL GRANULAR QUE COMPONE EL SAP. FECHA: 23 DE JUNIO DEL 2022 .76

FIGURA 44. ACUMULACIÓN DE AGUA POR DIFERENCIAS DE NIVEL. FECHA: 23 DE JUNIO DEL 2022 77

FIGURA 45. FALTA DE CONTINUIDAD EN EL DRENAJE TRANSVERSAL POR DIFERENCIA DE NIVEL. FECHA: 23 DE JUNIO DEL 2022..... 77

FIGURA 46. FALTA DE CONTINUIDAD EN EL DRENAJE TRANSVERSAL POR DIFERENCIA DE NIVEL. FECHA: 23 DE JUNIO DEL 2022..... 77

FIGURA 47. ESTRUCTURA DEL DRENAJE DE RANURA (SLOT DRAIN) DENTRO DEL ANCHO DE CARRIL EN EL SENTIDO DE RUTA 1 A BARREAL DE LA RAMPA DE ENTRADA-SALIDA BARREAL. FECHA: 6 DE AGOSTO DE 2021..... 79





FIGURA 48. ESTRUCTURA DEL DRENAJE DE RANURA (SLOT DRAIN) DENTRO DEL ANCHO DE CARRIL EN EL SENTIDO DE BARREAL A RUTA 1 DE LA RAMPA DE ENTRADA-SALIDA BARREAL. FECHA: 6 DE AGOSTO DE 2021..... 79

FIGURA 49. DETALLE DE SECCIÓN TÍPICA DEL SLOT DRAIN EN CONECTOR BARREAL - CASTELLA. FUENTE: CONSORCIO CPC, 2020..... 80

FIGURA 50. SECCIÓN TÍPICA DE LA RAMPA DE ENTRADA-SALIDA BARREAL. FUENTE: CONSORCIO CPC, 2020..... 80

FIGURA 51. SISTEMA DE DRENAJE MENOR RAMPA DE ENTRADA-SALIDA BARREAL (PLANTA). FUENTE: CONSORCIO CPC, 2020..... 81

FIGURA 52. ESTRUCTURA DEL DRENAJE DE RANURA (SLOT DRAIN) DENTRO DEL CARRIL EN LA RAMPA DE ENTRADA DE BARREAL A RUTA 1, EN EL CONECTOR BARREAL-CASTELLA. FECHA: 17 DE AGOSTO DE 2021..... 81

FIGURA 53. DESPRENDIMIENTOS DE CONCRETO EN LA RAMPA DE SALIDA DE BARREAL. FECHA: 6 DE AGOSTO DE 2021..... 82

FIGURA 54. DESPRENDIMIENTOS DE CONCRETO EVIDENCIADOS EN DIVERSOS SEGMENTOS DEL SLOT DRAIN. FECHA: 23 DE JUNIO DE 2022..... 83

FIGURA 55. OBSTRUCCIÓN EN EL DRENAJE DE RANURA, PREVIA A LA APERTURA DE LA VÍA AL TRÁNSITO. FECHA: 9 DE JUNIO DE 2021..... 85

FIGURA 56. CONSTRUCCIÓN SLOT DRAIN CONECTOR BARREAL-CASTELLA. FECHA: 11 DE NOVIEMBRE DE 2020..... 86

FIGURA 57. CONDICIÓN DE OBSTRUCCIÓN POR SEDIMENTOS Y BASURA Y CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN EN SLOT DRAIN DE LAS OBRAS DE AMPLIACIÓN RIO ALAJUELA. FECHA: 23 DE JUNIO DEL 2022..... 87

FIGURA 58. CONDICIÓN DE OBSTRUCCIÓN POR SEDIMENTOS Y BASURA Y CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN EN SLOT DRAIN DE LAS OBRAS DEL CONECTOR BARREAL – CASTELLA..... 87

FIGURA 59. CONDICIÓN DE OBSTRUCCIÓN POR SEDIMENTOS Y BASURA Y CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN EN SLOT DRAIN OBRAS DEL CONECTOR BARREAL – CASTELLA. FECHA: 23 DE JUNIO DEL 2022. 88

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PERSONAL PRESENTE EN REUNIÓN DE PRESENTACIÓN DE INFORME PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0749-2022 DEL 09 DE ENERO DE 2023. 16

TABLA 2. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PASTILLAS DE BASE ESTABILIZADA LOTE1. FUENTE: CASTRO Y LA TORRE, 2022..... 43

TABLA 3. RESUMEN DE INFORMES DEL PIG ENVIADOS POR LA UAT DEL LOTE 1 DE LAS OBIS 49





INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

Prácticas constructivas y desempeño de trabajos ejecutados del proyecto Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales Temas: Base estabilizada, obras de protección, obras de drenaje.

INTRODUCCIÓN

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

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

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

OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

Para este informe en particular se busca de forma general evaluar procesos constructivos de la estructura de pavimento, puentes, obras de protección geotécnica, obras de drenaje y otras estructuras consideradas dentro del proyecto comprendido en el contrato de **“Diseño y construcción del Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales”** así como lo considerado en el contrato de **“Contratación de la Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales”**, 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 con las mejores prácticas de la ingeniería de carreteras.





OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

- Realizar visitas periódicas al proyecto y verificar si las prácticas constructivas se ajustan y cumplen con la normativa vigente y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Informar oportunamente a la Administración sobre prácticas constructivas que no se ajusten a la normativa vigente y las buenas prácticas de la ingeniería.
- Analizar y evaluar el contenido de los diseños de los diferentes elementos del proyecto y estudios previos.
- Realizar una comparación entre lo observado en los planos aprobados y las obras construidas en el proyecto.
- Valorar el avance del proyecto en función de la programación del proyecto.
- Evaluar la gestión de la Administración en el proceso de ejecución del proyecto según las disposiciones cartelarias y las buenas prácticas de ingeniería.
- Analizar parámetros de desempeño de la estructura de pavimentos construida, tales como la regularidad superficial (IRI), capacidad estructural (FWD) y fricción del pavimento construido (GRIP).

ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio que desarrolla esta Auditoría Técnica, consistió en recopilar todos los hallazgos y observaciones que se evidenciaron durante el periodo de ejecución de la Auditoría, relacionadas con las prácticas y procedimientos constructivos, así como con el desempeño de la estructura de pavimento, puentes, obras de protección geotécnica, obras de drenaje y otras estructuras consideradas dentro del proyecto.

La evaluación de los procesos constructivos se realizó mediante visitas técnicas puntuales y fechas aleatorias y se ejecutó de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto, así como con las mejores prácticas de la ingeniería. El periodo de análisis de este informe de Auditoría contempla los meses comprendidos entre julio del 2020 y agosto del 2022 durante la etapa constructiva del proyecto.

Aunado a lo anterior se destaca que, a lo largo de la ejecución de la Auditoría, el Equipo Auditor ha emitido notas informes en aras de comunicar oportunamente las evidencias, por lo cual, la gestión del proyecto evaluada consideró el proceso de documentación y recopilación de la información y oficios remitidos por parte de la Administración y la Supervisión del proyecto.

Respecto a las prácticas constructivas, los hallazgos y observaciones consideraron todas las evidencias recopiladas por el Equipo Auditor mediante las diferentes visitas de campo. Además de los informes de gira de los expertos técnicos del Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR (PIG) así como la revisión de los planos y documentos del diseño de las distintas obras que componen el 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.





En cuanto al alcance del contenido de este informe, se debe indicar que el mismo se centra en los hallazgos y observaciones recopilados por el Equipo Auditor durante el periodo del estudio relacionados con la construcción de la base estabilizada, obras de protección y obras de drenaje del Lote 1 de las OBIS. Por la complejidad de la Auditoría los resultados de este estudio se presentan mediante tres informes adicionales a éste, que se complementan entre sí, según la siguiente secuencia:

- Informe: EIC-Lanamme-INF-1580-2022 “Prácticas constructivas y desempeño de trabajos ejecutados del proyecto Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales. Tema: Mezcla asfáltica”.
- Informe: EIC-Lanamme-INF-1581-2022 Evaluación de la gestión de calidad de los materiales colocados en el proyecto: Obras Impostergables (OBIS) del Fideicomiso Corredor Vial San José-San Ramón y sus radiales Lote 1. Temas: Base estabilizada, concreto y emulsión asfáltica.
- Informe: EIC-Lanamme-INF-0797-2022 Evaluación de la gestión de calidad de los materiales colocados en el proyecto: Obras Impostergables (OBIS) del Fideicomiso Corredor Vial San José-San Ramón y sus radiales Lote 1. Tema: Mezcla asfáltica

ANTECEDENTES

El proyecto auditado corresponde al “**Diseño y construcción del Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales**”, el cual se encuentra a cargo del Fideicomiso Ruta Uno. Este proyecto forma parte de la Ley No. 9292 en la cual se autoriza al Ministerio de Obras Publicas y Transportes (MOPT) y al Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) para constituir un fideicomiso de interés público con alguna entidad bancaria del Sistema Bancario Nacional con el objetivo de planificar, diseñar, construir, mantener y operar el Corredor Vial San José – San Ramón. Por lo cual, en su papel de fideicomitentes el MOPT y el CONAVI realizan el proceso de designación del Banco de Costa Rica como fiduciario del Contrato de Fideicomiso “Corredor Vial San José-San Ramón y sus radiales”.

En específico, este informe contempla el proceso de auditoría realizado a la gestión y ejecución el Lote 1 del programa de las Obras Impostergables (OBIS), las cuales constituyen una serie de proyectos específicos que preceden la ampliación de la carretera con el objetivo de mejorar la fluidez del tránsito y la funcionalidad del corredor San José-San Ramón.

En representación de los fideicomitentes se estableció a la Unidad Ejecutora Corredor Vial San José-San Ramón mientras que en representación del fiduciario se instituyó a la Unidad Administradora del Proyecto (UAP) como figura encargada del gerenciamiento integral del proyecto y una unidad de Estructuración Financiera.

Se debe indicar en primera instancia que como parte de la fase de planificación del proyecto del Lote 1 de las OBIS, el Programa de Infraestructura de Transporte (PIT) del Ministerio de Obras Públicas y Transporte asignó los recursos para la ejecución y elaboración de los estudios previos y anteproyectos. Para ello se gestionó la contratación SP No. PIT-90-SBCC-CF-2018 denominada “Estudios de factibilidad técnica, ambiental, social, económica y financiera del fideicomiso San José-San Ramón y sus radiales”, la cual fue firmada entre el Ministerio de Obras Públicas y Transporte y la Asociación /IDOM Ingeniería S.A.(México)/IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, SAU(España) en el año 2019.





Posteriormente, en el año 2020, la UAP gestionó la contratación “Diseño y construcción de las OBIS del Lote No1”, para lo cual resultó adjudicado el Consorcio OBIS Ruta 1 CPC, integrado por las empresas CODOCSA S. A., Quebradores Pedregal S. A., y Compañía Asesora de Construcción e Ingeniería S. A.

Por último, mediante el contrato de “**Contratación de la Supervisión del diseño y construcción de las obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales**” se estableció a la empresa IDOM como firma consultora encargada de los servicios de supervisión del proyecto.

METODOLOGÍA

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

El inicio de la ejecución de la auditoría se comunicó a la Unidad Ejecutora por medio del oficio LM-IC-D-0465-2020 del 7 de julio del 2020, donde se convocó a las partes involucradas a una reunión el 13 de julio del 2020, la cual se pudo realizar hasta el día 04 de agosto del 2020, por cuestión de agenda entre las partes, 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 fueron desarrolladas por el Equipo Auditor consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo, revisar los documentos contractuales y de diseño del proyecto, programar muestreos a los materiales y analizar los resultados de los ensayos desarrollados a lo largo de la ejecución del proyecto para la verificación de la calidad de los materiales y de las prácticas constructivas.

En relación con los criterios utilizados en la ejecución del estudio, corresponden con la normativa técnica especificada en el listado de documentos contractuales que puede ser consultado mediante el siguiente enlace:

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

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 que se retoman en este informe y cuyo fin fue evidenciar situaciones relevantes identificadas por el Equipo Auditor durante la etapa de ejecución de la auditoría e informarlos oportunamente a la UAP previo a la emisión de este informe.

El resumen de oficios y notas informe enviados a la UAP durante el proceso de auditoría puede ser consultado en el siguiente enlace:

- <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/XrhNxTclhga85ts>

Como puede corroborarse, los oficios y notas informe emitidas, se brindó un periodo hábil para que la Administración, en caso de ser requerido, se refiriera al contenido de la nota. Una vez analizadas las respuestas de la Administración, se procedió a la confección de este informe.





DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

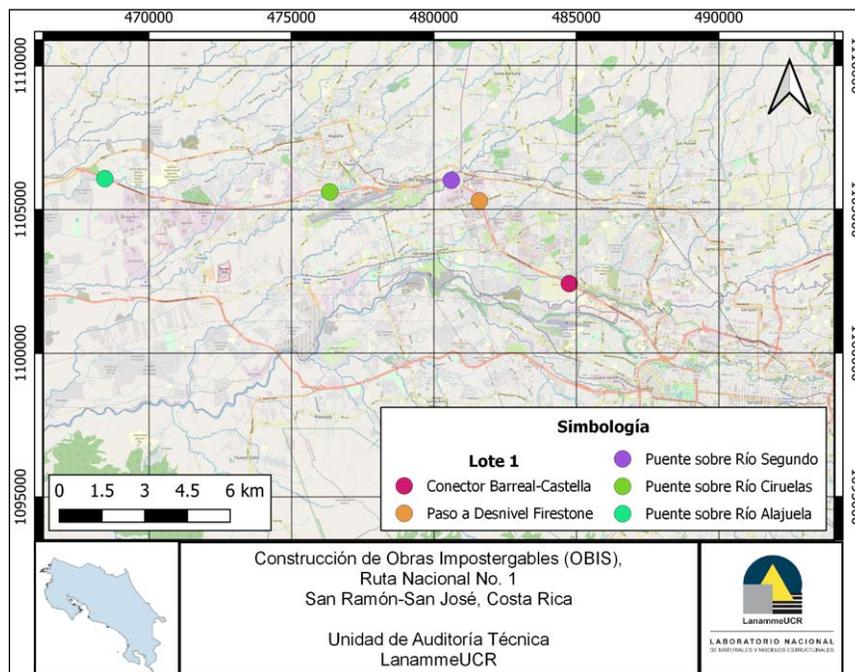
El proyecto “**Diseño y construcción del Lote 1 de las Obras impostergables (OBIS) del fideicomiso Corredor Vial San José – San Ramón y sus radiales**”, forma parte del programa de Obras Impostergables del Fideicomiso Ruta Uno, como una serie de proyectos ejecutados previo a la ampliación del Corredor Vial San José-San Ramón comprendida en la Ley No. 9292 que faculta al MOPT-CONAVI para el establecimiento de un fideicomiso con el Banco de Costa Rica.

El objetivo primordial del programa de OBIS es mejorar la fluidez del tránsito y la funcionalidad del Corredor San José-San Ramón y sus áreas de influencia, en especial mediante la intervención y desarrollo de infraestructura de aquellos puntos críticos a lo largo de la vía. El lote 1 de este programa se localiza en las provincias de San José, Alajuela y Heredia, se puede observar la ubicación de cada obra en la Figura 1. Las obras desarrolladas en el Lote 1 del proyecto corresponden a las siguientes:

- Conector Barreal-Castella
- Paso a desnivel Firestone
- Ampliación del Puente sobre el Río Segundo
- Ampliación del Puente sobre el Río Ciruelas
- Ampliación del Puente sobre el Río Alajuela

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

Figura 1. Localización de cada obra impostergable del Lote 1





AUDIENCIA PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0749-2022

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del LanammeUCR, este informe EIC-Lanamme-INF-0749-2022 en versión preliminar fue remitido y recibido por la Unidad Ejecutora San José-San Ramón(UESR) y a la Unidad Administradora del Proyecto (UAP) del Fideicomiso Ruta Uno del Banco de Costa Rica el día 15 de diciembre de 2022 mediante oficio EIC-Lanamme-1104-2022, para que fuese analizado y donde se indicó que la presentación oral del informe se realizaría el día 09 de enero de 2023 de forma virtual. A partir de la fecha de envío del informe preliminar, y según consta en el documento EIC-Lanamme-1104-2022, se le otorgó un plazo de 20 días hábiles(considerando el periodo de vacaciones del Consejo Nacional de Vialidad) a los auditados para que se refirieran al informe preliminar de forma escrita, estableciéndose como plazo máximo el día 27 de enero de 2023.

La presentación del informe preliminar se realizó el día 09 de enero de 2023 de manera virtual, y fue dirigida a la parte auditada con el fin de que se conocieran con mayor claridad y se expusieran los puntos que se requirieran ampliar según el contenido del informe. En dicha presentación participó personal del CONAVI, MOPT, UAP, la Supervisora IDOM y del LanammeUCR. En la Tabla 1 se presenta la lista de asistencia a la reunión del 09 de enero de 2023.

Tabla 1. Personal presente en reunión de presentación de informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0749-2022 del 09 de enero de 2023.

| Asistente | Nombre | Institución |
|-----------|--------------------------|-------------|
| 1 | Eduardo Solera Moreno | UAP-FSJSR |
| 2 | Hadda Muñoz Sibaja | UAP-FSJSR |
| 3 | José María Barrantes | UAP-FSJSR |
| 4 | Adrián Barrantes | UAP-FSJSR |
| 5 | Alejandro Araya | UAP-FSJSR |
| 6 | Guillermo Font Torres | IDOM |
| 7 | Germán Retana | IDOM |
| 8 | Eugenio Araya Mora | IDOM |
| 9 | Rodrigo Ulloa | IDOM |
| 10 | José Miguel Fernández | IDOM |
| 11 | Efraím Zeledón | UESR |
| 12 | Andrés Henao Fernández | UERS |
| 13 | Galia Cristina González | UERS |
| 14 | Juan José Madriz | UERS |
| 15 | Jorge Martínez Mesén | UERS |
| 16 | José David Rodríguez | MOPT |
| 17 | Wendy Sequeira Rojas | LanammeUCR |
| 18 | Sergio Guerrero Aguilera | LanammeUCR |
| 19 | Álvaro Cerdas Murillo | LanammeUCR |
| 20 | Francisco Fonseca Chaves | LanammeUCR |
| 21 | Luis Diego Herra Gómez | LanammeUCR |
| 22 | Victor Cervantes Calvo | LanammeUCR |





El día 19 de enero de 2023, se recibió el oficio UAP-FSJSR-2023-01-52 emitido por la UAP, solicitando una ampliación del plazo de entrega del descargo al informe para el día 17 de febrero de 2023, lo cual representaba un aumento en el plazo de 15 días hábiles adicionales a los 20 ya asignados. El Equipo Auditor brindó respuesta a dicha petitoria el mismo 19 de enero de 2023, indicando que se concedía un plazo adicional de 5 días, estableciéndose la fecha límite de aceptación del descargo para el día 03 de febrero de 2023. La UAP el día 02 de febrero de 2023 mediante el oficio UAP-FSJSR-2023-02-76 realiza una nueva solicitud de ampliación de plazo solicitando 5 días hábiles adicionales, justificando que las fechas de las presentaciones del informe se realizaron posterior a la fecha de la recepción del informe y que parte del contenido de la presentación no se encontraba en los informes. El Equipo Auditor brindó respuesta a la solicitud el día 03 de febrero de 2023, exponiendo que los criterios para solicitar la ampliación de plazo presentadas por la UAP son imprecisas y no son de recibo, sin embargo, se otorgaron cinco días hábiles adicionales, siendo así la fecha límite para la entrega del descargo el día 10 de febrero de 2023.

El día 07 de febrero se recibe el descargo emitido por la UESR mediante el oficio UESR-07-2023-078 (522). Posteriormente el día 10 de febrero de 2023 se recibe el oficio del descargo del informe por parte de la UAP denotado como UAP-FSJSR-2023-02-102.

Ambos documentos fueron analizados como parte de la evidencia del descargo del informe y su análisis se incorpora dentro del cuerpo del presente informe.

RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Los hallazgos y observaciones declarados por el Equipo Auditor en este informe de auditoría se fundamentan en evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría, el propio testimonio del auditado, el estudio de los resultados de los ensayos realizados a 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. Éstas, tienen la misma relevancia técnica que un hallazgo.

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





SOBRE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA BASE ESTABILIZADA

HALLAZGO 1. SE DETERMINÓ INCUMPLIMIENTO DEL PLAZO PARA LA VALIDACIÓN DEL TRAMO DE PRUEBA DE LA BASE ESTABILIZADA CONSTRUIDA EN EL PROYECTO DE LAS OBRAS DEL CONECTOR BARREAL-CASTELLA LO CUAL GENERÓ REPERCUSIONES EN LA CALIDAD DEL TRABAJO EJECUTADO

En la visita realizada el 19 de agosto de 2020 a la obra impostergable denominada Conector Barreal-Castella, se observó un frente activo de colocación de base estabilizada (ver Figura 2). Durante la visita se consultó al inspector en sitio sobre los resultados del paño de prueba de la base estabilizada, ante lo cual, éste mencionó que aún no se tenían resultados de resistencia a la compresión inconfiada de las pastillas. Pese a lo anterior, el día de la visita se colocaron más de 300 metros de base estabilizada y, el día 20 de agosto de 2020, se continuó con el proceso de colocación, sin contar aún con los resultados supra citados.

Figura 2. Fotografía del frente de colocación de base estabilizada en la rampa de salida del Conector Barreal-Castella. Fecha 19 de octubre de 2021.



A partir de la condición anterior el Equipo Auditor realizó la consulta sobre la realización del paño de prueba a la Unidad Administradora del Proyecto del Banco de Costa Rica mediante el oficio LM-IC-D-0728-2020 del 28 de agosto de 2020.

La UAP indicó en el oficio UAP-FSJSR-2019-09-1260 del 23 de setiembre de 2020 que el paño de prueba de base estabilizada se había realizado el día 18 de agosto del 2020, con una longitud de 130 m, en la rampa de acceso hacia la Ruta Nacional No. 1.

Por otra parte, la Supervisión en el informe P101302-IDM-HRW-9180TRP-RPT-C-000072-p01.01-S3-Inf Resp Lanamme del mes de setiembre de 2020 señala que el paño de prueba de 150 m se realizó día de 18 de agosto de 2020 efectivamente y tal cual lo indica el LANAMMEUCR, se continuó con la colocación de material sin tener los resultados de resistencia de las pastillas moldeadas para el paño de prueba, esta decisión fue tomada exclusivamente por el contratista CPC bajo su propia responsabilidad.

Respecto a la realización del paño de prueba se debe indicar que, según lo dispuesto la sección 03 ESPECIFICACIONES INFORME 01 – NORMAS DE DISEÑO Y ESPECIFICACIONES





TÉCNICAS del anteproyecto de marzo de 2019, así como en los términos del contrato del proyecto, el proceso constructivo y diseño de bases estabilizadas seguirán lo especificado en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010. En su edición vigente., la actualización de la sección 302 Base estabilizada con cemento del CR-2010, según el decreto ejecutivo N° 40333-MOPT del 9 mayo de 2017, establece en su apartado 302.05 Mezclado y colocado que:

“Antes de iniciar el proceso de mezclado, colocación y compactación de la base estabilizada en el proyecto, el Contratista deberá realizar un tramo de prueba.

El tramo de prueba adicionalmente tendrá el objetivo de verificar que el proceso utilizado para la homogeneización del material y el número de pasadas del equipo de compactación, obtenga la densidad especificada para la capa de base estabilizada. Si no se obtiene la densidad requerida o existen problemas de homogeneización el Contratista debe corregir su proceso constructivo y realizar un nuevo tramo de prueba.

302.05.01 Tramo de prueba

Antes de iniciar las labores para la construcción del tramo de prueba, se deberá verificar que el material que se coloque haya sido previamente aprobado por la Administración con base en las especificaciones establecidas...

...El tramo de prueba deberá tener una longitud mínima de 100 m, al ancho total del carril de diseño. La ubicación del tramo de prueba estará sujeta a la aprobación de la Administración” (resaltado no es parte del original)

Según lo anterior, es un deber del contratista realizar un tramo de prueba previo al inicio de las labores del proceso constructivo de la base estabilizada, esto con el fin de garantizar que la fórmula de trabajo es la indicada para la correcta homogeneización, densificación y resistencia del material. Una vez conocidos los resultados de resistencia y densificación se determina si es posible con el proceso constructivo o si es necesario modificar la fórmula de trabajo hasta satisfacer los requerimientos del material especificado. Además, hay que destacar que el paño de prueba debe ser aprobado por la Supervisión o Ingeniería de proyecto. A partir de lo anterior, se evidencia que el contratista no cumplió con el requisito establecido en la sección 302.05.01 Tramo de prueba, en el tanto de que empezó a construir la capa de base estabilizada del proyecto sin tener en consideración los resultados del paño de prueba, lo cual como se explicará más adelante en otro de los hallazgos, esta decisión repercutió en el cumplimiento de los parámetros de calidad del material.

Por otra parte, no es de recibo que si bien la Supervisión y la UAP señalan que la decisión fue tomada exclusivamente por el contratista CPC bajo su propia responsabilidad, en la especificación vulnerada, señala que la Administración es la encargada de aprobar el paño de prueba del proyecto, por lo cual es criterio del Equipo Auditor, basado en lo establecido en las prescripciones técnicas, que tanto la UAP como la Supervisión debieron validar los resultados de calidad del paño prueba ya sea para solicitar el ajuste del diseño del material o para dar el aval de continuar con el proceso constructivo, aspecto que evidencia incumplimiento del gestionar de ambas partes.



Finalmente, cabe mencionar que la recomendación de la realización del tramo de prueba y respeto del plazo para verificación de los resultados de calidad, sí fue adoptada por la Supervisión del proyecto en las restantes OBIS del Lote1.

HALLAZGO 2. SE EVIDENCIARON AGRIETAMIENTOS DE ALTA SEVERIDAD EN ALGUNOS PAÑOS DE LA BASE ESTABILIZADA COLOCADA EN EL CONECTOR BARREAL CASTELLA, LAS REPARACIONES REALIZADAS POR EL CONTRATISTA NO GARANTIZAN EL ADECUADO DESEMPEÑO DEL PAVIMENTO

Tomando como antecedente la documentación y hechos evidenciados del hallazgo anterior, se debe señalar que el Equipo Auditor dio monitoreo al desempeño de la base estabilizada construida en el conector Barreal-Castella, a partir del cual se lograron determinar agrietamientos de alta severidad en algunos de los paños construidos por la empresa Contratista. Se detalla a continuación las principales evidencias sobre las cuales se sustenta el presente hallazgo.

En el oficio LM-IC-D-0846-2020, se informó sobre la realización del análisis del resultado del paño de prueba realizado por la Supervisión, en el que se obtuvo un valor promedio de 99 kg/cm², siendo el límite superior 55 kg/cm², ante lo cual en este oficio se alerta a la UAP del potencial riesgo de agrietamiento prematuro en la capa de base estabilizada del Conector Barreal-Castella debido a la alta tasa de dosificación de cemento utilizada en el proceso constructivo. De forma consistente con los resultados del paño de prueba, el muestreo en sitio realizado por el LanammeUCR el 20 de agosto de 2020 arrojó una resistencia promedio de 63,1 kg/cm², también superior al límite máximo permitido. Este resultado se envió mediante el oficio LM-IC-0867-20 del 02 de octubre de 2020.

Semanas después de haberse finalizado el proceso constructivo de la base estabilizada se empezaron a presentar agrietamientos prematuros en la capa de base estabilizada, tal como lo había alertado el Equipo Auditor previamente.

En el oficio LM-IC-D-0930-2020 del 23 de octubre de 2020, el Equipo Auditor realizó un levantamiento de los deterioros de la capa en los paños que no se encontraban cubiertos por material de secado. En dicha inspección, se identificaron 12 agrietamientos transversales y 5 agrietamientos longitudinales (Figura 3). Algunos de los agrietamientos identificados habían sido ruteados y se les había colocado sello de imprimación, mientras que otros agrietamientos no habían sido atendidos del todo. Además, en ese oficio se alertó a la UAP sobre la necesidad de realizar un barrido de la superficie donde no se había retirado el material de secado, ni se había imprimado, ya que existía la posibilidad de que se presentaran más deterioros o bien que no se hubiera cuantificado la totalidad de la longitud de las grietas ya identificadas. Esta recomendación no fue considerada por la UAP ni la Supervisión hasta el día en que se ejecutó la colocación de mezcla asfáltica del proyecto.





Figura 3. Agrietamientos transversales en la base estabilizada del Conector Barreal-Castella. Fecha: 15 de octubre de 2020.



La UAP brindó respuesta a las observaciones realizadas por el Equipo Auditor en el oficio LM-IC-D-0930-2020 mediante el oficio UAP-FSJSR-2020-11-1570 del 26 de noviembre de 2020, donde señala que todas las grietas identificadas no excedían los 3 mm y que en su mayoría se debían a juntas constructivas, por lo que se decidió hacer un ruteo en las que, en común acuerdo con la Supervisión, consideraron pertinentes. Además, se señaló que las grietas fueron selladas con la imprimación y posteriormente terminarían de ser selladas con la mezcla asfáltica. Sobre este último aspecto, el Equipo Auditor difiere del criterio emitido por la Supervisión y la UAP, ya que ni el riego de imprimación, ni colocar mezcla asfáltica encima evitarían el reflejo del agrietamiento en la superficie.

Además, se considera importante resaltar que en el oficio UAP-FSJSR-2020-11-1570 se indica que la cantidad de muestras del ensayo de resistencia a la compresión realizadas por la Supervisión no fueron suficientes para realizar el análisis estadístico, por lo que se decidió extraer núcleos del material para fallarlos. Los resultados de estos ensayos validan que la base estabilizada construida en el proyecto presentaba resultados de resistencia a la compresión de las pastillas superiores a lo solicitado en la especificación.

El 20 de enero de 2021 mediante el oficio LM-IC-D-0040-2021, se volvió a realizar la alerta a la UAP de agrietamientos transversales que no habían sido atendidos (ver Figura 4) y que se encontraban cercanos a la sección que aún contaba con material de secado. En ese oficio, se volvió a realizar la recomendación de que se hiciera el barrido de este material previo al asfaltado para la identificación y atención de esos deterioros. Así mismo en este oficio se evidenció como las grietas que fueron “selladas” con la imprimación de emulsión asfáltica se volvieron a propagar a la superficie, tal como se muestra en la Figura 5, por lo que se reitera el criterio del Equipo Auditor que la solución adoptada para atender estos agrietamientos no fue suficiente y existe el riesgo de que se reflejen a la superficie en el corto plazo durante la puesta en operación del proyecto.



Figura 4. Agrietamientos transversales sin atender en base estabilizada en el Conector Barreal-Castella. Fecha: 14 de enero de 2021.



Figura 5. Agrietamientos transversales sobre la base imprimada en el Conector Barreal-Castella. Fecha: 14 de enero de 2021.



La UAP brindó respuesta al oficio LM-IC-D-0040-2021 mediante la nota UAP-FSJSR-2021-03-252 del 23 de marzo de 2021, donde se señaló que se estaba al tanto de la situación presentada, que se realizaría una inspección de la base estabilizada previo al asfaltado y que no se permitiría la colocación de mezcla asfáltica sin antes realizar el tratamiento respectivo. Además, la UAP emitió el criterio de que los rellenos de fisuras lograrán evitar la infiltración de aguas y la migración de finos y que desde el punto de vista estructural no presentará inconveniente.



Este criterio no fue compartido por el Equipo Auditor ya que, como se indicó anteriormente, ni el sello de imprimación, ni el espesor de la mezcla asfáltica colocada encima evitarían o retardarían la propagación de la grieta.

El día 23 de abril de 2021 se inició con el proceso de colocación de mezcla asfáltica del Conector Barreal-Castella. El Equipo Auditor visitó el proyecto ese día, previo al inicio del asfaltado, e identificó agrietamientos interconectados en la base estabilizada con una severidad importante (ver Figura 6), específicamente en la sección donde se le había recomendado a la UAP y a la Supervisión realizar un barrido e inspección previo a la pavimentación (carril interno zona de peajes, estacionamientos 0+200 al 0+400). Cabe mencionar que ninguno de los agrietamientos en esta sección había sido atendido previamente tal y como indicó la UAP que se haría, según el oficio UAP-FSJSR-2021-03-252, sino que más bien fue el Equipo Auditor quien alertó al ingeniero del proyecto sobre la condición identificada en sitio. Razón por la cual, se recopilaron todas las observaciones de la visita en el oficio LM-EIC-D-0360-2021 del 30 de abril de 2021, donde adicionalmente se externó el criterio del Equipo Auditor, de que los agrietamientos identificados no correspondían a juntas constructivas como lo había indicado la UAP y la Supervisión en el oficio UAP-FSJSR-2020-11-1570, sino más bien como consecuencia de las altas resistencias a la compresión evidenciadas previamente en los ensayos de calidad de este material.

Figura 6. Agrietamientos transversales en base imprimada Conector Barreal-Castella. Fecha: 23 de abril de 2021.



La UAP brindó respuesta mediante el oficio UAP-FSJSR-2021-06-666 del 28 de junio de 2021, señalando que sí se realizó el barrido e inspección del tramo previo al asfaltado e indicando que se verificó que todas las fisuras, incluyendo las ubicadas cercanas a la futura zona de peaje, fueron barridas y selladas con material bituminoso en forma manual previo a la colocación de la carpeta asfáltica, lo que disminuirá la posibilidad de que estas grietas se reflejen a la capa de rodamiento.



Sobre los señalamientos realizados en dicho oficio, se aclara que la atención de los agrietamientos en la sección comprendida entre los estacionamientos 0+200 al 0+400 del proyecto se realizó posterior a la advertencia en sitio por parte del Equipo Auditor al ingeniero de proyecto de Supervisión. Por otra parte, una vez más se difiere del criterio emitido de la UAP sobre la aplicación del riego de imprimación mediante una emulsión asfáltica CRS-1 como una alternativa que disminuirá el reflejo de grietas a la superficie.

Adicionalmente, el Equipo Auditor realizó el análisis de los resultados de ensayos de calidad realizados por la Supervisión a la base estabilizada del Conector Barreal-Castella. Los resultados de ensayo permitieron determinar que 3 de 5 muestras presentaron resistencias a la compresión de pastillas de base estabilizada por encima del límite superior especificado (informes 2020-08-6737, 2020-08-6827 y 2020-09-6967) y 1 muestra por debajo del valor límite de resistencia (informe 2020-08-6914) correspondiente a una bahía de bus.

Dentro de las muestras que sobrepasaron el límite superior de resistencias se obtuvieron valores de hasta 118 kg/cm², esta condición evidencia que no existió un control apropiado del contenido de cemento empleado en el proceso constructivo, o bien que el diseño del material no era el adecuado para la resistencia requerida en el proyecto. Cabe mencionar que, pese a que se determinó el incumplimiento en 4 de 5 ensayos, no se evidenció la aplicación de un pago reducido de la actividad o el rechazo de los paños construidos, aspecto que fue abordado con detalle en el informe EIC-Lanamme- INF-1581-2022 del mes de mayo de 2023.

En relación con este tema a nivel nacional, investigaciones y diversos informes de auditoría del LanammeUCR, han señalado y evidenciado el potencial riesgo de la aparición de agrietamientos por contracción en bases estabilizadas debido a la obtención de resistencias a la compresión por encima del límite superior especificado en la normativa nacional tanto en proyectos de obra nueva como de conservación vial.

De acuerdo con Arce (2011), en función de la resistencia a compresión a 7 días de pastillas de base estabilizada se puede estimar cualitativamente el tipo de agrietamiento al cuál es susceptible el material. Además, señala que a partir de rangos de resistencia superiores a los 55 kg/cm² se pueden presentar agrietamientos de severidad alta en la capa de base estabilizada, los cuales pueden repercutir en la vida útil del pavimento. En la misma línea a nivel internacional la Asociación de Pavimentos de Concreto (PCA, 2006) de Estados Unidos, señala que existe la necesidad de establecer una restricción o límite superior de la resistencia con el fin de minimizar el agrietamiento por contracción.

Adicionalmente, diferentes referencias internacionales ^{1 2} señalan que las resistencias elevadas en la base estabilizada pueden provocar grietas que se reflejen a través de la superficie del pavimento, al generarse puntos de concentración de esfuerzos entre ambas capas, generando que el patrón de grieta de la base se propague hasta la capa de ruedo. Esto corrobora que los resultados de ensayos y bibliografía revisada respaldan la posible consecuencia de los agrietamientos evidenciados en el Conector Barreal Castella.

¹Premature Cracking from Cement-Treated Base and Treatment to Mitigate Its Effect, Hao Chen, et al.,2011

² Guide to Cement-Treated Base (CTB), Halsted et al, 2006.

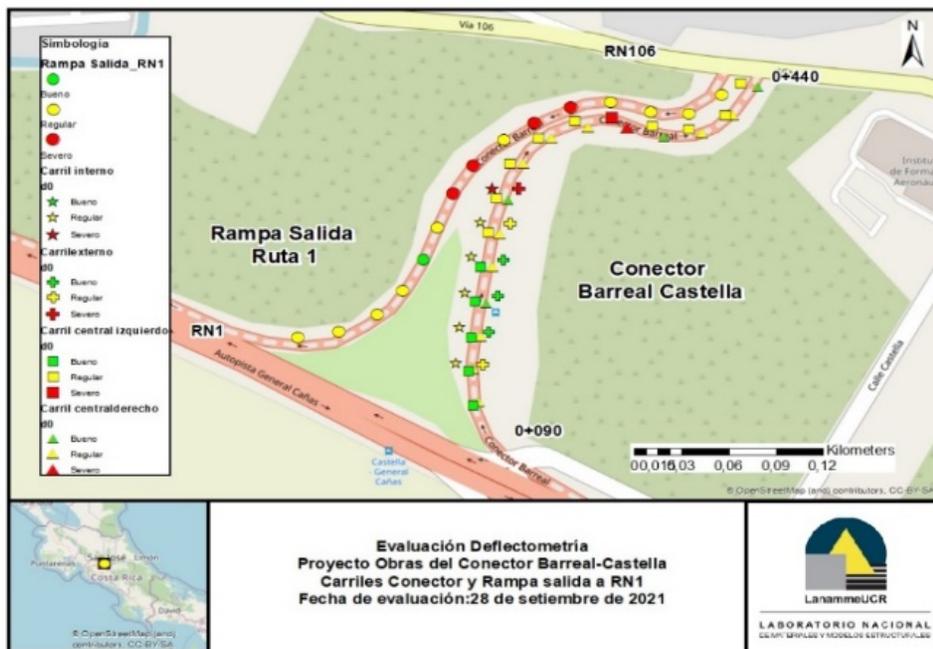




Por otra parte, con el fin de profundizar sobre la condición estructural del pavimento construido a partir de los deterioros evidenciados, el Equipo Auditor realizó pruebas de deflectometría en el pavimento construido en el Conector. La evaluación realizada permitió identificar secciones donde se presentaron altas deflexiones para un pavimento de obra nueva, dichas secciones **se encuentran cercanas** a algunos de los tramos donde el Equipo Auditor había identificado agrietamientos. Los resultados de la evaluación fueron notificados a la UAP mediante el oficio EIC-Lanamme-920-2021 del 20 de octubre de 2021.

En la Figura 7 se muestra la condición estructural determinada para cada uno de los estacionamientos evaluados a partir de las deflexiones medidas en el geófono central del equipo, donde se identifican al menos 8 puntos con deflexiones mayores a 400 µm en la rampa de salida hacia RN No. 1 y los carriles externos e internos del Conector. Es criterio del Equipo Auditor que el grado de severidad de los agrietamientos evidenciados previamente pudieron incidir en los resultados de las deflexiones evidenciadas.

Figura 7. Evaluación estructural mediante el indicador el D0 Conector Barreal-Castella y rampa de Salida a RN1.



Aparte del diagnóstico con los resultados de la deflexión central dónde se identificaron al menos 8 puntos con deflexiones mayores a 400 µm en el Conector Barreal Castella, en el oficio EIC-Lanamme-920-202 se realizó un análisis complementario de las deflexiones medidas por el LanammeUCR según los indicadores d_0 , R_0C , BLI, MLI y LLI y la clasificación de condición estructural definida por Horak en 2008 y que fueron verificados en la pista de ensayos acelerados del LanammeUCR (Camacho, 2018). Los resultados del análisis pueden ser consultados en la sección Anexos de este informe (Tabla A.3.1., Tabla A.3.2., Tabla A.3.3., Tabla A.3.4., Tabla A.3.5.).





En relación con la condición estructural de la base estabilizada del Conector Barreal Castella y según la robustez de la estructura de pavimento (8cm MAC+ 25 cm BE) son de interés mencionar los resultados de los indicadores RoC, BLI y MLI.

En el caso del indicador RoC asociado al aporte estructural de las capas superiores e intermedias de la estructura de pavimento, en los 8 puntos donde se identificaron deflexiones superiores a 400 µm, se presentó una condición buena.

En contraste a lo anterior, el indicador BLI asociado de igual manera a la capacidad estructural de la parte superior de la estructura de pavimento determinó que en 6 de los 8 puntos donde se identificaron deflexiones superiores a 400 µm (Rampa Salida Ruta 1 estacionamientos 0+240, 0+265,0+315; Carril externo estacionamiento 0+245; Carril central derecho estacionamiento 0+340; Carril central izquierdo estacionamiento 0+340) se determinó una condición regular.

Por último en el caso del indicador MLI, el cual caracteriza la rigidez de la parte media o de inflexión de la estructura de pavimento, usualmente entre el rango deflexión entre 300 mm y 600 mm desde el centro de aplicación de la carga, se determinó en 7 de los 8 puntos una condición estructural severa (Rampa Salida Ruta 1 estacionamientos 0+240, 0+265,0+315, 0+340; Carril externo estacionamiento 0+245; Carril central derecho estacionamiento 0+340; Carril central izquierdo estacionamiento 0+340) y un punto en condición regular (Carril interno estacionamiento 0+245). Nuevamente se reitera que los puntos con deflexiones altas del análisis no necesariamente corresponden a los estacionamientos exactos donde se identificaron agrietamientos, sin embargo, algunos de los mismos se encuentran cercana a dichos estacionamientos.

Así las cosas, los resultados obtenidos de los indicadores BLI y MLI permiten reafirmar la posición del Equipo Auditor sobre las altas deflexiones identificadas, así como a potenciales problemas de la condición estructural de las capas incluyendo base estabilizada que conforman la estructura de pavimentos en dichas secciones, cabe mencionar que dicha evaluación no tiene orden contractual.

A partir de las condiciones evidenciadas en los diferentes oficios sobre los deterioros de la base estabilizada del conector Barreal Castella, la Unidad de Auditoría Técnica envió un oficio al Consejo de Administración del CONAVI mediante el oficio LM-EIC-D-0708-2021 del 26 de agosto de 2021, con el fin de alertar sobre el estado de los trabajos, previo a su puesta en servicio. No obstante, no se recibió respuesta por parte del Consejo de administración del CONAVI, pero si se recibió un descargo por parte de la UAP mediante el oficio UAP-FSJSR-2021-09-1177 del 28 de setiembre de 2021.

En dicho documento la UAP emite los siguientes comentarios basado en el oficio P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-000146 del 23 de setiembre de 2021 emitido por la Supervisión:

“Basado en los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación de las resistencias a la compresión de las pastillas de base estabilizada, donde se reportan resistencias mayores a 55 kg/cm², se hace la observación al consorcio CPC de que no se cumple en especificación y que se deberá de tomar las medidas necesarias para su corrección. El 05 de abril de 2021 P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-000068 NO conformidad BE Febrero CPC, dichos resultados fueron refutados por el consorcio aduciendo que sus resultados cumplieron con las especificaciones de resistencia y presentaban incongruencia ver UAP-FSJSR-2019-09-1260, respuesta a oficio LM-IC-D-0728-2020.





Dado lo anterior y para dar mayor soporte a los resultados de la verificación de la calidad, la supervisión procedió a realizar ensayos adicionales para determinar la rigidez de esta mediante deflectometría de impacto LWD, el cual indica que el 70% de los ensayos realizados presentan valores de rigidez mayores a los recomendados y que se observan fisuras las cuales se indica se deberá de dar tratamiento a las mismas. Oficio: OBIS 007-2020 con fecha del 22 de setiembre.

“No se deberá colocar mezcla asfáltica hasta que sea revisada la totalidad del área y se mitiguen todas las grietas, poniendo especial atención en las secciones donde las deflexiones medidas con muy bajas.”

Dicho informe genera visita en conjunto IDOM-CPC al sitio el día 25 de septiembre para lo cual se indica al consorcio que deberá de reparar todas las fisuras y se solicita un barrido previo a la colocación de la carpeta para de esta manera marcar por parte del ingeniero de proyecto de la supervisión todas las fisuras. En minuta de reunión queda en actas que cualquier fisura que se refleje previo a lo previsto en diseños de pavimento (5% de fisuras para el año 7) deberá ser atendida al costo del contratista. Se toma el acuerdo de realizar en los paños con resistencias altas el procedimiento de microfisuración para evitar de produzca de nuevo deterioros como los presentados en Castella, el proceso de acuerdo mediante el oficio P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-000096.

El ingeniero residente de proyecto de la supervisión, da visto bueno a que antes de la colocación de la carpeta se atendió la totalidad de las fisuras en la base estabilizada lo cual se refleja en el levantamiento realizado por el ingeniero Orlando Vargas.”

En relación con el primer párrafo llama la atención que la Supervisión haya presentado una No Conformidad del material hasta abril de 2021, cuando los incumplimientos de la resistencia base estabilizada en el Conector Barreal Castella datan de los meses de agosto y setiembre de 2020. Al mismo tiempo en este párrafo, la Supervisión señala que sí existen incumplimientos relacionados con el límite superior de las resistencias de la base estabilizada por lo que se solicitaron al contratista medidas para su corrección, no obstante, en ningún momento se señala al contratista la aplicación de un pago reducido o el rechazo del material con base en un análisis estadístico ante los incumplimientos, tal como lo dispone la sección 302.14 Pago de la actividad de base estabilizada con cemento de las especificaciones del proyecto.

Posteriormente, en el segundo párrafo la Supervisión hace referencia a la realización de ensayos deflectometría mediante el Light Weight Deflectometer (LWD, por su siglas en inglés) donde se indica que el 70% de los ensayos realizados presentan valores de rigidez mayores a los recomendados y el levantamiento de las fisuras que se debían atender. Sobre este aspecto se considera positivo que la Supervisión realice este tipo de ensayos para verificar la condición estructural del pavimento ante los deterioros, sin embargo, los resultados de la evaluación de deflexiones realizada por el LanammeUCR y enviada mediante el oficio EIC-Lanamme-920-2021 evidencian una condición estructural distinta del pavimento. En el caso de la evaluación realizada por el LanammeUCR en el Conector Barreal Castella el 63,2% de los puntos evaluados determinaron una condición regular, un 14% en condición severa y un 22,8% en condición buena.





Los resultados de FWD obtenidos por el LanammeUCR, si bien no tienen un orden contractual representan un análisis técnico adicional para respaldar los resultados de calidad y desempeño del material de base estabilizada evidenciados en este hallazgo.

Otro aspecto que llama la atención del Equipo Auditor es que en el documento OBIS 007-2020 con fecha del 22 de setiembre de 2020 y el cual se cita en el segundo párrafo, se identificó que uno de los consultores de IDOM recomendó en su momento, ante la condición de los agrietamientos del Conector Barreal Castella, la colocación de geomallas para disminuir la propagación de las grietas como consta en los siguientes párrafos de dicho documento:

Se indica que la base ya presenta fisuras, las cuales son indicador de procesos de contracciones excesivas por fraguado de la capa y por curado. Aunque, se dice que las grietas en la base estabilizada solo tienen una incidencia en efectos cosméticos, estos causan reflejo a la carpeta asfáltica, siendo en el proyecto únicamente 8 cm de espesor, puede causar a un corto periodo de tiempo la necesidad de mantenimiento prematuro para evitar la infiltración de agua a las capas inferiores.

Se recomienda en virtud de las condiciones encontradas en campo tomar medidas para la evitar la propagación de fisuras, se deberá revisar las condiciones de la base estabilizada mediante barrido de la misma, relleno de grietas, posterior colocación de una geomalla biaxial para no permitir la propagación de las mismas a la carpeta asfáltica (resaltado no es parte del original).

Sin embargo, pese a lo indicado por el consultor de IDOM, dicha recomendación no fue adoptada por la UAP ni por la Supervisión y tampoco fue acatada por la empresa Contratista. Aunado a esto, no se realizó el análisis de la calidad del material mediante la sección Subsección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor del trabajo) para ver si estos tramos debieron haber sido pagados parcialmente o en su defecto rechazados, esto se profundiza en el informe EIC-Lanamme-INF-1581-2022.

Por lo tanto, los criterios que habían sido señalados por el Equipo Auditor en el oficio LM-EIC-D-0708-2021 se mantienen y no son de recibo los señalamientos de la UAP y la Supervisión donde se aduce que las medidas de mitigación aplicadas en el Conector Barreal Castella retardarán la propagación de grietas evidenciadas en la base estabilizada del proyecto.

Ahora bien, en lo que respecta a la minuta de la visita en conjunto entre el contratista CPC y la Supervisora IDOM del 25 de setiembre de 2020 descrita en el documento No.P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-0000146 del 23 de setiembre de 2021, debe enfatizarse que el Equipo Auditor no tuvo acceso a dicho documento.

No obstante, llama la atención que el acuerdo mencionado en el oficio 1235OCL-LET-C-0000146, y que consta en la minuta, se haya llevado a cabo entre la Supervisora y el Contratista CPC, sin la mediación de la Gestora del Proyecto (en este caso la UAP).

Por lo que se desconoce si este documento posee la aptitud jurídica suficiente para hacer valer el compromiso de la empresa CPC, ante la falta de participación de la UAP en dicho acto.





Adicionalmente, se desconoce si dentro de los acuerdos de esa minuta, IDOM estableció el personal responsable para dar monitoreo a los posibles agrietamientos, al menos una vez durante el periodo señalado y una vez que se entregue el proyecto, y tampoco se conoce si se asignaron los profesionales responsables por parte del Contratista para definir y llevar a cabo las intervenciones ante la posible aparición de los deterioros, así como el tipo de intervención a realizar.

Por lo tanto, existe incertidumbre si los acuerdos mencionados en el oficio y que se indica fueron tomados en la reunión donde se levantó la referida minuta, son suficientes para hacer cumplir los compromisos descritos por la UAP y la Supervisión.

Posterior a la emisión del oficio LM-EIC-D-0708-2021, la Contraloría General de la República remitió a la Unidad Administradora del Proyecto la orden DFOE-CIU-ORD-00003-2021 mediante el oficio DFOE-CIU-0461 del 12 de setiembre de 2021. En dicha orden el ente contralor expresa su criterio sobre la decisión adoptada por la UAP y la Supervisión del proyecto sobre la atención de los agrietamientos de la base estabilizada del Conector Barreal Castella, así como del acuerdo pactado entre el Contratista y la UAP para la atención de la ruta en caso de presentarse agrietamientos en la estructura de pavimentos antes del año 7, donde se señala lo siguiente:

“Asimismo, no es de recibo para esta Contraloría General, la estrategia expuesta por la UAP en el oficio UAP-FSJSR-2021-09-1177, referente a la atención de eventuales fisuramientos en la estructura del pavimento del Conector Barreal – Castella, donde se indicó que en caso que se presenten fisuras de previo a lo previsto en los diseños propuestos por el Contratista (5% de fisuras para el año 7), estas correcciones serían asumidas por dicha empresa constructora durante ese tiempo.”

Lo anterior porque, si bien es cierto el cartel de licitación establece que el Contratista es el responsable de que las obras no presenten defectos en términos de diseño, ingeniería, materiales y ejecución, es a su vez, responsabilidad de la UAP asegurar que las obras recibidas se encuentren apegadas a los términos de calidad pactados contractualmente, para lo cual dicha Unidad debe ejercer un control estricto con el fin de detectar y corregir oportunamente los incumplimientos de calidad atribuibles al Contratista, tomando las acciones dispuestas en el contrato como son la reducción del pago (factor de pago por calidad), el rechazo o la corrección de los trabajos dentro del plazo de ejecución.”

Ante la disposición de la Contraloría General de la República, la Supervisión en el oficio No. P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-0000230 del 11 de marzo de 2022 emitió el siguiente criterio el cual fue compartido por la UAP en el oficio UAP-GI-2021-03-82 del mismo 11 de marzo de 2022.

Con relación a las posibles fisuras que se presenten en el proyecto del Conector Barreal-Castella, tal cual lo indicamos en el párrafo anterior, los proyectos fueron inspeccionados por varios ingenieros en giras que se realizaron en conjunto con la Supervisora, el Contratista de obras y la UAP, siendo que no se evidenciaron grietas que pudieran poner en peligro debido a un reflejo de estas en la carpeta asfáltica colocada. Ciertamente existían grietas de construcción, las cuales son inevitables debido a la generación de esfuerzos entre los paños construidos pero que no constituían un riesgo para el proyecto. En aras de mitigar cualquier efecto negativo que pudieran generar estas grietas de construcción, las mismas fueron ruteadas y selladas por parte del contratista, con lo cual se minimiza la generación





de cualquier esfuerzo negativo sobre la carpeta asfáltica colocada. Se aclara que la aseveración indicada en cuanto a fisuras prematuras se coloca en la minuta como una medida adicional, y no como medida correctiva o de aceptación, ya que la mitigación fue mediante el sellado de fisuras.

Referente a los párrafos anteriores, se debe indicar que el Equipo Auditor mediante el oficio EIC-Lanamme-464-2022 del 03 de junio de 2022 compartió el criterio expresado por el ente contralor en relación con las responsabilidades de la UAP de asegurar que las obras recibidas se encuentren apegadas a los términos de calidad pactados contractualmente, para lo cual dicha Unidad debe ejercer un control estricto con el fin de detectar y corregir oportunamente los incumplimientos de calidad atribuibles al Contratista. Por lo que se considera que el accionar de la UAP y la Supervisión en la solicitud de las medidas de mitigación no fue suficiente para atender los deterioros registrados y tampoco se aplicó la normativa de Subsección 107.05 de las especificaciones del proyecto.

Como respuesta a ese oficio, la UAP emitió el documento UAP-FSJSR-2022-07-822 del 04 de julio del 2022, en el cual se adjunta el oficio UAP-GI-2022-06-180 del 20 de junio del 2022, donde se refieren a las medidas de mitigación realizadas por el Contratista para el tratamiento de los agrietamientos de la base estabilizada, al respecto indicó lo siguiente:

*La buena práctica de la ingeniería requiere que al aparecer grietas éstas deben sellarse para evitar que se propaguen, tal y como se desprende de las dos referencias indicadas acá. En el caso del proyecto de Castilla, **se intentó usar el sellador de grietas "Poliflex", pero no se adhirió a la BEC, precisamente por estar enfocado su uso en concreto hidráulico. Por esto, se decidió usar emulsión asfáltica como una solución técnica, sabiendo que, al romper la emulsión, se iba a quedar una película de asfalto en todo el ancho de la grieta, que hace la misma función del sellador indicado anteriormente.** Lo que se buscó fue proveer de una solución técnica a un problema que aparece en muchos proyectos (sino en el 100%) de la construcción de BEC en el país. (el resaltado no es del original)*

Al respecto, se debe comprender que el producto "Poliflex" corresponde a un tratamiento o aplicación adhesivo con una composición química que favorece el sellado de grietas o juntas en elementos de concreto principalmente como bien lo indica la UAP, mientras que la aplicación de la emulsión asfáltica no supone el mismo efecto en las grietas de la base estabilizada, por lo cual, no hay certeza de que esa técnica detenga o reduzca la propagación o el reflejo de las grietas hacia las capas superiores.

Sobre la validez de la aplicación de emulsión asfáltica, en el oficio UAP-GI-2022-06-180 se hace referencia al Manual de Pavimentos del CALTRANS del 2003 en el cual se incluye el uso de emulsión asfáltica para el sellado de grietas sin "ruteo", además, se indica lo siguiente:

También, la misma empresa CRAFCO, que tiene sus propios sistemas de sellado de grietas, indica que ejemplos de relleno de grietas son los cementos asfálticos, el asfalto líquido, los asfaltos reducidos o las emulsiones asfálticas que se pueden mezclar con arena, que en ocasiones se denominan 'aceite y arena'. Esto se puede encontrar en el enlace <https://crafco.com/pavement-preservation/cracks-joints/pavement-crack-sealing/>, donde se





descarga el folleto de sellado de grietas de dicha empresa. Por lo tanto, se valida de nuevo el uso de la emulsión asfáltica como alternativa para el sellado de grietas.

Sobre esto, es necesario destacar que las fuentes utilizadas hacen referencia al procedimiento para el relleno de grietas a nivel de capa de rodadura, siendo que el enfoque principal de esa técnica radica en evitar la filtración de agua hacia las capas inferiores del pavimento en carpetas asfálticas. Además, al revisar la referencia de CRAFCO, en el folleto de sellado de esa empresa se hace la diferencia entre el sellado de grietas y el relleno de grietas, en el caso que nos ocupa, el procedimiento descrito en el oficio de la UAP corresponde al relleno de grietas y sobre el cual CRAFCO destaca que es un tratamiento temporal con una efectividad entre 1 a 2 años. Aunado a lo anterior, CRAFCO destaca que, el relleno de grietas no se diseña específicamente para permitir las deflexiones típicas de la estructura de pavimento, por lo cual, es de esperar que la emulsión se desprenda de las paredes de la grieta ante la acción de las cargas del tránsito. Además, el procedimiento recomienda el mezclado de la emulsión con arena, no obstante, esto no fue realizado por el Contratista para el tratamiento de los agrietamientos en el Conector Barreal-Castella.

Debido a lo anterior, la respuesta de la UAP en el oficio UAP-GI-2022-06-180 sobre la efectividad de la aplicación de la emulsión asfáltica, como una técnica que permite disminuir el reflejo de los agrietamientos de la base estabilizada hacia las capas superiores, no es de recibo por parte del Equipo Auditor, por lo que se mantiene el criterio en el entendido de que debió privar un tratamiento de mayor grado para las zonas evidenciadas con grietas.

Finalmente, en contraste a lo señalado por la UAP en los múltiples descargos a los oficios emitidos por el LanammeUCR en relación con los agrietamientos registrados, es criterio del Equipo Auditor que la condición y deterioros de la base estabilizada identificados en el Conector Barreal-Castella generan incertidumbre en el desempeño de esta capa ante la aplicación de cargas de tránsito, lo cual puede comprometer la durabilidad de los trabajos ejecutados y ocasionar la aparición de deterioros prematuros en la capa de ruedo a partir del reflejo de estos agrietamientos. Además, se considera que la severidad de los deterioros evidenciados, así como los resultados de resistencia a la compresión obtenidos demandaban una reparación de mayor grado a la realizada, especialmente en las zonas con la mayor concentración de defectos.

HALLAZGO 3. SE EVIDENCIARON DEFICIENCIAS TÉCNICAS Y DE GESTIÓN EN EL PROCEDIMIENTO DE “MICRO FISURADO” PROPUESTO PARA EL TRATAMIENTO DE PAÑOS DE BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO QUE PRESENTARON RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SUPERIORES AL LÍMITE ESTABLECIDO.

El presente hallazgo se fundamenta en la revisión documental y en las visitas técnicas realizadas por este Equipo Auditor a las obras del proyecto OBIS Lote 1, enfocadas en la fiscalización del procedimiento propuesto de “micro – fisurado” para dar tratamiento a aquellos tramos de base estabilizada que presentaron resultados de ensayos de resistencia a la compresión superiores al límite establecido. El análisis de los resultados de calidad de la base estabilizada se aborda en el informe EIC-Lanamme-INF-1581-2022. En el presente hallazgo, se desarrollan los principales antecedentes a la técnica del microfisurado implementada en el proyecto.





El día 23 de setiembre del 2020, la Unidad Administradora del Proyecto (UAP) remite a este Equipo Auditor el oficio UAP-FSJSR-2019-09-1260 en el cual se indican cuáles son los límites de aceptación para el parámetro de resistencia a la compresión de la base estabilizada del tipo BE – 35, que se colocará en el proyecto. En ese documento se establece un rango de aceptación entre 31 kg/cm² y 55 kg/cm².

Posteriormente, durante el proceso de ejecución del proyecto el LanammeUCR mediante la realización de ensayos de laboratorio al material de base estabilizada identifica incumplimientos en la resistencia a la compresión especialmente por encima del límite superior en los proyectos del lote 1 de las OBIS. Según hace constar los oficios LM-IC-D-0867-2020 del 2 de octubre de 2020, LM-IC-D-1023-2020 del 20 de noviembre de 2020, LM-IC-D-0155-2021 del 19 de febrero de 2021, LM-EIC-D-0372-2021 del 05 de mayo de 2021.

De igual manera el laboratorio de verificación de calidad de la Supervisora IDOM, durante el proceso constructivo de esta capa, identifican múltiples incumplimientos en el parámetro de resistencia a la compresión de la base estabilizada del proyecto a partir de los cuales establece una No Conformidad el día 05 de abril de 2021 mediante el oficio P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-000068.

Ante los incumplimientos del límite superior registrados tanto por la Supervisión como por el LanammeUCR, es importante destacar que tanto la literatura internacional como publicaciones realizadas el LanammeUCR, reflejan que el agrietamiento por contracción de bases estabilizadas constituye un fenómeno que debe ser tomado en cuenta durante la construcción de bases estabilizadas debido a altas resistencias a la compresión del material. Asimismo, Arce (2011) menciona que es posible estimar cualitativamente el agrietamiento de las bases estabilizadas con cemento en función de su resistencia a la compresión a 7 días, destaca que, para resistencias superiores a 55 kg/cm² se pueden presentar agrietamientos de moderados a severos. Por lo cual, a partir de lo anterior, se considera necesario que para la ejecución del proyecto se debió contar con un procedimiento establecido que permita dar tratamiento a los tramos de base estabilizada con valores de resistencia superior.

Posteriormente, a partir de la revisión de los oficios UAP-FSJSR-2021-09-1065 del 06 de setiembre de 2021, UAP-GI-2021-09-222 del 08 de setiembre de 2021, UAP-GI-2021-09-236 del 14 de setiembre de 2021 y UAP-GI-2021-09-247 del 22 de setiembre de 2021 se logró evidenciar el levantamiento de la no conformidad P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-000068 a partir de la acción correctiva de la técnica del microfisurado que fue propuesta por el contratista mediante el oficio CPC OF 522-2021 y que fue aprobada por la Supervisión mediante el oficio 101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-000096 el día 08 de junio de 2021. Lo anterior para aquellos tramos de base estabilizada que presentaran incumplimientos por resistencias por encima del límite superior establecido.

Respecto a la técnica del microfisuramiento propuesta por el contratista, se debe indicar que esta consiste en la fisuración de la capa estabilizada luego de haber sido compactada, mediante la aplicación de esfuerzos vibratorios con un rodillo o compactador. Según lo indicado por Scullion & Sebesta (2004) la aplicación del micro fisurado constituye una técnica que debe aplicarse durante las edades tempranas (2 a 3 días) de la base estabilizada cuando se da la ganancia de resistencia inicial, por lo cual, tener claro cuál es el valor que se utilizó como indicio de una posible resistencia alta, constituye un dato fundamental para la ejecución adecuada del procedimiento.





Según el informe LM-PI-UIIT-079-R2 (LanammeUCR, 2020) múltiples investigadores concuerdan en la efectividad de microfisurar las bases estabilizadas con cemento luego de su construcción, con el objetivo de minimizar el reflejo de grietas producido por contracción en estas capas. Por lo tanto, este Equipo Auditor considera que la técnica del microfisuramiento en bases estabilizadas es un recurso mitigatorio que puede ser considerado ante incumplimientos del límite superior de resistencia a la compresión establecido en la especificación, ya que permite disipar la energía que puede generar un agrietamiento en la interfaz de la capa superficial y por ende disminuir el efecto en el reflejo de grietas en la capa asfáltica.

No obstante, se considera que esta técnica debe realizarse bajo un criterio técnico justificado siguiendo las buenas prácticas de ingeniería. El mismo informe LM-PI-UIIT-079-R2 a partir de una revisión bibliográfica internacional, recomienda el monitoreo de la resistencia a la compresión de bases estabilizadas y la aplicación de la técnica de microfisuramiento en las secciones susceptibles a desarrollar grietas por contracción en la base (resistencia superior a los 272 psi o 19 kg/cm² a los 2 días de haberse finalizado su compactación) siempre y cuando dicha actividad no afecte los requisitos de resistencia de la capa.

Es importante entender que la técnica del microfisurado es un recurso empleado por algunos contratistas para disminuir el efecto del reflejo de agrietamiento por contracción a la capa asfáltica, lo cual no quiere decir que el microfisuramiento sea un recurso para compensar o justificar un incumplimiento en la calidad del material. Tal como lo señala el informe LM-PI-UIIT-079-R2 y cuyo criterio es compartido por el Equipo Auditor, el correcto diseño de los materiales de base estabilizado debe garantizar que no se desarrollen este tipo de grietas, por lo que el microfisuramiento se debe considerar como una técnica correctiva, la cual podría constituir algún tipo de penalidad o multa contemplada en la especificación o cartel que rija en el proyecto, y por tanto no corresponde a una práctica que se debería ejecutar de forma rutinaria, ni es de aplicación arbitraria en los procesos de construcción de base estabilizada.

Por lo cual, se reitera, tal como se menciona en los párrafos anteriores, que la aplicación de la técnica debe realizarse bajo un criterio técnico justificado, es ahí donde radica la importancia y la necesidad de un monitoreo obligatorio del parámetro de la resistencia a la compresión a edades tempranas después de haberse colocado el material, con el fin de determinar primeramente si es necesario un ajuste en la producción o diseño del material y en aquellos casos en los que no se pueda enmendar, determinar si se debe o no aplicar la técnica del microfisurado. A partir de esto es necesario comprender que, si la resistencia de la base estabilizada se encuentra en los rangos de la especificación, no existe la necesidad de aplicar dicho procedimiento, y que, de hacerlo en esas condiciones, más bien se le estaría induciendo un daño innecesario a una capa del pavimento estructuralmente integral.

Otro aspecto trascendental, para garantizar la efectividad de la técnica del microfisurado es el cumplimiento estricto del procedimiento aprobado por los expertos técnicos, que debe obedecer a los resultados de resistencia a la compresión de la base estabilizada, y con base en éstos se debió establecer el periodo de aplicación del procedimiento, el equipo adecuado y la frecuencia a aplicar, así como la cantidad de pasadas necesarias para lograr la efectividad del microfisurado y no generar daños al material.





Teniendo claro el procedimiento, alcance, uso de la técnica y la importancia de la aplicación del microfisurado atendiendo a las mejores prácticas de ingeniería, el Equipo Auditor revisó el procedimiento propuesto por el contratista en el oficio CPC OF 522-2021 y los criterios técnicos considerados por la Supervisión para la aprobación del mismo oficio 101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-000096 y que de igual manera fueron avalados por la UAP mediante el oficio UAP-FSJSR-2021-09-1065.

A partir de la revisión de dichos documentos el Equipo Auditor elaboró los oficios EIC-Lanamme-869-2021 del 07 de octubre de 2021 y EIC-Lanamme-464-2022 del 03 de junio de 2022, donde se emitieron los criterios en relación con el procedimiento de microfisurado propuesto en el proyecto, el procedimiento constructivo implementado y la ausencia de registros técnicos que permitan verificar el procedimiento aprobado para la aplicación de la técnica de microfisurado.

A continuación, se resumen las principales consideraciones por las cuales el Equipo Auditor no comparte la afirmación de que la técnica del microfisurado empleada en el proyecto sea suficiente y efectiva para dar tratamiento a los tramos con incumplimientos de resistencia del límite superior de la base estabilizada evidenciados en el lote 1 de las OBIS.

Aplicación del procedimiento del microfisurado después de haberse registrado 18 de 26 incumplimientos del límite superior de resistencia de la base estabilizada

En primer lugar, se debe indicar que previo a la aprobación de la técnica del microfisurado como medida para el levantamiento de la No Conformidad No. P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-000096 el día 08 de junio de 2021, se habían presentado 16 de los 26 incumplimientos del límite superior de la resistencia a la compresión según los datos de resultados de verificación de la calidad revisados por el Equipo Auditor. Esto se evidenció a partir del oficio P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-0000230 del 11 de marzo del 2022 en el cual la Supervisión como respuesta al oficio DFOE-CIU-0461 de la Contraloría General de la República, señala cuales son los tramos de base estabilizada con cemento que presentaron incumplimientos en resistencia para las 5 obras del proyecto OBIS Lote 1, se detalla en la Figura 8 los paños indicados.





Figura 8. Desglose de incumplimientos detectados por la supervisión en la resistencia de pastillas de base estabilizada. Fuente: IDOM, 2022

| Fecha | No. Informe | Localización | Resultado ensayo (verificación de calidad) kg/cm ² |
|------------|--------------|--------------|---|
| 25/8/2020 | 2020-08-6737 | Castella | 99 |
| 27/8/2020 | 2020-08-6827 | Castella | 68 |
| 2/9/2020 | 2020-09-6967 | Castella | 118 |
| 9/11/2020 | 2020-11-9112 | Alajuela | 67 |
| 20/11/2020 | 2020-11-9548 | Ciruelas | 56 |
| 3/2/2021 | 2021-02-1081 | Ciruelas | 90 |
| 5/2/2021 | 2021-02-1163 | Ciruelas | 69 |
| 3/3/2021 | 2021-03-2172 | Alajuela | 65 |
| 8/3/2021 | 2021-03-2311 | Alajuela | 67 |
| 16/4/2021 | 2021-04-3780 | Firestone | 75 |
| 16/4/2021 | 2021-04-3816 | Firestone | 97 |
| 19/4/2021 | 2021-04-3841 | Firestone | 79 |
| 20/4/2021 | 2021-04-3886 | Castella | 60 |
| 28/4/2021 | 2021-04-4181 | Río Segundo | 75 |
| 14/5/2021 | 2021-05-4686 | Ciruelas | 112 |
| 24/5/2021 | 2021-05-4987 | Ciruelas | 104 |
| 16/6/2021 | 2021-06-5864 | Ciruelas | 64 |
| 17/6/2021 | 2021-06-5924 | Ciruelas | 76 |
| 5/7/2021 | 2021-07-6485 | Alajuela | 89 |
| 23/7/2021 | 2021-07-7185 | Río Segundo | 73 |
| 3/8/2021 | 2021-08-7403 | Firestone | 60, 70 |
| 3/8/2021 | 2021-08-7404 | Firestone | 114 |
| 10/8/2021 | 2021-08-7628 | Alajuela | 61 |
| 13/8/2021 | 2021-08-7740 | Firestone | 81 |
| 19/8/2021 | 2021-08-7933 | Río Segundo | 79 |

Aunado a los 16 incumplimientos en los cuales no se aplicó el microfisurado, se debe indicar que dentro de la documentación revisada por el Equipo Auditor y suministrada por la UAP durante la auditoría, no existe registro o evidencia que dicha técnica haya sido aplicada en las obras de ampliación del Río Ciruelas por lo cual los paños que presentaron incumplimiento de resistencias los días 16 y 17 de junio de 2021 tampoco fueron sometidos a dicho procedimiento.

Según lo anterior, el total de paños de base estabilizada que presentaron incumplimientos del límite superior y que no fueron atendidos mediante el procedimiento de microfisurado corresponde a 18 de 26 para un aproximado del 70 % de los tramos.

Adicionalmente, se debe mencionar que el alto grado de incumplimiento fuera del límite superior, así como la alta variabilidad y desviación de los datos que se evidencia en el informe EIC-Lanamme-INF-1581-2022 denota que no existió un adecuado control de calidad del material en el proceso constructivo con respecto a lo requerido contractualmente.





Por lo anterior, para este Equipo Auditor no fue de recibo el levantamiento de la No Conformidad P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-000096 llevada a cabo por la Supervisión del proyecto, en las secciones de la estructura de pavimento de la OBIS que presentaron el incumplimiento, ya que no se aplicó la metodología de la Subsección 107.05 como lo establece el cartel de licitación, ni tampoco se aplicó la técnica del microfisurado como medida correctiva para minimizar el efecto de las resistencias superiores al límite máximo establecido en la especificación del proyecto en todas las secciones que presentaron esta condición.

Sobre el procedimiento del microfisurado propuesto por el contratista y el aprobado por la Supervisión y la UAP

Como parte del estudio documental, se realizó la revisión del procedimiento propuesto por el contratista en el oficio CPC OF 522-2021 y el procedimiento aprobado por la Supervisión y la UAP en los oficios 101302-IDM-LSI-1235OCLLET-C-000096 y UAP-FSJSR-2021-09-1065. Esto permitió identificar discrepancias e incongruencias entre ambos procedimientos, así como omisiones según los requerimientos técnicos que demandan las buenas prácticas de ingeniería.

Primeramente, la metodología denominada “Procedimiento BE OBIS Microfisuramiento” propuesta por el contratista en el al oficio CPC OF 522 2021, indica en relación con la secuencia constructiva lo siguiente:

“El pre-agrietamiento o microfisuramiento se realiza con el fin de mitigar el problema de aparición de grietas, ocasionado, ya sea por resistencias altas (mayores a 55 kg/cm² a los 7 días) o por algún curado inadecuado, esto requiere un máximo de cuatro pasadas de una rueda de acero vibratoria rodillo aplicado poco después del acabado, este proceso inducirá la aparición temprana de una red de grietas de espesor mínimo que ayudarán a minimizar las grietas mayores que se presentan por contracción en las bases estabilizadas.

*Se realizará una re-compactación con rodillo vibratorio de máximo 10 ton con el fin de propiciar un microfisuramiento y evitar en la medida de lo posible la aparición de grietas importantes. Se procederá a pasar el vibrador, dos veces sin vibrar y dos vibrando a la mayor frecuencia posible y a baja amplitud, **esta re-compactación deberá realizarse a más tardar 24 horas después de que se haya terminado la compactación inicial de la Base Estabilizada.** (El destacado no corresponde al original)*

Por su parte el procedimiento aprobado por la Supervisión y la UAP en los oficios 101302-IDM-LSI 1235OCLLET-C-000096 y UAP-FSJSR-2021-09-1065 a partir del cual se levantó la No Conformidad indica que:

“Se recomienda para los paños donde la resistencia a la compresión de pastillas a edad de 3 días presente proyecciones a 7 días mayores a las especificadas, se deberá de aplicar el siguiente procedimiento:”

“Los materiales tratados con cemento van a presentar una contracción natural durante el proceso de curado esto debido al fraguado del cemento. La contracción puede producir fisuras a profundidad de la base por el proceso de la recuperación del material, si se presentan grietas muy anchas en la capa de la base se concentran esfuerzos que pueden causar que las reventaduras de la base se reflejen en la superficie (Gregory E. Halsted,





2006). *El agrietamiento por contracción con bases de cemento puede ser controlado por medio del proceso llamado micro fisurado o prefisurado. El **prefisurado** fue originalmente reportado en Austria en 1995, este método también se ha usado satisfactoriamente en gran cantidad de proyectos en los Estados unidos.* (El destacado no corresponde al original)

Esta técnica consta de varios ciclos de una compactadora vibratoria sobre la base estabilizada con cemento después de 48 a 72 horas posterior a la compactación final y después de que la base alcance una resistencia inicial, Algunos estados no realizan el prefisurado a menos de que la base alcance o sobre pase una resistencia a la compresión de 250 psi. (17 kg/cm²) (Portland Cement, 2003). Típicamente el prefisurado es realizado por un compactador de entre 10 a 12 toneladas con el vibrador al máximo a una velocidad de aproximadamente entre 2 y 3 KPH, el procedimiento normalmente se lleva a cabo con 3 ciclos completos con el vibrador al máximo sobre toda la superficie, excluyendo 12 pulgadas del borde, la operación de vibrado va a inducir pequeñas fisuras en la base estabilizada que no generan esfuerzos en la fibra inferior de la mezcla asfáltica. (Scullion, October 2004)

Estudios han demostrado que el micro fisurado o prefisurado puede reducir las altas resistencias en una base diseñada apropiadamente de un 30% hasta un 70%, el micro fisurado en edades tempranas de curado no perjudica o afecta la capacidad estructural general del pavimento, ya que las grietas se curarán y el material tratado con cemento continuará ganando resistencia con el tiempo (PortlandCement, 2003). El departamento de transportes del Estado de Texas en conjunto con la Universidad de Texas ha realizado estudios de prefisurado en bases tratadas con cemento dando resultados positivos.

La superficie se debe de hidratar adecuadamente después del micro fisurado, el curado continuaría por 2 días adicionales con periodos alternados, La base estabilizada puede ser curada por 4 horas después del micro fisurado, luego del curado se debe aplicar una membrana selladora esta membrana se aplica para prevenir la pérdida de humedad.

Para corroborar que las resistencias obtenidas no sean mayores a lo especificado posterior al microfisurado, se recomienda la extracción de núcleos adicionales para ensayar a la compresión, así como también se podrá realizar medición de deflexiones en sección analizada." (Lo destacado no es parte del original)

Un primer aspecto que llama la atención del Equipo Auditor es que en los documentos presentados por la Supervisión y la UAP se denomina de forma indistinta al microfisurado y al prefisurado, como si se tratase del mismo tipo de procedimiento. Sin embargo, estos corresponden a técnicas que se ejecutan en etapas distintas, bajo métodos y equipos diferentes.

De acuerdo con Aguiar, Ávila & Sequeira (2020) el prefisurado o pre-agrietamiento corresponde a el proceso de cortado transversal al que se someten los paños de base estabilizada con cemento, con el objetivo de crear una zona en la que se induzca el desarrollo de las grietas por contracción de manera controlada, además los autores recomiendan que los cortes se realicen a cada 3 metros y que se rellenen mediante emulsión asfáltica. Se destaca que, el prefisurado puede realizarse después de los 7 días de ganancia de resistencia de la base estabilizada.

Por otro lado, el microfisurado o micro-agrietamiento, corresponde a una técnica que debe realizarse en edades tempranas del paño de base estabilizada, siendo lo recomendable entre 48 h y 72 h a partir de la finalización del proceso de conformación y compactación del paño de acuerdo con la PCA (2003).



A diferencia del prefisurado, este método no implica el corte del paño en observación, sino que se debe aplicar una post - compactación para inducir un patrón de micro fisuras que permitan aliviar los esfuerzos de contracción. Lo descrito anteriormente demuestra que se tiene poca claridad de la técnica que fue aprobada, lo cual puede inducir a la ejecución de una metodología de la forma incorrecta o que no se tenga en consideración los parámetros y etapas necesarias para el microfisurado durante el proceso de supervisión del mismo.

En lo referente a las diferencias y omisiones entre el procedimiento propuesto y el aprobado se debe indicar que se evidenciaron incongruencias en el tiempo de aplicación de la técnica del microfisurado entre ambos procedimientos. El Contratista en el oficio CPC OF 522 2021, propuso que la re-compactación debía realizarse a más tardar 24 horas después de que se haya terminado la compactación inicial de la base estabilizada, mientras los oficios LSI-1235OCLLET-C-000096 y UAP-FSJSR-2021-09-1065 señalaron que se debía ejecutar el procedimiento de microfisuración entre las 48 a 72 horas después del acabado de la base estabilizada.

Además, sobre este mismo tema se debe indicar que de acuerdo con Scullion & Sebesta (2004) la aplicación de la técnica del microfisurado no debe realizarse al menos durante 48 horas después de la conformación del tramo estabilizado, debido a que la aplicación de la técnica en un periodo menor (24 h) puede provocar una reducción importante en el módulo de la base estabilizada. Por lo tanto, la ejecución de la actividad de microfisurado tan solo 24 horas después de finalizada la compactación del tramo en observación no es una práctica ingenieril recomendable de acuerdo con experiencias internacionales.

Asimismo, a partir del análisis se pudo corroborar que ambos procedimientos carecen de claridad al no indicar la resistencia y la fecha en que se debió medir dicho parámetro para validar la aplicación del procedimiento de microfisuramiento. En el caso de la contratista CPC en el oficio CPC OF 522 2021 no especificó ninguna resistencia ni edad para la falla de las pastillas que permitiera verificar si se tenía que aplicar el microfisurado o no. Por otra parte, en los oficios 101302-IDM-LSI-1235OCLLET-C-000096 y UAP-FSJSR-2021-09-1065, únicamente se recomienda aplicar la técnica para los paños donde la resistencia a la compresión de pastillas a edad de 3 días presente proyecciones a 7 días mayores a las especificada.

Además, en el anexo del oficio 101302-IDM-LSI-1235OCLLET-C-000096 se indica de forma general “que algunos estados no realizan el prefisurado a menos de que la base alcance o sobre pase una resistencia a la compresión de 250 psi. (17 kg/cm²) (Portland Cement, 2003)”. No obstante, el documento no esclarece si el límite de resistencia de 17 kg/cm² es aplicable para una base BE-25 (con una resistencia máxima de 39 kg/cm²) o a la BE-35 del proyecto (cuyo límite superior fue modificado a 55 kg/cm²) y tampoco aclara la edad de falla de los especímenes para evaluar dicha resistencia. Entonces, se puede concluir que si bien el criterio del Supervisión recomienda la falla de las pastillas a 3 días para verificar si se tiene que aplicar o no el microfisurado, no establece el límite a partir del cual se debería aplicar el microfisurado según el límite superior de 55 kg/cm². Por lo tanto, existe un vacío del procedimiento aprobado por la Supervisión, que pudo haber incidido en que fueran intervenidos, paños de base estabilizada donde no se tenía que haber aplicado el microfisuramiento.





Además ninguno de los documentos 101302-IDM-LSI-1235OCLLET-C-000096 y UAP-FSJSR-2021-09-1065 se establece cuáles son los factores de proyección utilizados para obtener la estimación de resistencia a 7 días; no se incluye en la metodología ningún análisis estadístico de resultados de resistencia de paños colocados previo a la propuesta del microfisurado, que permita la estimación de un factor de proyección apropiado que contemple la variabilidad asociada a la prueba de compresión en bases estabilizadas, así como al diseño y fuente de material estabilizado en el proyecto, por lo cual no se indica claramente cómo se obtienen las proyecciones utilizadas.

Adicionalmente, no se establece en los documentos descritos, la persona responsable de monitorear la resistencia a la compresión a edades tempranas de la base estabilizada, ni el orden de prioridad de los resultados, entre los obtenidos por el laboratorio de control y el de verificación, que permita decidir si se aplica o no el micro fisurado.

Ante esto es necesario comprender que, como parte del proyecto, tanto el laboratorio de control como el de verificación de la calidad, realizan la toma de muestras para determinar la resistencia a la compresión de la base estabilizada. Por lo cual, al existir una variabilidad inherente tanto en el proceso constructivo, como en el muestreo, el protocolo propuesto debe especificar si los valores de resistencia que se toman en cuenta corresponden a las fallas realizadas por el laboratorio de control o por el laboratorio de verificación de calidad. En ese sentido, el Equipo Auditor considera que el laboratorio de verificación de calidad también debió realizar un monitoreo de las resistencias de la base estabilizada a edades tempranas que le permitiera a la Administración corroborar los resultados obtenidos y la necesidad o no de la aplicación del microfisurado.

El procedimiento descrito por ambas partes tampoco deja claro el flujo de comunicación entre ellas, ni cómo coordinar la actividad, previo a su ejecución. Ante esto, es criterio de este Equipo Auditor que, como parte del desarrollo de las actividades de un proyecto de obra nueva de esta magnitud, la gestión de la comunicación en el proyecto debe ser fundamental, en especial para una actividad correctiva ante un incumplimiento como es el caso del microfisurado.

En lo referente al proceso constructivo de la actividad del microfisurado el Equipo Auditor identificó diferencias entre ambos procedimientos, así como falta de información para tener un panorama claro de la técnica aplicada.

Así mismo, el Equipo Auditor identificó diferencias importantes entre ambos procedimientos; en el oficio CPC OF 522-2021 se planteó la re-compactación con rodillo vibratorio de máximo 10 toneladas, con aplicación de vibración, dos veces sin vibrar y dos vibrando a la mayor frecuencia posible y baja amplitud. Si embargo, no se indicó el rango de trabajo de dicho equipo, datos que son necesarios para llevar a cabo el proceso de inspección de los trabajos de microfisurado.

Por su parte la Supervisión y la UAP, en el procedimiento aprobado únicamente hicieron referencia a documentación bibliográfica, donde se sugiere que típicamente el “prefisurado” (refiriéndose al microfisurado) es realizado por un compactador de entre 10 a 12 toneladas con el vibrador al máximo a una velocidad de aproximadamente entre 2 a 3 KPH, el procedimiento normalmente se lleva a cabo con 3 ciclos completos con el vibrador al máximo sobre toda la superficie, excluyendo 12 pulgadas del borde.





Tampoco se indicó el rango de frecuencia y amplitud en el procedimiento aprobado, además, las referencias consultadas destacan que lo recomendable es la ejecución del procedimiento con el mismo equipo con el que se compactó el paño inicialmente (Scullion & Sebesta, 2004).

De modo que la información técnica del procedimiento que aprobó la Supervisión dista del procedimiento propuesto por el contratista, pues la Supervisión en el oficio 101302-IDM-LSI-1235OCLLET-C-000096 indica 3 ciclos completos de vibrado al máximo, mientras la empresa contratista establece el paso del compactador dos veces sin vibrar y dos veces con vibrador al máximo y con baja amplitud, lo que convalida una evidente incongruencia entre ambos procedimientos.

Por otro lado, ninguna de las dos metodologías describe, a partir de un análisis técnico, el efecto que tiene el peso del equipo sobre: la cantidad de pasadas, velocidad de operación, frecuencia y amplitud de vibración; de esta manera no se especifica claramente si el uso de un equipo de mayor peso implica una reducción en la cantidad de ciclos de compactación o si deben mantenerse constantes las demás variables. Esto representa un aspecto que debió quedar establecido en el documento del micro fisurado.

La respuesta fue recibida por parte de la UAP el día 19 de mayo de 2022, de igual manera vía correo electrónico, adjuntando una carpeta digital denominada "Resultados del control de calidad BE", conteniendo archivos de resultados de resistencia a la compresión de la base estabilizada de las 5 OBIS, videos de procesos constructivos de la base estabilizada, fotografías de núcleos y fotografías de lo que la UAP considera como parte de las actividades del microfisurado.

Posterior a la revisión de la información contenida en la carpeta adjunta al oficio de respuesta por parte de la UAP, esta auditoría en el oficio EIC-Lanamme-464-2022 del 03 de junio de 2022 consideró que la respuesta brindada no atendía la solicitud de información realizada por el LanammeUCR, por las siguientes razones:

- i. No se adjuntaron los resultados de resistencia a la compresión a los 3 días, obtenidos por el contratista o la Supervisión para determinar si se aplicaba o no la técnica del microfisurado. Ya que en la información se adjuntó resultados de resistencia a la compresión de pastillas de base estabilizada a los 4 días y a los 7 días. El Equipo Auditor no comprende el objetivo de la Supervisión de fallarlos especímenes al día 4 y no en el día 3, ya que ellos mismos sugirieron en el procedimiento del microfisurado que; la falla de las pastillas para verificar la proyección de la resistencia a la compresión del material debía realizarse al tercer día. Por lo tanto, la evidencia presentada por la UAP no permite verificar que la técnica del microfisurado haya sido aplicada correctamente.
- ii. Tampoco atiende la solicitud del Equipo Auditor: sobre el registro de inspección por parte de la Supervisión en los tramos donde se aplicó el microfisurado, de manera que se indicará la fecha de construcción de la base estabilizada, fecha de aplicación del microfisurado, estacionamientos de los paños tratados y cualquier registro técnico que la Supervisión haya levantado.





- iii. La UAP adjunta documentación gráfica mediante videos y fotografías del proceso constructivo de las bases estabilizadas de diferentes OBIS, esta información aparte de no estar georreferenciada a un estacionamiento no aporta información relevante ni identificable al registro técnico requerido por el Equipo Auditor ni al procedimiento de microfisurado.
- iv. Así mismo, en relación con las fotografías de los núcleos de base estabilizada extraídos, si bien estos están georreferenciados no existe un registro que evidencie expresamente que correspondan a sitios donde se aplicó la técnica de microfisurado, además llama la atención que, muchos de los núcleos según los estacionamientos de las fotografías adjuntas al oficio de respuesta, corresponden a la OBI del Conector Barreal-Castella en la cual no se aplicó la técnica del microfisurado.
- v. Sobre este mismo tema en el oficio No.P101302-IDM-LSI-1235OCL-LET-C-0000230 del 11 de marzo de 2022 la Supervisión indica que se extrajeron y se fallaron núcleos de base estabilizada donde se aplicó la técnica del microfisurado en los proyectos de las Obras del Paso a Desnivel Firestone y las Obras de Ampliación de río Segundo. Según indica la Supervisión los resultados de los informes de laboratorio No. 2021-10-9521 y 2021-10-9735 determinaron una resistencia menor de la base estabilizada. Sobre estos resultados se debe indicar que el Equipo Auditor no tuvo acceso a informes de respaldo dentro de la documentación facilitada, por lo cual, se desconoce si el número de muestras es suficiente para validar dicha conclusión. Además, tampoco se cuenta con la información de los estacionamientos donde se realizó la extracción de dichos núcleos y se desconoce el por qué la Supervisión no continuó extrayendo núcleos en los otros estacionamientos donde se aplicó el microfisurado para verificar la efectividad de la técnica.
- vi. No obstante, pese a la situación relatada, es importante indicar que la extracción y falla de los núcleos, no constituye el mecanismo establecido en el cartel de licitación para validar el parámetro de resistencia a la compresión del material. Además, se debe indicar que no existe una correlación del valor de resistencia del núcleo extraído (y en cual el espécimen puede ser afectado por el procedimiento de extracción) y la resistencia ensayada a partir de un proceso normalizado el cual se estableció inicialmente en el contrato.
- vii. Por último, en relación con el contenido de la carpeta "Resultados del control de calidad BE", la UAP adjunta fotografías del microfisurado en diferentes OBIS del proyecto, sin embargo, estas fotografías no permiten diferenciar si las imágenes corresponden al proceso constructivo convencional de la base estabilizada o al procedimiento de microfisurado. Y como se indicó anteriormente, las fotografías adjuntadas se encuentran sin geo-referencia y tampoco cuentan con fecha. Lo cual nuevamente no permite admitir las evidencias presentadas como válidas para justificar la efectividad del tratamiento del microfisurado aplicado.

Es criterio de esta Auditoría, que debió mantenerse un registro del procedimiento, dejando claro la inspección de las variables principales asociadas al ensayo, tales como: la cantidad de veces que se pasó el compactador; la velocidad en sitio del equipo; condiciones climáticas; así como el equipo utilizado y su capacidad; los cuales de acuerdo con Scullion & Sebesta (2004) corresponden a factores que tienen un efecto significativo en la efectividad de la técnica.





A partir de lo anterior el Equipo Auditor considera que un adecuado registro técnico del procedimiento del microfisurado aplicado en el lote 1 de las OBIS debió contener:

- Fecha de la construcción de la base estabilizada
- Fechas de la aplicación del microfisuramiento
- Estacionamientos de las secciones donde se aplicó el procedimiento del microfisurado
- Registro de las características técnicas y capacidad del equipo utilizado
- Registro de la cantidad de veces que se debía pasar el compactador indicadas a partir de registro de inspección ya sea por el ingeniero del contratista o inspector de la Supervisión
- Fotografías o videos del procedimiento, debidamente georreferenciadas
- Registros o evidencias de extracción de núcleos si se consideraron
- Pruebas de resistencia de pastillas de base estabilizada al día especificado en el procedimiento aprobado.

La ausencia de estos registros técnicos impide confirmar que el procedimiento aplicado por la empresa Contratista, se haya ajustado objetivamente al procedimiento aprobado por la Supervisión, esto debido a que no hay información, ni registros técnicos por parte de la Supervisión que reflejen la relación con los estacionamientos y fecha donde se aplicó el tratamiento, peso del compactador, cantidad de pasadas, frecuencia y amplitud aplicada por el compactador y así contrastarlos con el procedimiento aprobado por la Supervisión y la UAP.

Por lo cual es criterio del Equipo Auditor que la Supervisión del Proyecto debió registrar y documentar el procedimiento ejecutado, y contar con un registro técnico amplio y detallado de la inspección del procedimiento aprobado en los paños que presentaron incumplimientos de resistencia, en especial por tratarse de una medida que la misma Supervisión avaló ante un incumplimiento cartelario. Sin embargo, la documentación presentada se considera insuficiente, a criterio del Equipo Auditor, en razón de que sin evidencias concretas resulta imposible establecer la efectividad del microfisurado aplicado por la empresa CPC.

En las múltiples visitas de campo realizadas durante el proceso constructivo de los proyectos, los miembros del Equipo Auditor realizaron entrevistas a los inspectores de la Supervisión destacados en el sitio, y se tiene conocimiento que la técnica se aplicó en algunos paños de las Obras de Ampliación del río Alajuela, Obras de Ampliación del río Segundo y Obras del Paso a Densivel Firestone. No obstante, mediante estas entrevistas se determina que no existe claridad en cuanto al procedimiento aplicado ni las fechas en que se aplicó. Este aspecto resulta de relevancia para el Equipo Auditor porque existe incertidumbre si a partir del 08 de junio de 2021 se aplicó la técnica de forma generalizada en todos los paños de base estabilizada en los tramos restantes que quedaban por construir en el proyecto o solamente en los tramos que era necesario.

Ante este riesgo el Equipo Auditor revisó los resultados de resistencia de la base estabilizada construida a partir del 08 de junio de 2021. La revisión permitió identificar que a partir de esa fecha se registraron un total de 28 ensayos de resistencia a la compresión realizados al material de la base estabilizada, de los cuales se determinó que en un 35% de los mismos no se requería la aplicación de la técnica del microfisurado, ya que la resistencia se encontraba dentro de los límites de la especificación.





Sin embargo, se reitera que ni la UAP ni la Supervisión aportaron a este Equipo Auditor, registros técnicos e informes de ensayo que permitieran identificar las secciones específicas donde se aplicó la técnica del microfisurado, por lo cual existe la posibilidad que las secciones que cumplieron con el límite superior hayan sido sometidas al procedimiento del microfisurado sin requerirlo. Lo anterior se evidencia en la Tabla 2 donde se denotan los paños que incumplieron o no con el límite de resistencia establecido en las especificaciones del proyecto, así como los que sí se ajustaron a los parámetros de calidad solicitados (sin resaltar)

Tal como se mencionó anteriormente, aplicar la técnica del microfisurado en una capa que presenta condiciones íntegras en cuanto a compactación y resistencia, se considera una actividad innecesaria ya que se estaría provocando un deterioro a una de las capas de la estructura de pavimento que cumplió con las especificaciones contractuales.

Tabla 2. Ensayos de resistencia a la compresión pastillas de base estabilizada Lote1. Fuente: Castro y la Torre, 2022.

| Informe | Muestra | Subproyecto | Estacionamiento | Fecha de muestreo | Resistencia a 7 días de Edad (kg/cm ²) |
|----------------|----------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------|--|
| 2021-06-5752 | 5445-150 | Puente sobre Río Alajuela | 26+700 | 08/06/2021 | 49,3 |
| 2021-06-5864 | 5442-225 | Puente sobre Río Ciruelas | 18+560 | 09/06/2021 | 64,0 |
| 2021-06-5924 | 5442-226 | Puente sobre Río Ciruelas | 18+650 | 10/06/2021 | 76,0 |
| 2021-06-6172 | 5442-232 | Puente sobre Río Ciruelas | Bastión #1, Fase #1 | 17/06/2021 | 49,0 |
| 2021-07-6485 | 5445-164 | Puente sobre Río Alajuela | 26+825 | 25/06/2021 | 89,3 |
| 2021-07-7185 | 5444-99 | Puente sobre Río Segundo | 18+100 - 18+120 - 18+140 | 15/07/2021 | 73,3 |
| 2021-08-7403 | 5443-141 | Paso Desnivel Firestone | 12+737 | 22/07/2021 | 60,3 |
| 2021-08-7403 | 5443-141 | Paso Desnivel Firestone | 12+670 | 22/07/2021 | 70,3 |
| 2021-08-7404 | 5443-142 | Paso Desnivel Firestone | 12+668 - 12+671 - 12+673 | 27/07/2021 | 114,0 |
| 2021-08-7571 | 5445-200 | Puente sobre Río Alajuela | 26+670 | 31/07/2021 | 46,7 |
| 2021-04-4181 | 5444-32 | Puente sobre Río Segundo | 14+000 | 21/08/2021 | 74,7 |
| 2021-08-7606 | 5445-201 | Puente sobre Río Alajuela | 26+950 | 02/08/2021 | 47,3 |
| 2021-08-7628 | 5445-203 | Puente sobre Río Alajuela | 26+970 | 03/08/2021 | 60,7 |
| 2021-08-7693 | 5445-207 | Puente sobre Río Alajuela | 27+070 | 04/08/2021 | 41,0 |
| 2021-08-7740 | 5443-152 | Paso Desnivel Firestone | 12+870 | 06/08/2021 | 80,7 |
| 2021-08-7933 | 5444-115 | Puente sobre Río Segundo | 14+044 - 14+064 - 14+080 | 12/08/2021 | 79,3 |
| 2021-09-8929 | 5443-197 | Paso Desnivel Firestone | K12+665 y K12+760 | 16/09/2021 | 52,3 |
| 2021-10-9196 | 5443-199 | Paso Desnivel Firestone | K12+610 y K12+660 | 25/09/2021 | 87,3 |
| 2021-10-9264 | 5443-202 | Paso Desnivel Firestone | K13+000 y K13+100 | 28/09/2021 | 92,0 |
| 2021-10-9322 | 5443-205 | Paso Desnivel Firestone | K12+896 y K13+146 | 29/09/2021 | 64,0 |
| 2021-10-9333 | 5443-207 | Paso Desnivel Firestone | K12+890 y K12+965 | 30/09/2021 | 77,7 |
| 2021-10-9629 | 5445-265 | Puente sobre Río Alajuela | K26+690 y K26+740 | 09/10/2021 | 55,7 |
| 2021-10-9657 | 5445-266 | Puente sobre Río Alajuela | aproximación al puente bastión #2 | 11/10/2021 | 36,0 |
| 2021-10-9578 | 5444-171 | Puente sobre Río Segundo | K14+210 y K14+310 | 07/10/2021 | 55,3 |
| 2021-12-111786 | 5443-251 | Paso Desnivel Firestone | aproximación al bastión #1 | 15/12/2021 | 55,7 |
| 2021-12-11788 | 5443-254 | Paso Desnivel Firestone | K12+860, | 17/12/2021 | 41,3 |
| 2022-03-1923 | 5443-268 | Paso Desnivel Firestone | K0+000 y K0+020 | 22/02/2022 | 33,7 |
| 2022-03-2225 | 5443-271 | Paso Desnivel Firestone | K0+150 | 01/03/2022 | 44,7 |

Al oficio EIC-Lanamme-464-2022 del (indicar fecha), la Unidad Administradora del Proyecto emitió respuesta en el oficio UAP-FSJSR-2022-07-822 del 04 de julio del 2022, haciendo referencia al documento UAP-GI-2022-06-180 con fecha 20 de junio del 2022, en el cual, la UAP indica que:

| | | |
|---------------------------|------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0749-2022 | Mayo, 2023 | Página 43 de 99 |
|---------------------------|------------|-----------------|





*“Sobre este particular debemos manifestar, en primer lugar, que esta consideración del equipo auditor no obedece a alguna especificación contractual o normativa aplicable, sino a un criterio particular de dicha instancia; por lo que, si así lo consideran, lo más recomendable es que en las normas y especificaciones técnicas generales del CR 2020, **se incluya una norma en la que se definan las condiciones que debe cumplir un adecuado registro técnico de los procedimientos asociados a la verificación de la calidad.** De esa forma la evaluación se realizaría de una manera más objetiva, sin que prevalezcan criterios particulares sino más bien la verificación del cumplimiento de una norma.” (El resaltado no es del original)*

Se destaca que al tratarse de una técnica reciente y bajo investigación, el procedimiento del microfisurado no se encuentra regulado por el CR-2010, ni por ninguna normativa nacional contemplada en el pliego cartelario, por lo que no se establecen en esos documentos los aspectos que se debieron recabar para el registro e inspección de este proceso en particular, no obstante, la norma INTE/ISO/IEC 17020:2012, establece que se debe mantener un sistema de registro para demostrar el cumplimiento eficaz de los procesos de inspección, de manera que sea posible realizar una evaluación de la inspección como tal.

Se debe comprender que la necesidad de llevar a cabo un procedimiento de este tipo se deriva del incumplimiento en los valores de resistencia para la base estabilizada y, por tanto, corresponde a una actividad correctiva y de mitigación que debe ser supervisada y monitoreada de forma rigurosa para garantizar su efectividad, aspecto que no fue evidenciado en el Lote 1 de las OBIS.

A partir de los criterios expuestos anteriormente, la gestión, ejecución y control del procedimiento de microfisurado no responde a las mejores prácticas de ingeniería esperadas dada la importancia y magnitud del proyecto. Las observaciones realizadas, tienen influencia directa en el desempeño esperado de la técnica propuesta, evidencian debilidades técnicas y falta de rigurosidad en los controles implementados por la Supervisión la UAP y el mismo Contratista.

Aunado a lo anterior, se destaca que, las deficiencias detectadas en el procedimiento de microfisurado, evidencian la omisión de criterios técnicos para su aplicación. Por lo cual, no es posible tener certeza de que la metodología propuesta contribuyó al desempeño del pavimento considerado durante la vida útil estimada en el proceso de diseño. Ahora bien, dado que no existe evidencia de que el método se aplicó adecuadamente en campo, no es posible garantizar la mitigación de posibles agrietamientos por contracción, los cuales pueden provocar una reducción en la capacidad de respuesta mecánica ante la aplicación de las cargas del tránsito, así como el reflejo de grietas en la carpeta asfáltica las cuales permitirían el paso del agua potenciando el daño por humedad en capas subyacentes.



HALLAZGO 4. SE EVIDENCIARON PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS INADECUADAS RELACIONADAS CON LOS TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN E INICIO DEL PROCESO DE COMPACTACIÓN DE ALGUNOS PAÑOS DE BASE ESTABILIZADA EN LAS DIFERENTES OBIS SEGÚN LAS BUENAS PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y LA NORMATIVA NACIONAL.

Durante las visitas del Equipo Auditor a los diferentes proyectos del Lote 1 se evidenciaron al menos dos casos en los cuales el proceso de mezclado, estabilización y compactación de bases estabilizadas se extendió por un periodo superior a las dos horas, contrario a lo establecido en la sección 302 Bases Estabilizadas con Cemento del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010.

El primer caso evidenciado por el Equipo Auditor se registró en la visita realizada el día 28 de octubre de 2020 a las Obras de Ampliación del río Alajuela donde se observaron trabajos de estabilización de base granular con cemento. Durante la estancia en el sitio de trabajo se presenció que uno de los paños que se estaba construyendo en el carril interno, al costado derecho de la vía en el sentido Alajuela-San Ramón, presentaba problemas para alcanzar la densificación requerida. Para este caso en particular, se logró constatar que la finalización del proceso de mezclado y estabilización, así como el inicio del proceso de compactación de esta sección, se dio cerca de las 8 de la mañana y que la compactación final del tramo se extendió aproximadamente hasta las 11 de la mañana debido a los problemas para alcanzar la densificación mínima requerida para el material, tal como se observa en la Figura 9.

Figura 9. Proceso de compactación adicional realizado a las 10:50 am. Fecha: 28 de octubre de 2020.



La condición y acabado de la capa estabilizada evidenciada por el Equipo Auditor durante el proceso de compactación, presentaba signos claros de segregación en algunas zonas a lo largo de la sección en construcción, especialmente en el margen derecho del carril, tal como se observa en la Figura 10.





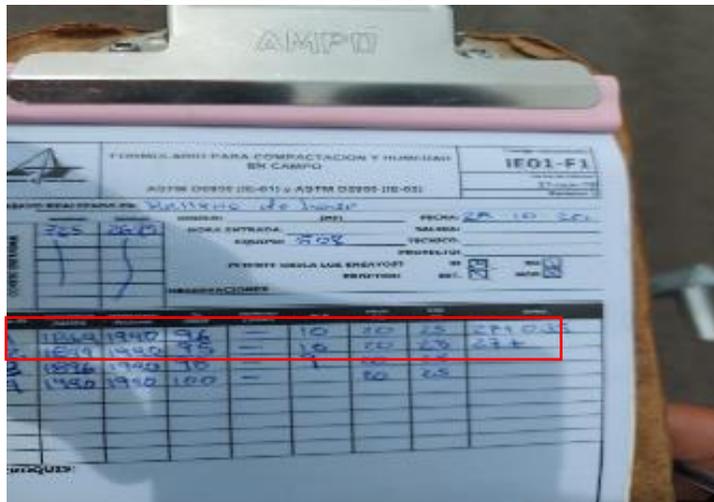
Figura 10. Acabado de la capa de base estabilizada con cemento, con segregación. Fecha: 28 de octubre de 2020.



Ante los problemas de densificación presentados en sitio, se observó que el Contratista añadió más agua y realizó más pasadas con la compactadora, lo cual es una práctica válida según lo establece el Manual de Construcción de Suelo Cemento de la PCA. Esto generó una leve mejoría en los porcentajes de compactación. Sin embargo, debido al tiempo transcurrido entre el mezclado y la finalización de la compactación, aproximadamente tres horas, la técnica empleada se volvió cada vez menos eficiente con el transcurrir de los minutos, por lo que algunas secciones no alcanzaron el porcentaje de compactación mínimo del 97%, según lo establece el CR-2010.

El incumplimiento en el porcentaje de compactación registrado en algunas secciones del paño de base estabilizada se evidencia en la Figura 11 correspondiente al registro de compactación en sitio tomado por el laboratorio de verificación de calidad, dónde se observan porcentajes de compactación del 95% y 96%, por debajo del límite mínimo.

Figura 11 . Formulario y registro de porcentajes de compactación obtenidos por el laboratorio de verificación de calidad. Fecha: 28 de octubre de 2020.





La condición del primer caso fue comunicada a la UAP mediante el oficio LM-IC-D-0966-2020 del 30 de octubre de 2020. La UAP brindó respuesta a las observaciones mediante el oficio UAP-FSJSR-2020-12-1648 del 17 de diciembre de 2020. En este documento la UAP señala que efectivamente los resultados de compactación en sitio, 4 de los 6 chequeos del día 28 de octubre de 2020 no alcanzaron el porcentaje de compactación mínimo del 97%, según lo establece el apartado 302.06 Compactación (Densificación) de la sección 302 Bases Estabilizadas con Cemento CR-2010.

No obstante, en el mismo oficio se indica que el especialista de la Supervisora considera que si bien es cierto que el valor de compactación estuvo un poco por debajo de la especificación, los resultados de resistencia del material ese día se encontraron dentro del rango de diseño, por lo cual no se presentarían problemas a futuro relacionados con la calidad final de la capa estabilizada del proyecto.

Sobre el criterio emitido por el consultor de la Supervisora se debe indicar que el Equipo Auditor difiere, ya que el cumplimiento de la resistencia a la compresión de un ensayo, en una muestra tomada en sitio ese día, no justifica el incumplimiento del porcentaje de compactación del material de diferentes sectores del paño colocado en especial cuando estos obedecen a prácticas constructivas del Contratista.

De igual forma, independientemente de que el incumplimiento registrado fuera leve o no, es criterio del Equipo Auditor que deben prevalecer los lineamientos especificados en el cartel de licitación y no así el criterio del consultor.

Por otra parte, el segundo caso donde se evidenciaron tiempos prolongados del proceso de estabilización y compactación de la base estabilizada correspondió a la visita realizada por el Equipo Auditor a las obras de Ampliación del río Ciruelas el día 27 de enero de 2021. En la visita se logró observar la colocación de la capa de base estabilizada al costado derecho de la calzada actual (sentido San José-San Ramón), en la zona de aproximación al nuevo puente.

Durante la estancia del Equipo Auditor se evidenció que el proceso constructivo de la capa no cumplió con el límite de tiempo establecido en el CR-2010 para su finalización, pues al llegar a este sitio de obra, se logró observar la extensión y humedecimiento del material (Figura 12) en aproximadamente 30 min, para luego continuar con el proceso de compactación. Posteriormente, después de visitar otros sitios de la obra y regresar a este punto, habían transcurrido más de 30 min y se observó que aún estaban compactando la superficie.





Figura 12. Base estabilizada extendida y humedecida. Fecha: 27/01/2021. Hora: 9:53 am.



Esta condición fue notificada a la UAP mediante el oficio **LM-IC-D-0122-2021** el día 15 de febrero de 2021, en el cual se expresó el criterio del Equipo Auditor sobre el método constructivo y de dosificación de agua observado en sitio durante la visita, el cual generaba que el proceso de compactación se extendiera más allá del tiempo establecido desde el inicio de la estabilización. Esto debido a que se observó que el agua suministrada por medio del tanque de agua a la recuperadora no era suficiente para alcanzar la humedad requerida previo al proceso de compactación, lo que hizo necesario un riego adicional de agua de forma manual para alcanzarla, proceso que generó un retraso en el inicio de las labores de densificación de la capa. Además, en ese oficio se realizaron recomendaciones y se destacaron oportunidades de mejora del proceso constructivo y el control de humedad de los agregados.

LA UAP brindó respuesta a la nota del Equipo Auditor el día 23 de marzo de 2021 mediante la nota UAP-FSJSR-2021-03-255 del 23 de marzo de 2021, en la cual indicó que las sugerencias realizadas por el Equipo Auditor serían tomadas en cuenta y serían coordinadas con el constructor para los próximos trabajos.

Sobre el proceso constructivo de la base estabilizada y la condición evidenciada, se debe indicar que el apartado 302.06 Compactación (Densificación) de la sección 302 Bases Estabilizadas con Cemento del CR-2010 establece lo siguiente:

Al inicio de la compactación (para ambos métodos de incorporación), el contenido de humedad deberá estar dentro de un rango de 2 % con respecto al contenido de humedad óptimo de la mezcla. Ningún sector se deberá dejar en reposo más de 30 minutos durante las operaciones de compactación. Todas las operaciones de compactación deberán completarse dentro de una hora desde el inicio de la mezcla, o hasta 2 horas si se utiliza retardador.

Según lo anterior, es claro que el proceso constructivo de ambos casos mostrados en este hallazgo no se ajustó a las disposiciones específicas del contrato, por lo cual, el contenido del hallazgo corresponde a un incumplimiento cartelario. Ante esta condición, se corre el riesgo que la base estabilizada no se pueda densificar uniformemente y se puede ver afectada la estructura de pavimentos del proyecto.



Es criterio del Equipo Auditor que el problema evidenciado refleja que no existió un adecuado control de la humedad durante el proceso constructivo que permita ajustarse a las condiciones del sitio. Las condiciones climáticas y manipulación excesiva del material pueden provocar una pérdida rápida de humedad que a su vez dificulte el proceso de densificación, tal fue el caso en la construcción de la base estabilizada de las Obras de Ampliación del Río Alajuela llevada a cabo el 28 de octubre de 2020. En general, se considera importante resaltar que se debe procurar que la colocación de las respectivas capas que conforman la estructura de pavimento se realice de conformidad con lo indicado en el CR-2010.

SOBRE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN GEOTÉCNICA

Durante la ejecución de la Auditoría, la Unidad de Auditoría Técnica realizó visitas a los proyectos del Lote 1 con el Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR, de manera que los expertos técnicos pudieran inspeccionar los trabajos correspondientes a las obras de protección y así verificar si estos se ajustaron a los planos y especificaciones del proyecto, así como la identificación de oportunidades de mejora en los mismos. Adicionalmente el Programa de Ingeniería Geotécnica realizó la revisión de los estudios previos, diseños que fueron suministrados por la UAP durante el proceso de la auditoría.

A partir de la documentación recibida y las visitas realizadas en el proyecto en conjunto, el PIG elaboró alrededor de 8 informes, los cuales fueron notificados por el Equipo Auditor a la UAP y a la UESR mediante los oficios observados en la Tabla 3. Cabe mencionar que los informes LM-IG-14-2020 e LM-IG-02-2021. no se enviaron directamente a la UAP y al UESR ya que las observaciones de estos informes ya habían sido señaladas en oficios previos enviados por el Equipo Auditor.

Tabla 3. Resumen de informes del PIG enviados por la UAT del Lote 1 de las OBIS

| Oficio | Fecha de envío | Informe |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| LM-IC-D-0420-2020 | 29/05/2020 | LM-IG-03-2020 |
| LM-IC-D-0767-2020 | 22/09/2020 | LM-IG-09-2020 |
| LM-IC-D-0930-2020 | 22/10/2020 | LM-IG-14-2020 |
| LM-IC-D-0122-2021 | 15/02/2021 | LM-IG-02-2021 |
| LM-IC-D-0135-2021 | 17/02/2021 | LM-IG-04-2021 |
| EIC-Lanamme-827-2021 | 23/09/2021 | LM-PIG-I-26-2021 |
| EIC-Lanamme-180-2022 | 11/03/2022 | EIC-Lanamme-0201-2022 |
| EIC-Lanamme-507-2022 | 14/06/2022 | EIC-Lanamme-INF-0645-2022 |

Dentro del contenido de los informes enviados por el PIG y durante el periodo de ejecución del proyecto se realizaron una serie de observaciones y recomendaciones relacionadas con las obras de protección de los 5 proyectos de las OBIS del Lote1, para que fueran valoradas por la UAP y la Supervisión con el fin de contribuir al aseguramiento de la calidad y desempeño de estas obras, así como de los otros elementos del proyecto.

Sobre las observaciones y recomendaciones elaboradas por el PIG y que fueron transmitidas por la UAT, se debe indicar que la UAP y la Supervisión atendieron parte de los criterios emitidos, en dichos informes sin embargo, el alcance de los trabajos generan incertidumbre si las intervenciones realizadas por el Contratista como obras de protección y que fueron aprobadas por la UAP y la Supervisión son suficientes para asegurar el correcto desempeño de los trabajos realizados, así como, la protección de las demás obras del proyecto.





OBSERVACIÓN 1. SE EVIDENCIÓ SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN EN ALGUNOS DE LOS TALUDES DE LOS PROYECTOS CONECTOR BARREAL CASTELLA, OBRAS DE AMPLIACIÓN RÍO SEGUNDO, OBRAS DE AMPLIACIÓN DEL RÍO CIRUELAS, OBRA DE AMPLIACIÓN DE RÍO ALAJUELA DEBIDO A LA FALTA DE EFECTIVIDAD DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN EMPLEADAS Y LA AUSENCIA DEL CONTROL DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN LA CORONA DE DICHOS TALUDES.

Sobre la susceptibilidad a la erosión los taludes debido a la ausencia de obras de protección y de revegetación

A partir de las diferentes visitas realizadas por el Equipo Auditor en acompañamiento con los expertos técnicos del PIG, se ha evidenciado que las medidas de protección contra la erosión de los taludes mediante la revegetación con semilla de zacate y plantas churritaste, no han presentado la efectividad esperada para mitigar las afectaciones generadas por la escorrentía superficial en distintas secciones de los proyectos del Lote 1 de las OBIS.

En el caso del Conector Barreal-Castella, se identificó la presencia de cárcavas en los taludes de las rampas de entrada y salida hacia Ruta Nacional 1 del Conector Barreal Castella, a consecuencia de la ausencia de obras de protección. Esta condición fue notificada por el Equipo Auditor en las notas LM-IC-D-0135-2021, EIC-Lanamme-827-2021 y EIC-Lanamme-180-2022 así como en los informes LM-PIG-14-2020, LM-EIC-PIG-I-26-2021 y EIC-Lanamme-0201-2022. En el siguiente registro fotográfico se evidencia la condición identificada por los expertos técnicos y el Equipo Auditor.

Figura 13. Evidencia de formación de cárcavas y surcos en los taludes del corredor Barreal-Castella. Fecha 2 de setiembre de 2021.



(a) Talud derecho



(a) Talud derecho



Figura 14. Evidencia de material del talud depositado en las cunetas del Conector Barreal Castella. Fecha 2 de setiembre de 2021.



Figura 15. Problemas de inestabilidad local y material caído en zonas del talud derecho. Fecha 17 de febrero de 2022.



Por su parte, en el caso de las obras de ampliación del puente sobre el río Segundo se evidenció susceptibilidad a la erosión en parte del talud derecho (sentido San Ramón – San José) debido a que los trabajos de revegetación tampoco han presentado la efectividad esperada para evitar el desgaste superficial del talud, lo cual se puede apreciar en la siguiente Figura 16. Esta condición fue notificada a la UAP mediante el oficio EIC-Lanamme-827-2021 del 23 de setiembre de 2021, en el cual se identificaron problemas de erosión y estabilidad en las caras del talud ubicado en el estacionamiento 13+950 en el Sentido San Ramón – San José producto de las intensas lluvias.

Figura 16. Evidencias de serios problemas de erosión y estabilidad en las caras del talud del estacionamiento 13+950 debido a lluvias intensas. Fecha 2 de setiembre de 2021.





Posteriormente, durante las visitas de seguimiento al proyecto en el año 2022, se constató la construcción de algunas obras para reconfigurar las zonas en las cuales habían sido identificadas cárcavas de acuerdo a lo indicado en el informe LM-EIC-PIG-I-26-2021. Los trabajos consistieron en la construcción de un dissipador y una especie de recubrimiento cercano al paso Superior sobre la Ruta 1 y un muro tipo Terramesh, tal cual se observa en la Figura 17.

Figura 17. Vista de obras para restitución de cárcavas en talud, sector río Segundo. Fuente: Fideicomiso Ruta Uno, 2022.



No obstante, pese a la realización de estos trabajos se evidenció que las soluciones implementadas no consideraron dentro de su alcance la realización de obras para el manejo adecuado de las aguas de escorrentía superficial, y tampoco resolvieron la problemática de susceptibilidad a la erosión en diversas secciones de la cara del talud, tal cual se evidencia en la Figura 18. Cabe mencionar que dentro de las zonas que presentaban evidencias de erosión la UAP y la Supervisora habían justificado el empleo de vegetación como medidas de protección de la cara de los taludes, sin embargo, la efectividad de la técnica no permite garantizar dicha condición

Figura 18. Condición cara del talud derecho en sentido SJ-SR, evidencia de surcos y erosión del talud por la escorrentía superficial del agua. Fecha 17 de febrero de 2022.





Para las obras de ampliación del puente sobre el río Ciruelas, en el siguiente registro fotográfico se evidencia como los trabajos realizados de revegetación con vetiver no han tenido una evolución positiva.

En la Figura 19 se muestra la condición de la cara del talud una vez que se realizaron labores de revegetación en setiembre de 2021, por su parte en la Figura 20, se muestra la condición del mismo talud después de un lapso de 5 meses (febrero 2022), donde se logra constatar que no hubo un cambio significativo. En ambas figuras se observan zonas con poca o nula vegetación, dejando expuesta la cara del talud a los efectos que la erosión pueda ocasionar.

Figura 19. Medida adoptada de estabilización con vegetación del talud derecho en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaría. Fecha :02 de setiembre de 2021.



Figura 20. Condición del talud derecho en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaría. Fecha: 17 de febrero de 2022.



Por último, en el caso de los taludes conformados en el proyecto de ampliación del puente sobre el río Alajuela, se evidencia en la Figura 18, que al igual que en los casos anteriores la protección con





vetiver no ha sido efectiva como medida de mitigación para la protección de la erosión de la cara de los taludes de dicho proyecto.

Figura 21. Condiciones observadas en taludes cercanos al río Alajuela. Fecha 02 de setiembre de 2021 y 17 de setiembre de 2022.



Sobre la condición evidenciada la UAP brindó respuestas a las observaciones realizadas sobre este tema mediante los oficios UAP-FSJSR-2021-03-259 del 23 de marzo de 2021, UAP-FSJSR-2022-02-180 del 14 de febrero de 2022 y UAP-FSJSR-2022-06-696 del 07 de junio de 2022.

En dichos oficios, la UAP e IDOM indican que el tema de protección de taludes se ha venido tratando en el área ambiental desde hace varios meses y se reconoce que la revegetación propuesta tanto en el Conector Barreal Castilla como en las OBIS restantes no han sido lo suficientemente eficiente como se esperaba, pues es evidente que se requiere recubrir los taludes para evitar que los flujos que se están presentando sigan alterando la cara de los taludes y disminuyendo el adecuado factor de seguridad que estos presentan.

A partir de esto la UAP señala en el oficio UAP-FSJSR-2022-06-696, anteriormente citado que la Supervisión emitió una recomendación para que el Contratista puntualizara las medidas para la protección de los taludes de esta y las demás OBIS, que hubiera aplicado o que estuvieran pendientes por aplicar, de manera que quedaran plasmadas las labores de protección en cada uno de los puntos a intervenir. Ante esto, el Contratista, reiteró que el proceso de revegetación de los taludes no ha cumplido su expectativa, razón por la cual se estaba valorando por el área ambiental la propuesta de revegetación a complementar para atender dicho tema.

De igual forma ese oficio indica que con base en la información sobre el avance de revegetación de los diferentes sectores de las OBIS Lote 1, aportado vía oficio por el Contratista y analizando aproximadamente a un año de implementación de las medidas por parte de éste, las cuales también priorizaron procesos de revegetación con poca asistencia y plazos de ejecución naturales, la Supervisora realizó la observación vía informe (P101302-IDM-HRW-9180TRP-RPT-C-000284-p01.03-S1- Resp Plan de Reveg Integ (UAP 812)), de que en algunos sitios ha habido cierto éxito en la revegetación, pero hay taludes que poseen un grado de éxito bajo y en los que no se ha logrado el avance esperado por el Contratista.

Por lo tanto, la Supervisión recomendó que se debía buscar una solución diferente, la cual sería valorada por el área ambiental, para la implementación del proceso de revegetación. Lo anterior, debido a que el ritmo de avance de la revegetación en los taludes no ha concordado con las





necesidades de estos, especialmente en el caso de los taludes donde se ha priorizado la revegetación natural.

Con respecto a los criterios emitidos por la UAP, se considera que los mismos son de recibo, al recomendar buscar medidas alternativas a las zonas donde la revegetación no ha sido exitosa.

Sin embargo, es importante destacar que, si no se implementan las medidas de control de erosión y el manejo de aguas de escorrentía superficial de manera oportuna, tal como se ha evidenciado a la fecha, la persistencia de la formación de cárcavas y pérdida del material de la cara de los taludes continúa, por lo que eventualmente se podría presentar algún problema de estabilidad en dichos taludes.

En relación con este tema el Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2016), incluido entre la normativa aplicable al proyecto de acuerdo con la versión disponible de las Normas de Diseño y Especificaciones Técnicas, indica que:

“No se permitirá el derrame de las aguas superficiales de la vía directamente sobre los taludes de relleno. Estas deberán ser conducidas mediante el uso de bordillos, cunetas u otros, hasta los puntos de descarga debidamente diseñados, con protecciones contra erosión y en caso necesario, con disipadores de energía, para un manejo apropiado de las velocidades” (SIECA, 2016, p. 191).

Como parte del descargo al informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0749-2022, mediante el oficio UAP-FSJSR-2023-02-102 el 10 de febrero de 2023 aportó información adicional a la documentación ya analizada en el estudio preliminar.

En dicho documento la Supervisora IDOM señaló que continúa dando seguimiento al problema de susceptibilidad a la erosión mediante el protocolo 11: Estabilidad de taludes y el Protocolo 13: Cobertura vegetal, fauna y belleza escénica establecido en el contrato.

Para el caso del conector Barreal Castella, se indicó que el Contratista presentó a finales del año 2022 una propuesta de revegetación para los taludes de esta Obra Impostergable como respuesta a las acciones puntuales de intervención solicitadas por la Supervisora. A partir de dicha propuesta, el día 9 de noviembre del 2022, el Contratista realizó un proceso de hidrosiembra en el talud a mano derecha de la salida del Conector Castella hasta la ruta 106 y abarcando el talud del sector de la ruta 106 detrás de la propiedad de la Academia de Pilotos según se observa en la Figura 22.





Figura 22. Proceso de hidrosiembra en los taludes de la OBI Castella. Fuente: Consultorías El Guayacán, 9 de noviembre del 2022.



Además, dentro del documento la Supervisora hace referencia a una visita de monitoreo el día 23 de diciembre de 2022, en la cual se observó que el control de erosión aplicado avanza de manera lenta pero satisfactoria, debido a la entrada de la época seca, quedando solventado bajo su criterio el aspecto de control de la erosión. Por último, se señala que la Supervisora dará el respectivo seguimiento para evaluar su efectividad, durante el periodo de corrección de defectos.

En relación con los criterios emitidos por la Supervisora sobre los taludes del Conector Barreal Castella se debe indicar que la mayoría son de recibo, sin embargo, no se comparte que a la fecha se haya resuelto el problema de susceptibilidad a la erosión en dicha obra impostergable. Esto a partir de que en la visita de monitoreo del 01 de febrero de 2023 realizada por el Equipo Auditor al Conector Barreal Castella no se observó una cobertura aceptable del talud intervenido mediante el sistema de revegetación hidrosiembra y siguen persistiendo signos de erosión en la cara del talud, tal como se evidencia en las siguientes fotografías.



Figura 23. Condición de taludes del Conector Barreal Castella. Fecha 01 de febrero de 2023.



a) Talud con poca revegetación, presencia de cárcavas



b) Talud con revegetación media, presencia de cárcavas

Sin embargo, para la apreciación anterior se toma en consideración que la visita se realiza durante la época seca, por lo tanto, previo a cualquier conclusión del resultado de la aplicación de esta técnica, se considera adecuado monitorear el talud y esperar una vez que inicie la época lluviosa para verificar la correcta germinación de las semillas instaladas mediante la hidrosiembra tal cual lo señala la Supervisora.

En relación a los otros taludes, el descargo UAP-FSJSR-2023-02-102 no aporta ninguna información adicional, confirmándose la condición evidenciada a través de la visita de monitoreo realizada por el equipo Auditor el 01 de febrero de 2023 a los proyectos de las Obras de Ampliación río Segundo, del río Ciruelas, y del río Alajuela, identificándose indicios de erosión superficial del talud, presencia de cárcavas y ausencia de técnicas de revegetación proliferada.

No obstante, se considera de relevancia señalar que la Supervisora solicitó en el periodo de notificación de defectos la intervención de los sectores que no han mostrado una efectividad o desempeño adecuado bajo su criterio.

Por lo cual según la condición evidenciada a la fecha del cierre del informe no permitiría afirmar el cumplimiento de la normativa establecida en el Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica (SIECA, 2016).

Sobre la ausencia de obras de control de escorrentía en la corona de diferentes taludes en el Lote 1 de las OBIS

Los informes LM-EIC-PIG-I-26-2021 y EIC-Lanamme-0201-2022 señalaron ausencia de obras de control de escorrentía en diferentes taludes del Lote 1 de las OBIS, condición que favorece la susceptibilidad a la erosión y a la pérdida de estabilidad de las masas de suelo.

A continuación, se detallan las principales zonas de preocupación detectadas por los expertos técnicos del Programa de Ingeniería Geotécnica del LanammeUCR y el Equipo Auditor, donde no





se identificaron obras de canalización de escorrentía en la corona de los taludes que fueron alertados mediante los informes anteriormente citados.

Obras del Conector Barreal Castella

A partir de las visitas realizadas los días 02 de setiembre de 2021 y 17 de febrero de 2022, se evidenciaron problemas de erosión y algunas zonas de inestabilidad local de la cara del terreno del talud derecho (sentido ruta 1 – ruta 106) cerca de la intersección con la Ruta Nacional 106, tal como se observa en la Figura 24 y Figura 25.

Además, se identificaron depósitos del material del talud en cuneta tal cual se observó en la *Figura 14* del informe. Sobre esta condición el informe LM-EIC-PIG-I-26-2021 señaló ausencia y poca eficiencia de las medidas de protección superficial del talud, lo cual aunado a las fuertes lluvias habían causado el desprendimiento del material a la cuneta, así como la erosión de la superficie del talud. Adicionalmente, se señaló la ausencia de algún tipo de obra de control de la escorrentía superficial en la corona de este mismo talud, lo cual aumenta la vulnerabilidad a que se produzcan fallas locales como las observadas

Figura 24. Problemas de inestabilidad en el talud derecho (sentido ruta 1 ruta 106) de la rampa de salida, a nivel de la ruta 106. Fecha 2 de setiembre de 2021.



(a) cara del talud



(b) corona del talud



Figura 25. Problemas de inestabilidad local y material caído en zonas del talud derecho. Fecha 17 de febrero de 2022.



Obras de Ampliación de río Segundo

En lo que respecta a las Obras de Ampliación de río Segundo en el informe LM-EIC-PIG-I-26-2021, se evidenciaron serios problemas de erosión y estabilidad en las caras del talud ubicado en el estacionamiento 13+950 en el Sentido San Ramón – San José producto de las intensas lluvias en la visita del 02 de setiembre de 2021.

Posteriormente tal como se evidenció en la Figura 17, en el mes de febrero de 2022 se observaron obras para la reconfiguración de dicho talud, no obstante, las soluciones propuestas no consideraron la construcción de elementos drenaje para ayudar a recolectar las aguas de escorrentía superficial provenientes de la parte alta del talud, tal como se muestra en la Figura 24.

A partir de la condición evidenciada en el informe EIC-Lanamme-0201-2022 y la nota EIC-Lanamme-180-2022 del 11 de marzo de 2022, se externa la preocupación de la carencia del manejo de aguas de escorrentía superficial en la parte alta del talud, ya que se evidenciaron muestras de inestabilidad del talud en una zona cercana, al observarse que la masa de suelo cercana al paso a desnivel sobre ruta 1 se había desprendido, percibiéndose en la cara del talud material suelto y agrietamientos tal como se observa en la Figura 26.

Figura 26. Vista de obras para restitución de cárcavas en talud, sector Río Segundo. Fecha 17 de febrero de 2022.



Posteriormente a las observaciones realizadas en la nota EIC-Lanamme-180-2022 del 03 de marzo de 2022, en la visita del 23 de junio de 2022 el Equipo Auditor identificó que el Contratista realizó una especie de recubrimiento en las proximidades del talud donde se había identificado el desprendimiento de la masa de suelo, sin embargo, se evidenció que la solución implementada no consideró dentro de su alcance la realización de obras para el manejo adecuado de las aguas de escorrentía superficial, únicamente se señala que se conformaron unos pequeños “lomos” con material granular en la corona del talud para evitar que dichas aguas escurrieran hacia el talud cercano al puente y a los taludes aledaños al disipador tal como se observa en la Figura 27.

Figura 27. Montículos de material granular para impedir el paso de escorrentía superficial hacia la cara del talud donde se encuentra disipador. Fecha: 23 de junio de 2022.





No obstante, es criterio del Equipo Auditor que la medida implementada no soluciona la susceptibilidad a la erosión a lo largo de la sección total del talud, sino que solo atiende una sección puntual del mismo, es decir la solución implementada por el Contratista y aprobada por la UAP y la Supervisión lo que hace es reorientar el agua de escorrentía que llega a la sección del dissipador hacia puntos inferiores de la sección del talud, por lo cual la susceptibilidad a erosión y posibles problemas de estabilidad local se mantiene.

Obras de Ampliación del río Ciruelas

En los informes LM-EIC-PIG-I-26-2021 y EIC-Lanamme-0201-2022, señalan la ausencia de obras para el manejo de la escorrentía superficial en la corona del del talud derecho (sentido San Ramón – San José), específicamente en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria. Dicha condición puede afectar las medidas adoptadas para la protección contra erosión del talud, así como propiciar caídas de material, o en el peor de los casos deslizamientos que afecten la seguridad de los usuarios de la carretera. La ausencia de obras de drenaje en la corona del talud se evidencia en la Figura 28.

Figura 28. Condiciones observadas en la corona del talud derecho en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria. Fecha :02 de setiembre de 2021 y 17 de febrero de 2022.



Adicional a lo señalado en ambas visitas se observó el estacionamiento de vehículos en la parte superior de una sección del talud en cuestión (Figura 28), esta condición pareciera ser permanente en el lugar y la misma constituye una sobrecarga para la masa de suelo la cual es un factor adicional que puede incidir en la estabilidad del mismo.

Por último, dentro de las observaciones realizadas por el PIG se señala evidencias de una falla local del talud en la zona aledaña a Aduanas. En la Figura 29 se observa que sección de la calle que se encuentra en la parte superior del talud falló por una inestabilidad local del mismo, si bien esta falla observada no es producto de las actividades del proyecto, la misma se debe asumir con indicio de los problemas de inestabilidad del talud derecho en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria.



Figura 29. Falla local del talud en zona de aduanas Santamaría. Fecha: 17 de febrero de 2022.



Respecto a la ausencia de obras de control de escorrentía en la corona de los taludes anteriormente mencionados, se debe indicar que el Equipo Auditor recomendó en los oficios EIC-Lanamme-827-2021, EIC-Lanamme-180-2022 y EIC-Lanamme-507-2022 realizar el manejo adecuado de las aguas de escorrentía superficial y la protección de la superficie de la cara de los taludes para evitar eventuales problemas de erosión e inestabilidad del talud derecho (sentido San Ramón – San José), ya que al tratarse de un talud con una altura considerable, se aumenta la vulnerabilidad a que se produzcan fallas locales como las observadas en las figuras anteriores y consecuentemente comprometa la seguridad y desempeño de las obras realizadas.

La UAP brindó respuestas a las observaciones realizadas sobre este tema mediante los oficios UAP-FSJSR-2021-03-259 del 23 de marzo de 2021, UAP-FSJSR-2022-02-180 del 14 de febrero de 2022 y UAP-FSJSR-2022-06-696 del 07 de junio de 2022

En lo que respecta al caso específico del Conector Barreal Castella, la UAP, mediante oficio “UAP-FSJSR-2022-02-180” del 14 de febrero de 2022, indicó que la problemática de la construcción de contracunetas en la zona superior del talud se debió a una expropiación que no fue posible realizar. Por lo tanto, es criterio del Equipo Auditor que las acciones implementadas por el Contratista en el talud derecho cerca de la intersección con la Ruta Nacional 106 no se considera suficientes para atender la vulnerabilidad del mismo ante eventuales problemas de erosión e inestabilidad.

Por otra parte, sobre la ausencia de obras de drenaje para captar el agua de escorrentía de la corona del talud de las Obras de Ampliación de río Segundo, la UAP en el oficio UAP-FSJSR-2022-06-696 del 07 de junio de 2022, indica que los desniveles que presenta la corona de dicho talud a lo largo del mismo no permitirían la construcción de una contracuneta con un solo desnivel, sino que se requeriría de varias secciones y por consecuente, de la construcción de al menos un bajante o dissipador adicional para manejar dichas aguas, siendo que una de las mayores afectaciones son las aguas provenientes de la calle pública que viene de Intel (*la cual en las cercanías del puente del*





paso a desnivel no cuenta con cunetas), por lo que realmente se requeriría de una solución integral del manejo de aguas de esa zona urbana que esta fuera del alcance del proyecto.

Sobre el criterio emitido por la UAP en referencia al alcance del proyecto, se debe aclarar primeramente que el Equipo Auditor en ningún momento recomendó la realización de obras fuera del alcance del proyecto. La recomendación del LanammeUCR se enfocó en la atención de la problemática que está generando la afectación de los taludes producto de la escorrentía superficial que fluye desde la corona del talud hacia la cara del mismo, por lo cual no es de recibo que la UAP indicará que no es posible construir las contracunetas por que el aporte adicional de las aguas pluviales de escorrentía que provienen de la calle pública que da acceso al paso superior, ya que esta es una condición en sitio que tuvo que haber sido identificada desde la etapa de anteproyecto e inclusive más aun durante la etapa de diseño de las obras para brindar una solución integral tal como lo indica la UAP. De igual manera tampoco es de recibo que no se construyeron las contracunetas debido a las condiciones topográficas de la corona del talud ya que el Contratista debió haber contemplado las condiciones de sitio para la realización de los diseños.

Por último, en el caso del talud derecho (sentido San Ramón – San José) en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria de las obras de Ampliación del río Ciruelas. La UAP en el oficio “UAP-FSJSR-2022-02-180”, adjuntó el documento P101302-IDM-HRW-9180TRP-RPT-C-000410-p01.02-S3-inf-Revi Oficio (LAN-827), en el cual la Supervisora menciona que la responsabilidad de las tareas a realizar en esta zona, recae sobre la Municipalidad de Alajuela. Sin embargo, señalaron que por un tema de competencias con la Municipalidad de Alajuela y la no presentación de diseños del área que le correspondía a dicha municipalidad, se aceptó por parte de la Unidad Administradora y las demás partes involucradas en el proyecto, la implementación de medidas de protección por medio de una revegetación de los taludes.

Posteriormente en el oficio UAP-FSJSR-2022-06-696, la UAP reiteró que la protección de taludes y escorrentía superficial en la corona del talud cercano a Terminales Santamaría, es responsabilidad de la Municipalidad de Alajuela, y que algunas de las obras propuestas habían sido sometidas a su revisión, pero que no habían sido aprobadas por falta de algunas memorias que respaldaran las propuestas planteadas. La UAP señaló que se había solicitado y coordinado con la Municipalidad la atención tanto de dichas medidas como de los muros requeridos en esa zona para la estabilidad de ese talud, los cuales ya estaban diseñados.

En relación con las respuestas de los oficios de la UAP, se reconoce las gestiones realizadas por el gestor del proyecto con la Municipalidad de Alajuela para la realización de obras de protección del talud así como de canalización de las aguas de escorrentía de la corona talud derecho en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria, no obstante al día de hoy, se debe aclarar que no se ha realizado ninguna de estas obras por lo que se sigue considerando prioritaria la atención del talud para evitar eventuales problemas de estabilidad en dicha zona.

Por lo tanto, el criterio del riesgo o susceptibilidad del talud derecho en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria a sufrir erosión y problemas de estabilidad se mantiene por parte de esta Auditoría.





Ahora bien, respecto a la ausencia de obras de control de escorrentía en la corona de diferentes taludes en el Lote 1 de las OBIS, se debe contemplar que el Manual de consideraciones geotécnicas del SIECA, para los drenajes superiores a los taludes, establece en la sección 4.4.1 lo siguiente:

“Se instalarán canales de drenaje para la parte superior de la pendiente a lo largo de toda la parte de la corona del talud para evitar el flujo de escorrentía superficial de las áreas adyacentes a la pendiente.

El tamaño de la zanja a lo largo de la parte superior de la pendiente se determinará en función de la cantidad de escorrentía debida a las precipitaciones. Las zanjas se construirán utilizando mezcla de suelo cemento, mampostería de piedras, etc. la figura 4.14 da una imagen estructural de una zanja de drenaje hecha con una mezcla de cemento para suelos, JICA, 2018....

Estos canales se instalarán cerca de la punta de la pendiente para evitar el flujo de agua en la parte posterior o laterales de la zanja.” (El destacado no es del original)

De manera que, a partir este criterio técnico de normativa de diseño centroamericana, se ratifican los criterios del Equipo Auditor; en el sentido de que la ausencia de obras de canalización de escorrentía superficial en la corona de los taludes de las distintas obras del Lote 1 de las OBIS, aumenta la susceptibilidad de esos taludes a sufrir afectaciones por erosión y por ende a posibles fallas locales del mismo.

De igual manera se concluye que. las obras realizadas en los taludes citados en esta observación no son suficientes para la protección del talud ante las evidencias registradas de surcos y signos erosión evidenciados en las visitas realizadas por el Equipo Auditor.

Finalmente, se destaca que, si bien se evidencia una voluntad de la Supervisión en recomendar mejoras a las medidas de protección actuales, se debe indicar que la condición de los taludes al cierre del informe evidencia la susceptibilidad a la erosión, por lo tanto, se mantiene el criterio.

OBSERVACIÓN 2. SE EVIDENCIÓ LA SUSCEPTIBILIDAD A LA DISGREGACIÓN DEL AGREGADO UTILIZADO COMO PIEDRA GAVIÓN EN EL MURO DE GAVIONES 2 DE LAS OBRAS DEL PASO A DESNIVEL FIRESTONE EN EL SENTIDO SAN-RAMÓN SAN JOSÉ PRODUCTO DEL INTEMPERISMO.

El informe LM-EIC-PIG-I-26-2021, a partir de la visita realizada el 02 de setiembre de 2021, enlistó dentro sus observaciones la incertidumbre respecto a la durabilidad de los materiales utilizados en el muro 2 de gaviones del paso a desnivel de la Firestone, debido a evidencia del uso de piedras gavión que presentaron una alta susceptibilidad a la disgregación a causa del intemperismo. En la Figura 30 se evidencia la condición de las piedras gavión observadas en las canastas de los muros ya construidos.





Figura 30. Presencia de piedras o rocas susceptibles al intemperismo o meteorización. Fecha 2 de setiembre de 2021.



Posteriormente como parte al monitoreo al señalamiento del informe LM-EIC-PIG-I-26-2021, se realizó una inspección del muro en la visita del 17 de febrero del 2022, donde se logró constatar la existencia de rocas desintegradas dejando espacios vacíos en algunas secciones de las canastas del muro, tal como se observa en la Figura 31.

Figura 31. Condición de rocas en el muro 2 de gaviones en paso a desnivel de Firestone. Fecha 17 de febrero de 2022.



(a) Roca afectada por el intemperismo



(b) Espacio vacío por desintegración de roca

A partir de los señalamientos de los expertos técnicos del PIG, el Equipo Auditor dio seguimiento a la condición de las piedras gavión utilizadas en la obra de protección. Como parte de las labores de seguimiento se realizó una visita en conjunto con profesionales de la UAP, la Supervisión y la UESR, el día 29 de abril de 2022, con el fin del mostrar el grado de severidad de la disgregación del agregado de las canastas del muro gavión producto del intemperismo, el cual se observa en las siguientes fotografías.



Figura 32. Condición de rocas en el muro 2 de gaviones en paso a desnivel de Firestone. Fecha 29 de abril de 2022.



Adicionalmente en el informe LM-EIC-PIG-I-26-2021, se menciona que el tipo de roca empleado en este tipo de muro, requiere el cumplimiento de las especificaciones de la sección 253 del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010), entre las cuales se mencionan que la roca debe ser dura, resistente al intemperismo, con un índice de durabilidad del material grueso de 50 mínimo (AASHTO T210). No obstante, la condición observada a lo largo del tiempo desde que se construyó el muro generó incertidumbre sobre el cumplimiento de dichas propiedades. Por lo tanto, se recomendó a la UAP ensayos adicionales a la piedra gavión utilizada en la construcción de los muros de gaviones como el índice SDI (Slake Durability Index – ASTM D4644), para determinar la durabilidad y el cumplimiento de un valor mínimo de 85% para dos ciclos de ensayo.

La UAP brindó respuesta al oficio EIC-Lanamme-827-2021 mediante la nota UAP-FSJSR-2022-02-180, donde se adjuntó el informe P101302-IDM-HRW-9180TRP-RPT-C-000410-p01.02-S3-inf-Revi Oficio (LAN-827). En su informe la Supervisora indica que el Contratista aporta documentos que demuestran el cumplimiento de las especificaciones de los agregados. A partir de esto se revisó el documento adjunto al informe de la Supervisora que corresponde a un informe de resultados de ensayo por parte de CACISA, Informe “CR-LAB-SR-2020-10686” emitido en noviembre del 2020, donde se muestra el cumplimiento con los parámetros de índice de durabilidad y abrasión de las rocas utilizadas por el constructor de los muros de gaviones.

Sobre estos resultados se debe indicar que los informes de ensayo muestran resultados puntuales, que son representativos, del momento en que se realizó ese muestreo. Este único informe aportado por el Contratista no muestra el flujo de control de calidad realizado a los agregados utilizados para conformar el muro. Por lo cual no se cuenta con evidencia suficiente para afirmar que la piedra gavión utilizada en el muro 2 de gavión del Paso a Desnivel Firestone se ajuste a las propiedades mecánicas del Informe “CR-LAB-SR-2020-10686”. Cabe mencionar que este agregado del muro 2 del Paso a Desnivel Firestone fue el único de su tipo de las cinco OBIS del Lote 1 que mostró la susceptibilidad a la disgregación producto del intemperismo.

Por otra parte, es importante indicar que la construcción de los muros de gaviones fue un subcontratado realizado por el consorcio CPC a la empresa Maccaferri, por lo cual se considera de





gran relevancia que la Administración en este caso representada por la UAP, tenga un control periódico de la calidad del material utilizado, ya que al ser un parámetro que no es directamente monitoreado por el Contratista existe la posibilidad de que se presenten variaciones en fuentes de agregados que solo pueden ser percibidas mediante un único monitoreo del material al inicio del proyecto para todos los muros construidos.

Ahora bien, en relación con respuesta de la UAP y la Supervisión, se debe indicar que no existe evidencia de que ninguna de las dos entidades consideró la recomendación del LanammeUCR de la realización de ensayos adicionales a la piedra gavión utilizada en la construcción de los muros de gaviones, esto a pesar de la condición evidenciada.

Sobre este tema se debe recordar que en caso de incertidumbre sobre la calidad de materiales la UAP como gestor del proyecto tiene la potestad de realizar ensayos o aumentar la frecuencia de los mismos en caso de que lo considere necesario, con fundamento en la sección 107 Aceptación del trabajo del CR2010 en los siguientes apartados:

Apartado 107.01 Conformidad con los requisitos del Contrato

“El Contratante puede inspeccionar, muestrear o probar todo el trabajo en ejecución en cualquier momento antes de la aceptación final del proyecto. Cuando el Contratante haga ensayos en la obra, los resultados de las pruebas se entregarán al Contratista a su solicitud formal expresa. Únicamente los resultados de los ensayos obtenidos de un proceso de verificación establecido por el Contratante serán usados para pago y aceptación de las labores.

Apartado 107.03 Certificación.

El material aceptado mediante certificación puede ser muestreado y ensayado en cualquier momento. Si se encuentra que no está conforme con el Contrato, se rechazará en el lugar en que se encuentre

A partir de la respuesta de la UAP el Equipo Auditor emitió la nota EIC-Lanamme-180-2022 del 03 de marzo de 2022, en la cual se reitera la condición de susceptibilidad a la disgregación del agregado utilizado como piedra gavión y se solicitó a la UAP adjuntar los resultados de control de calidad realizados durante la ejecución del proyecto con el fin de verificar que los diferentes lotes de agregados colocados mantuvieron el patrón de calidad del informe el Informe CR-LAB-SR-2020-10686.

La UAP brindó respuesta la oficio EIC-Lanamme-180-2022 mediante la nota UAP-FSJSR-2022-06-696 del 07 de junio de 2022, reiterando los criterios del oficio UAP-FSJSR-2022-02-180 en relación al cumplimiento de las propiedades de la piedra gavión según la sección 705.01 del CR-2010 MOPT, a partir de los resultados presentados en el informe de ensayo CR-LAB-SR-2022-02-180 de la empresa CACISA por lo cual se dio el visto bueno al material.

Además, la UAP señala que según apartado 253 del CR-2010 el cual refiere a la Tabla 209-1 para establecer los requerimientos mínimos de muestreo y ensayo, únicamente es necesario el protocolo de pedir el certificado de la fuente, presentado por el contratista, para la aceptación de la misma, por lo que no se establecieron controles adicionales a dicho agregado en la matriz de control de calidad.

| | | |
|---------------------------|------------|-----------------|
| EIC-Lanamme-INF-0749-2022 | Mayo, 2023 | Página 67 de 99 |
|---------------------------|------------|-----------------|





del proyecto, de ahí que no existe un flujo de calidad para dicho agregado como lo solicita el LanammeUCR en su informe, dado que la propia especificación en la que se respalda no lo establece.

Por otro lado, la UAP indica que en las inspecciones visuales de los trabajos de construcción y acabado del muro se cumple con los requerimientos contractuales y no se apreció incumplimiento del tipo de material utilizado.

Finalmente, el documento señala UAP-FSJSR-2022-06-696 que, a partir de una visita realizada por el consultor en geotecnia de la Supervisora, en la cual no se especifica la fecha de la visita, y la visita en conjunto con personal del LanammeUCR, se determinó que son “muy pocos” casos de rocas afectadas por intemperismo, por lo que se considera una afectación mínima que está dentro de la tolerancia natural de este tipo de obras.

Sobre la respuesta brindada por la UAP, según la normativa es de recibo la justificación de que no era obligatorio establecer un flujo de calidad periódico para dicho agregado. No obstante, tal como se señaló anteriormente en la sección 107 del CR-2010, el Contratante tiene la potestad de realizar ensayos en cualquier momento antes de la aceptación final del proyecto, por lo que si bien la Supervisión indica que durante el proceso constructivo no notaron que el material incumplía, posteriormente sin que el trabajo hubiese sido aceptado sí se evidenció la susceptibilidad del material a deteriorarse por el fenómeno del intemperismo, por lo que es criterio del Equipo Auditor, que de forma diligente la Supervisión debió haber solicitado la realización de ensayos a este material tal como lo había recomendado el LanammeUCR.

Se debe mencionar que si bien los casos detectados por el LanammeUCR, a la fecha no evidencian una pérdida de masa significativa de las canastas de los muros, las evidencias mostradas en los diferentes meses a partir de la construcción de la obra de protección demuestran una afectación continua de este agregado. Por lo cual, no se compartió el criterio de la UAP en señalar que las afectaciones evidenciadas están dentro del rango de tolerancias y que los casos son muy pocos, ya que estas afirmaciones se realizan sin respaldo de un ensayo o documento técnico, posterior a las evidencias de disgregación del agregado por intemperismo que demuestre que el agregado de dicho muro en particular no va a continuar sufriendo esta problemática con el paso del tiempo.

Como parte del descargo al informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0749-2023, la Supervisora IDOM y la UAP mediante el oficio UAP-FSJSR-2023-02-102 del 10 de febrero de 2023, sobre la realización de ensayos de durabilidad adicionales a la piedra gavión del muro 2 del paso a desnivel Firestone Indica que:

Se debe indicar que, dado que la obra está finalizada, lo solicitado por el LanammeUCR de un muestreo in situ no es viable pues ello significaría abrir y alterar una de las canastas para realizar un muestreo, y además, tampoco sería un muestreo que se pueda considerar válido y aleatorio.

Respecto a este criterio se debe indicar que si bien la decisión de la Supervisora y la UAP de no alterar la conformación del muro para verificar la durabilidad de un agregado que muestra evidente susceptibilidad a la disgregación producto del intemperismo no es compartida por el Equipo Auditor,





se puede considerar razonable desde el punto de vista que la realización de un muestreo significativo podría generar una afectación a la conformación del muro.

Ahora bien, pese a que la no realización de un muestreo para verificar la durabilidad del agregado empleado en el muro de gaviones no permite generar conclusiones sobre las propiedades mecánicas de este material, se ha evidenciado que con el paso del tiempo se siguen presentando signos de susceptibilidad a la disgregación por intemperismo.

Adicionalmente se debe señalar que ni la Supervisora ni la UAP, conociendo la condición de susceptibilidad a la disgregación por intemperismo y bajo la decisión de no realizar ensayos adicionales de durabilidad al material, han solicitado la aplicación de medidas de protección o impermeabilización del muro para mitigar el proceso de disgregación que se ha observado persistente desde la construcción del muro hasta la fecha.

Por otra parte, en el descargo la Supervisora IDOM sí se encuentra coincidencia con el criterio del Equipo Auditor en brindar un monitoreo continuo al muro, tal cual lo hace constar el siguiente párrafo del oficio UAP-FSJSR-2023-02-102.

Esta Supervisora si considera prudente realizar un seguimiento, y solicitar al contratista un criterio sobre deformaciones admisibles en las canastas de los gaviones a la empresa que se encargó de su construcción para poder dar un monitoreo adecuado a futuro en base a dicho parámetro.

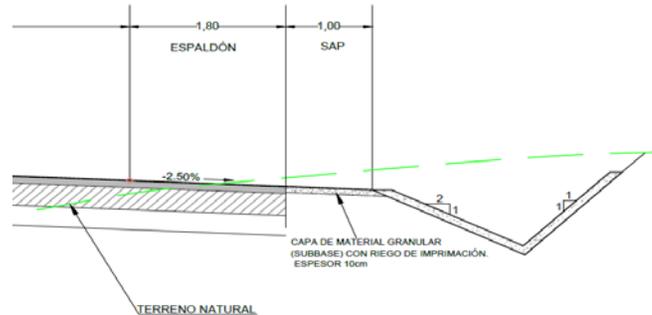
Si bien el criterio emitido por la Supervisora es de recibo, no establece con claridad en el plan cómo se llevará a cabo dicho monitoreo, quienes serán los responsables de realizar dichas acciones y durante que periodo se realizará dicho seguimiento

OBSERVACIÓN No. 3. SE EVIDENCIÓ QUE LA SOLUCIÓN IMPLEMENTADA COMO SOBRE ANCHO DEL PAVIMENTO (SAP) EN LAS OBRAS DEL CONECTOR BARREAL – CASTELLA NO GARANTIZA LA PROTECCIÓN DE LAS CAPAS INFERIORES Y ADEMÁS PRESENTA UN ACABADO FINAL DEFICIENTE EN MÚLTIPLES PUNTOS DE SU SECCIÓN

A partir de la revisión realizada de los planos correspondientes del Conector Barreal – Castella, se identificó que se debía construir un sobre ancho del pavimento, conocido como SAP, tal y como se muestra en la Figura 33, este correspondía a la sección comprendida entre el espaldón y la cuneta, lo que representa una franja aproximada de 1 m de ancho, sobre la que se debía colocar un riego de imprimación, no obstante, en las distintas visitas realizadas por el Equipo Auditor, se identificó un acabado deficiente sobre el SAP en específico sobre el riego de imprimación colocado, por lo cual se detalla a continuación lo observado.



Figura 33. Detalle para la zona (SAP) entre el espaldón y la cuneta en Rampa de Salida RN1.
Fuente: Planos del proyecto, junio 2020.



Con base en la Hoja 4.1. de los planos del proyecto (tercera revisión, junio 2020), en el SAP se colocaría una capa de 10 cm de subbase y posteriormente el riego de imprimación, no obstante, en la visita realizada el 09 de diciembre del 2020, se pudo observar por primera vez la sección en la cual se construiría el SAP, precisamente entre los estacionamientos 0+000 al 0+130 de la rampa de salida de RN No. 1 dicha sección en su momento se encontraba sin ningún riego de imprimación o sello de protección.

Figura 34. Franja SAP al costado de la cuneta en la Rampa de Salida RN1. Fecha: 09 de diciembre del 2020.



(a)



(b)

A partir de la visita del Equipo Auditor se emitió el oficio LM-IC-D-1120-2020 del 17 de diciembre del 2020, en el cual se consultaba a la Unidad Administradora (UAP) por la condición observada. En dicha nota, además se advirtió a la UAP del desgaste que podría provocar el eventual estacionamiento de vehículos en esa zona en particular, al no contar con ninguna protección que aporte capacidad estructural en ese punto o alguna barrera física que limite el parqueo de vehículos ante alguna emergencia.

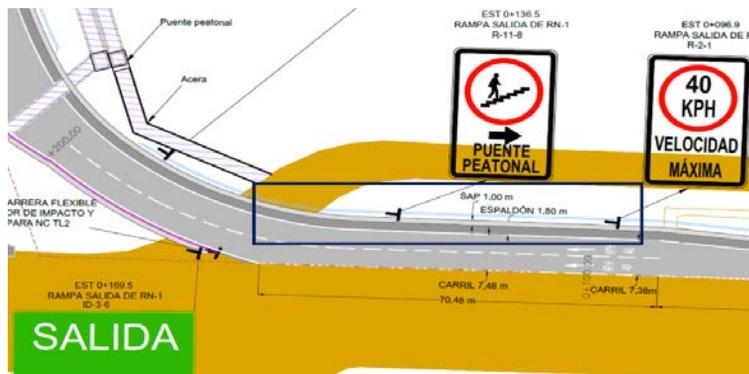
Al respecto, mediante el oficio UAP-FSJSR-2021-01-1684 indico el 06 de enero del 2021 que, en la sección indicada no se había colocado el riego de imprimación debido a que aún estaban pendientes trabajos en la cuneta por parte del Contratista, sin embargo, no se emitió criterio sobre el posible desgaste en la zona del SAP.



Posteriormente, en la visita realizada por el Equipo Auditor al proyecto el 14 de enero de 2021, el ingeniero residente por parte de la Supervisión indicó que, según los planos del proyecto, se colocaría una barrera o sistema de contención vial previo al SAP, por lo cual esta zona no estaría disponible para el estacionamiento de un vehículo ante alguna eventualidad. Razón por la cual, se realizó la revisión de los planos actualizados a noviembre del 2020, se identificó en las láminas 9-1, 9-2, 9-3 la presencia de sistemas de contención previo al SAP en la mayoría de los tramos del Conector Barreal-Castella.

Sin embargo, tal y como se muestra en la Figura 35, en la sección de la rampa de entrada de RN1 al Conector Barreal-Castella, no se identificó presencia de algún sistema de contención vial en el costado derecho de la vía, lo cual hace que dicha sección sea susceptible a los daños por desgaste mencionados por el Equipo Auditor.

Figura 35. Zona SAP sin presencia de algún sistema de contención. Fuente: Planos del proyecto, noviembre 2020.



Se debe comprender que, si bien el diseño y posicionamiento de un sistema de contención vial no responde a la protección del SAP, sino que, a otras funciones de seguridad vial, en el caso del Conector Barreal – Castella estos sistemas de manera indirecta brindan una protección a esa sección. Esto fue indicado a la UAP mediante la nota LM-IC-D-0040-2021 del 20 de enero del 2021, también se recomendó que se podía proteger el SAP con la colocación de concreto o mezcla asfáltica con el fin de brindar suficiente capacidad estructural en esa región y de esa manera evitar desgastes en el sello, que podían afectar la continuidad del bombeo transversal hacia las cunetas. Cabe destacar que, la respuesta de la UAP y la Supervisión estableció que lo indicado por esta Auditoría era una observación válida y que podía ser aplicable al Contratista, tal y como consta en la nota UAP-FSJSR-2021-03-252 del 23 de marzo del 2021.

No obstante, en las visitas del 02 y 09 de julio del 2021, se identificó que el avance de las obras ya registraba la colocación de los sistemas de contención vehicular, quedando en evidencia que solo en algunas zonas el sistema de contención vial separaba del tránsito de forma indirecta al SAP. Además, se evidenció que en la zona del SAP en su mayoría se encontraba imprimada, sin embargo, se registró un acabado deficiente del SAP en diversas secciones del Conector Barreal Castella. Lo anterior a partir de la evidencia de material granular segregado a nivel superficial, el cual se desprendía con facilidad de la matriz granular constituida en diversos sectores del proyecto tal como se aprecia en la Figura 36, esta condición podría generar filtraciones de agua a través del SAP hacia las capas inferiores de la estructura de pavimentos.





Figura 36. Segregación material granular imprimado en SAP y desprendimiento de agregados.
Fecha: 9 de julio de 2021.



(a)



(b)

Aunado a lo anterior, se observaron algunas secciones del SAP donde el riego de imprimación aparentemente no cubrió la totalidad del material granular colocado, por lo que se identificó la presencia de tierra y vegetación en esas zonas como se muestra en la Figura 37.

Figura 37. Evidencia de tierra y vegetación en SAP. Fecha: 9 de julio de 2021.



(a)



(b)

De igual manera, se registraron distintos puntos en los cuales el bombeo transversal de las aguas pluviales provenientes de la calzada no tiene continuidad hacia la cuneta, esto como consecuencia de las diferencias de nivel de hasta 3 cm entre el SAP y la cuneta o entre la carpeta asfáltica y el SAP e inclusive debido a irregularidades en el acabado final del SAP tal y como se muestra en la Figura 38, esto puede ocasionar la acumulación de agua y sedimentos en esas regiones.



Figura 38. Diferencias de nivel entre carpeta asfáltica e irregularidad en el SAP. Fecha: 9 de julio de 2021.



(a)



(b)



(c)

En ese sentido, las condiciones evidenciadas en el SAP, podrían generar afectación importante en el desempeño de las estructuras de pavimento, esto debido a que existe el riesgo de que se presente:

- Pérdida parcial o total del sello imprimación y de la protección del SAP por el desprendimiento del material granular
- Erosión severa del material de protección e inclusive del suelo natural que compone el SAP, así como flujo pluvial descontrolado debido a las irregularidades superficiales de algunas secciones
- Filtración de agua en juntas entre SAP – Carpeta y SAP – Cuneta hacia las capas subyacentes de la estructura de pavimento cuya saturación puede producir una pérdida de la resistencia mecánica.
- Acumulación de agua y arrastre de sedimentos en secciones donde se identificaron diferencias de nivel lo cual puede incidir en el desempeño del pavimento.

Cabe resaltar que, los riesgos antes mencionados fueron comunicados a la UAP mediante la nota informe LM-EIC-D-0608-2021 del 14 de julio de 2021, además, se incluyeron en el documento LM-EIC-D-0708-2021 dirigido al Consejo de Administración del CONAVI con fecha del 26 de agosto del 2021.

Además, en las visitas del 20 y 26 de agosto y del 02 de setiembre del 2021, se evidenciaron algunos defectos importantes en la condición del SAP que refuerza las observaciones mencionadas en el párrafo anterior. En específico, se identificó en el margen derecho del tronco principal la erosión de zonas puntuales en el SAP, así como la acumulación de sedimentos en algunos puntos en consecuencia a las diferencias de nivel, esto se puede apreciar en la Figura 39.

Figura 39. Erosiones puntuales en zonas SAP. Fecha: 20 de agosto del 2021



Del mismo modo, se registraron en la sección de la intervención realizada en la Ruta Nacional No. 106 pérdida del sello de imprimación y desprendimientos de material granular con una severidad alta, tal y como se muestra en la Figura 40.

Figura 40. Pérdida de sello asfáltico y desprendimiento de material granular. Fecha: 26 de agosto del 2021



Estos deterioros se notificaron a la UAP mediante las notas LM-EIC-D-0726-2021 y LM-EIC-D-0775-2021 del 03 y 14 de setiembre del 2021 respectivamente, en las cuales también se expresó la preocupación del Equipo Auditor sobre la durabilidad de las obras realizadas y su efecto en el desempeño en el pavimento y se reiteró en la importancia de que el SAP sea impermeabilizado adecuadamente. Sobre estos señalamientos, tanto la UAP y la Supervisión del proyecto indicaron que, para las zonas donde se registraron condiciones que no favorezcan el drenaje transversal hacia las cunetas y deterioro de la protección se solicitaría al Contratista su corrección o incluso la sustitución de la sección afectada, tal y como consta en los oficios UAP-FSJSR-2021-09-1177 del



28 de setiembre 09 del 2021, UAP-FSJSR-2021-10-1319 y P101302-IDM-HRW-9180TRP-RPT-C-000353-p01.01-S1- Resp (LM-0726) del 20 de octubre del 2021. Sobre lo observado en la sección de la RN 106, según los oficios anteriores el Contratista indicó que la zona afectada debía ser intervenida debido a la construcción de aceras.

Posteriormente, en la gira del 23 de junio del 2022, el Equipo Auditor constató que el Contratista había atendido únicamente los deterioros evidenciados en las secciones del SAP frente a la RN 106, una vez finalizado el proceso de construcción de aceras, esto, mediante la colocación de concreto en dichas secciones tal como se observa en la Figura 41 y Figura 40. Sin embargo, como se aprecia en la Figura 40), la intervención efectuada por el Contratista, al 28 de octubre del 2020, ya presentaba múltiples agrietamientos en el concreto de toda la sección correspondiente a la rampa de entrada al Conector desde el sector de Barreal, dicha condición compromete la protección que este material brinda y de nuevo se presenta susceptibilidad a filtraciones hacia las capas inferiores del pavimento.

Figura 41. Aceras construidas en rampa de salida hacia Barreal. Fecha: 23 de junio del 2022

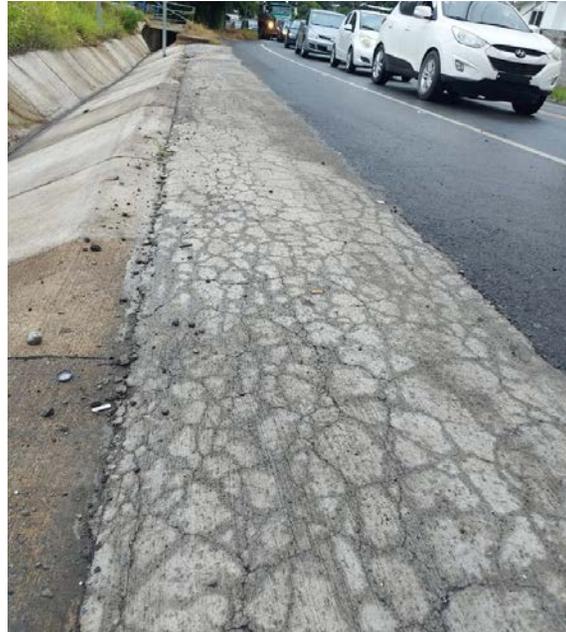




Figura 42. Condición del concreto de protección colocado en el SAP. Fecha: 23 de junio del 2022



(a)



(b)

No obstante, pese a la intervención realizada sobre la RN 106, durante la visita del 23 de junio de 2022, el Equipo Auditor identificó nuevos deterioros del SAP en otras secciones del Conector Barreal Castella, así como la persistencia de otros problemas que ya habían sido identificados previamente. Así, por ejemplo, se determinó en el tronco principal que las diferencias de nivel en el SAP no habían sido atendidas, zonas donde la erosión del material era mayor y además se registraron señales de acumulación de agua en esas secciones como consecuencia en la discontinuidad del bombeo transversal e incluso se pudo observar el comportamiento del bombeo en la zona SAP durante condiciones lluviosas. Finalmente, en esa visita también se observó que los problemas de segregación y desprendimiento de agregados, así como la presencia de vegetación en la franja SAP de la rampa de salida hacia RN No. 1 no habían sido atendidos por el Contratista. Según se muestra a continuación mediante el registro fotográfico de lo observado.

Figura 43. Erosión del material granular que compone el SAP. Fecha: 23 de junio del 2022



(a)



(b)



Figura 44. Acumulación de agua por diferencias de nivel. Fecha: 23 de junio del 2022



Figura 45. Falta de continuidad en el drenaje transversal por diferencia de nivel. Fecha: 23 de junio del 2022



Figura 46. Falta de continuidad en el drenaje transversal por diferencia de nivel. Fecha: 23 de junio del 2022





Sobre estos defectos en el SAP, en la Cláusula 4 “Obligaciones Generales del Contratista” del contrato Diseño y Construcción de las OBIS del lote No.1 se establece lo siguiente:

“1) El Contratista será el responsable de que las Obras o cualquier parte de las Obras no presenten defectos en términos de diseño, ingeniería, materiales y ejecución de las Obras suministradas y los trabajos realizados. Sin detrimento del período de notificación de defectos y la posibilidad de ejecutar la Garantía de Buena Obra, el período de responsabilidad por defectos será de cinco años a partir de la entrega de la obra (fecha de emisión del Certificado de Recepción).” (El resaltado no es del original)

Se determina que, la condición de deterioro que se presentan en algunos puntos del sobre ancho del pavimento (SAP), no representa la calidad esperada para la inversión de un proyecto de esta magnitud al existir un riesgo potencial de afectar las capas subyacentes de la estructura de pavimento, razón por la cual, se considera que las diferencias de nivel y la acumulación de agua no responden a las buenas prácticas de la ingeniería. Además, como se menciona en el párrafo anterior y en conformidad con lo indicado por la Supervisión se debió solicitar al Contratista como responsable de las obras garantizar el adecuado bombeo transversal en la zona SAP.

SOBRE LAS OBRAS DE DRENAJE

HALLAZGO 5. SE EVIDENCIÓ LA INCORPORACIÓN DE ELEMENTOS DE DRENAJE (SLOT DRAIN) COMO PARTE DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS, PESE A NO SER CONSIDERADO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS, AUMENTADO LA SUSCEPTIBILIDAD DEL ELEMENTO A DETERIOROS Y A UNA MENOR DURABILIDAD

Durante las visitas realizadas por el Equipo Auditor en el mes de julio de 2021 al Conector Barreal-Castella, se identificaron líneas guía de predemarkación en la capa de ruedo del pavimento. Se observó que el drenaje de ranura (Slot Drain) estaba ubicado dentro del ancho de carril (entre las líneas guía) en dos secciones de la Rampa de Entrada-Salida del Conector Barreal-Castella.

Las secciones en las que se observó el drenaje de ranura (Slot Drain) como parte de la capa de ruedo corresponden al carril interno en el sentido de Ruta 1 a Barreal (Figura 47), específicamente entre los estacionamientos 0+040 al 0+100, y en el sentido de Barreal a Ruta 1 (Figura 48), específicamente entre los estacionamientos 0+000 y 0+030.



Figura 47. Estructura del drenaje de ranura (Slot Drain) dentro del ancho de carril en el sentido de Ruta 1 a Barreal de la Rampa de Entrada-Salida Barreal. Fecha: 6 de agosto de 2021.



Figura 48. Estructura del drenaje de ranura (Slot Drain) dentro del ancho de carril en el sentido de Barreal a Ruta 1 de la Rampa de Entrada-Salida Barreal. Fecha: 6 de agosto de 2021.



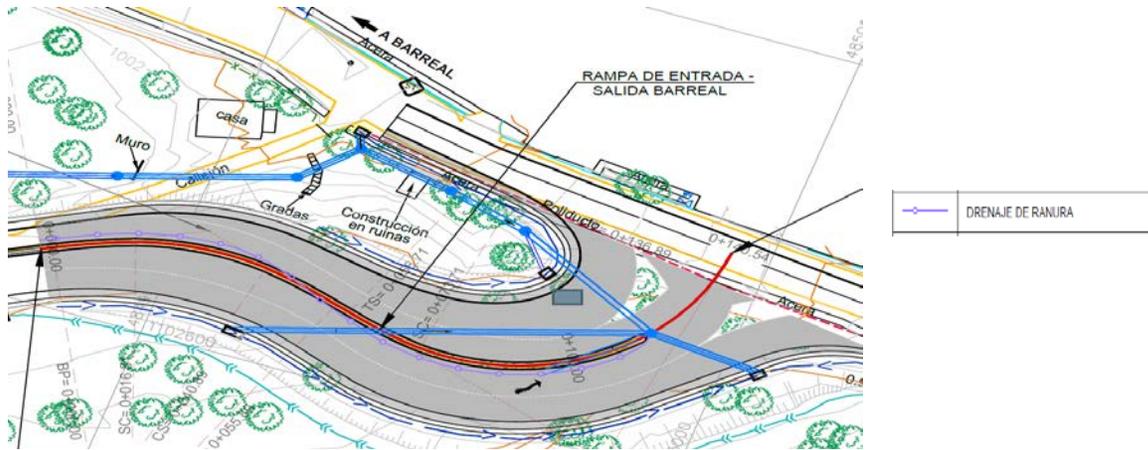
Durante el mes de julio, los inspectores e ingenieros de la Supervisión indicaron que esta predemarcación se encontraba en análisis y se definiría si se iban a realizar ajustes de las líneas de demarcación previos a la apertura del proyecto.

Mediante la nota informe LM-EIC-D-0680-2021 del 11 de agosto de 2021, se advirtió a la UAP que el drenaje de ranura (Slot Drain) no fue diseñado como parte de la estructura de pavimentos, según la documentación denominada “Capítulo 10 Diseño de Pavimentos” revisada por el Equipo Auditor.

Además, se señaló que, según los planos del proyecto, el drenaje se encuentra inmerso en concreto con una resistencia de 180 kg/cm^2 (Figura 49). Como referencia, esta resistencia es inferior a la resistencia del concreto solicitada, por ejemplo, para las cunetas, lo que reafirma el criterio de que existe una alta probabilidad de que se generen deterioros si se expone esta superficie como capa de rueda.



Figura 51. Sistema de drenaje menor Rampa de Entrada-Salida Barreal (planta). Fuente: Consorcio CPC, 2020.



Mediante la nota informe LM-EIC-D-0680-2021, también se le comunicó a la UAP que la información de la Figura 49, la Figura 50 y el "Capítulo 10 Diseño de Pavimentos" evidencia que no existe concordancia entre los documentos aprobados del proyecto y, además, que a partir de ellos no es posible determinar la ubicación específica del drenaje de ranura (Slot Drain) dentro de la sección del pavimento.

A pesar de las observaciones emitidas mediante la nota informe mencionada, el 17 de agosto de 2021 se observó que no se habían realizado ajustes a las líneas de predemarkación. Incluso, se pudo observar que ya se había demarcado una de las líneas amarillas en la Rampa de Entrada-Salida Barreal, en el sentido de Barreal a Ruta 1, como se observa en la Figura 52 se muestra el mismo tramo del drenaje mostrado en la fotografía de la Figura 48, del 6 de agosto de 2021.

Figura 52. Estructura del drenaje de ranura (Slot Drain) dentro del carril en la Rampa de Entrada de Barreal a Ruta 1, en el Conector Barreal-Castella. Fecha: 17 de agosto de 2021.



En cuanto a la condición del drenaje de ranura, en la nota informe LM-EIC-D-0680-2021 también se señala que ya se habían identificado deterioros superficiales en el concreto que rodea el drenaje de ranura, sin que se hubiera habilitado el tránsito por ese sector. En algunos puntos, se observaron





agrietamientos y desprendimientos de fragmentos de concreto, especialmente cercanos a las juntas de los diferentes paños de la estructura de concreto (Figura 53).

Figura 53. Desprendimientos de concreto en la rampa de salida de Barreal. Fecha: 6 de agosto de 2021.



En la nota informe LM-EIC-D-0680-2021 se consultó a la UAP si se consideraba o no el drenaje de ranura (Slot Drain) como parte del ancho de carril de las rampas de entrada y salida a Barreal y, de ser así, qué consideraciones se tomarían para garantizar el adecuado desempeño de esta estructura ante cargas de tránsito. Además, se solicitó indicar si se atenderían los deterioros identificados por el Equipo Auditor. Se destaca que, todas estas observaciones también fueron notificadas al Consejo de Administración de CONAVI, mediante la nota LM-EIC-D-0708-2021 del 26 de agosto de 2021.

La UAP brindó respuesta a los señalamientos realizados mediante las notas UAP-FSJSR-2021-09-1177 del 28 de setiembre de 2021 y UAP-FSJSR-2021-09-1181 del 29 de setiembre de 2021. En la primera nota el ingeniero de la UAP señala que una vez realizado el análisis para determinar ajustes a las líneas de demarcación del Conector Barreal Castella, esto con el fin de no considerar el Slot Drain como parte de la estructura de ruedo, se determinó que no era posible ajustar la demarcación ya que los anchos de carril no cumplirían con la normativa. Al siguiente día y en contraposición con ese criterio, en la nota UAP-FSJSR-2021-09-1181 la UAP indica que se revisaron nuevamente las secciones típicas de anchos de carriles y del drenaje tipo Slot Drain del Conector Barreal-Castella, determinando que en todas las secciones cabe un carril mínimo de 3,60 m sin tocar el Slot Drain, la estación 0+010, para el carril de entrada a RN No106. No obstante, durante las visitas al proyecto se evidenció que el Slot Drain seguía formando parte de ambos carriles tanto del carril interno en el sentido de Ruta 1 a Barreal, así como el carril de la rampa de salida hacia Ruta Nacional No. 1.

Las respuestas de la UAP en relación con las consultas realizadas por parte de esta Auditoría, reafirman la idea del Equipo Auditor sobre que no existió concordancia entre el diseño de obras de drenaje, el diseño de pavimentos y el diseño geométrico, ya que la inclusión de un elemento de drenaje como parte de la estructura de pavimentos en la construcción del proyecto denota que no hubo comunicación entre las partes diseñadoras, además evidencia falencias en la revisión realizada por la UAP y la Supervisión para la aprobación de los planos.



Por otra parte, en la nota UAP-FSJSR-2021-09-1177, la UAP señala que la resistencia del concreto empleado en la construcción del Slot Drain del Conector Barreal Castella es muy superior la resistencia de 180 kg/cm² considerada para dicho elemento. En el documento se evidencia cinco muestras por encima de los 280 kg/cm².

En relación con este aspecto, se debe indicar que si bien la UAP presenta evidencia de resistencias a la compresión superiores a la solicitada en el elemento, se recuerda que cuando el concreto es utilizado como material en pavimentos, este material está sometido no solo a esfuerzos de compresión sino también a flexión, por lo que si se consideró este elemento como parte del pavimento también se debió evaluar dentro de los parámetros de calidad del material, el módulo de ruptura o la resistencia a la flexo tracción según lo establece la sección 501 "pavimento de concreto hidráulico del CR-2010", sin embargo, dentro de la información revisada no se identificó que se realizaran estos ensayos al concreto, lo cual denota que el elemento no estaba contemplado dentro de la estructura de pavimentos.

Finalmente, en la nota UAP-FSJSR-2021-09-1177, la UAP señala que ha solicitado al Contratista la reparación de los desprendimientos de concreto del Slot Drain evidenciados por el LanammeUCR, previo a la recepción y entrada en servicio de la OBI Conector Barreal-Castella.

Pese a la indicación de la UAP hacia el Contratista en el mes de setiembre de 2021, el Equipo Auditor en distintas visitas de monitoreo al proyecto, evidenció que el contratista no atendió la indicación de la UAP, ocasionando un aumento en los deterioros observados, así como nuevos daños en el elemento producto de la puesta en servicio del Conector Barreal Castella.

Figura 54. Desprendimientos de concreto evidenciados en diversos segmentos del Slot Drain.
Fecha: 23 de junio de 2022.





La condición observada en el mes de setiembre de 2022 permite reafirmar 11 meses después, la susceptibilidad de este elemento a sufrir desprendimientos y pulverizarse ante el tránsito de vehículos sobre la estructura, esto debido a que tal como se señaló anteriormente el Slot Drain no fue conceptualizado en el diseño de pavimentos como un elemento para soportar cargas de tránsito.

HALLAZGO 6. SE EVIDENCIÓ QUE EL SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL TIPO SLOT DRAIN PRESENTA SUSCEPTIBILIDAD A OBSTRUIRSE CON FACILIDAD Y POR ENDE A UN INADECUADO DESEMPEÑO DE SU CAPACIDAD, SI NO SE BRINDA UN MANTENIMIENTO CONTINUO, TAL Y COMO SE EVIDENCIÓ DURANTE LA EJECUCIÓN Y LA PUESTA EN SERVICIO DEL LOTE 1 DE LAS OBIS.

La revisión del diseño de la solución propuesta en los estudios hidrológicos y diseños hidráulicos para captar parte del agua superficial de la estructura de pavimentos denominada Slot Drain, permitió evidenciar que las entradas al drenaje por ranura eran muy susceptibles a la obstrucción por sedimentos y escombros. Esta condición fue alertada por el Equipo Auditor mediante la nota LM-IC-D-0857-2020 del 23 de octubre de 2020 en la cual se le consultó a la UAP las medidas se establecerían para el adecuado mantenimiento del drenaje de ranura para evitar la obstrucción durante su vida útil y a quien se le designaría dicha función, además se solicitó que se adjuntará la memoria de cálculo para el diseño de dicho elemento.

La UAP mediante el oficio UAP-FSJSR-2020-11-1571 del 26 de octubre de 2020 en relación con las consultas realizadas por el Equipo Auditor indicó que:

“Misma observación que se presentó en todas las obras donde se utilizó este tipo de drenaje, sin embargo, pues en el anteproyecto también se utilizó y no se presentó memoria de cálculo.”

En este caso la respuesta desarrollada por la UAP no logró atender ninguna de las consultas realizadas por el Equipo Auditor, por lo que la misma no se consideró válida ni suficiente, pues en las especificaciones técnicas de las Normas de diseño y especificaciones técnicas elaborado por IDOM-DEHC en el año 2019 se estableció que: “Deberán diseñarse las estructuras de drenaje nuevas, necesarias para garantizar la evacuación del agua pluvial de la vía y de las zonas aledañas”, por lo cual la ausencia de un diseño formal tal como lo señaló la UAP se consideró inadmisibles.





Posteriormente, durante las diferentes visitas realizadas por el Equipo Auditor a los frentes de construcción del Slot Drain en el Lote 1, se evidenció la susceptibilidad de este elemento a obstruirse con los mismos escombros del proceso constructivo. Esta condición quedó evidenciada en el oficio LM-EIC-D-0514-2021 del 17 de junio de 2021, en el cual se señala que, durante la visita del 09 de junio de 2021, se observó acumulación de material (material granular y restos de agregado con cemento) dentro de la ranura del *Slot Drain*, bloqueando parte de ella, en varios puntos del tramo central entre los estacionamientos 18+072 y 18+260 de las Obras de ampliación del Río Ciruelas, tal como se muestran el Figura 55.

Figura 55. Obstrucción en el drenaje de ranura, previa a la apertura de la vía al tránsito. Fecha: 9 de junio de 2021.



En este mismo oficio el Equipo Auditor le reitera la solicitud a la UAP de indicar las medidas que se establecerían para el adecuado mantenimiento del drenaje de ranura para evitar la obstrucción durante su vida útil y a quien se le designaría dicha función, así como se adjuntará la memoria de cálculo para el diseño de dicho elemento.

La UAP emite la nota UAP-FSJSR-2021-08-936 el 16 de agosto de 2021 como respuesta al oficio LM-EIC-D-0514-2021. En primera instancia la UAP señaló que la observación del Equipo Auditor se atendió in situ por lo que se solicitó al contratista que realizará una limpieza total del drenaje tipo Slot Drain ya colocado, en el margen izquierdo fase 2. Además, indicaron que se estaba en proceso de ejecución, por lo que previo a la recepción la supervisora estará atenta a que no quede material, en dicho drenaje para la entrega.

Así mismo, en ese oficio se adjunta la memoria de cálculo del drenaje de ranura tipo Slot Drain del Contratista y la ficha técnica del elemento. Sobre este aspecto se debe señalar que la UAP presenta la memoria de cálculo del Slot Drain desarrollada por el Contratista con fecha del mes de junio de 2021, esto a pesar de que se cuenta con evidencias que este tipo de drenajes fueron construidos en el Conector Barreal Castella desde el mes de noviembre de 2020.



Figura 56. Construcción Slot Drain Conector Barreal-Castella. Fecha: 11 de noviembre de 2020.



Lo anterior evidencia que las obras del drenaje Slot Drain Conector Barreal Castella se desarrollaron sin una memoria de cálculo que respaldará la obra, si bien la UAP en el oficio UAP-FSJSR-2021-08-936 asegura la capacidad del drenaje para captar las aguas de la vía y conducir las hasta el punto de descarga, a criterio de este Equipo Auditor el procedimiento adoptado por esta gestora fue irregular.

Por último, el oficio UAP-FSJSR-2021-08-936 indica que el plan de mantenimiento para dicha obra de drenaje sería entregado por el contratista con los Manuales de Operación y Mantenimiento que debe entregar como parte de los requisitos contractuales al finalizar las obras.

A partir del oficio UAP-FSJSR-2021-08-936 el Equipo Auditor dio monitoreo a la condición del Slot Drain y a su desempeño, esto a partir de las diferentes visitas realizadas a los proyectos del Lote 1 de las OBIS logrando constatar la facilidad de este elemento a obstruirse e inclusive en las visitas del mes de junio 2022 se identificó la presencia de vegetación en dicho elemento debido a las obstrucciones evidenciadas.

En el siguiente registro fotográfico se observa la condición evidenciada por el Equipo Auditor en diferentes proyectos del Lote 1 de las OBIS.



Figura 57. Condición de obstrucción por sedimentos y basura y crecimiento de vegetación en Slot Drain de las Obras de Ampliación Río Alajuela. Fecha: 23 de junio del 2022



Figura 58. Condición de obstrucción por sedimentos y basura y crecimiento de vegetación en Slot Drain de las Obras del Conector Barreal – Castella.



Fecha: 17 de febrero del 2022

Fecha: 29 de abril del 2022





Figura 59. Condición de obstrucción por sedimentos y basura y crecimiento de vegetación en Slot Drain Obras del Conector Barreal – Castella. Fecha: 23 de junio del 2022.



Tal como se evidencia en las fotografías, no se percibe que se haya dado un mantenimiento continuo de este elemento de drenaje en los proyectos del Lote 1, esto a pesar de que las obras no han sido recibidas por lo UESR. Las obstrucciones observadas en el registro fotográfico reducen la capacidad del sistema de drenaje y propicia la acumulación de agua en las secciones donde no es posible captar el agua del pavimento lo cual puede repercutir en el desempeño de la estructura de pavimento.

En relación con la ausencia de mantenimiento en estas obras se debe indicar que, al no estar recibidas por la UESR, el Fiduciario mediante la UAP es responsable del mantenimiento de estos trabajos según lo establece la cláusula 3.2 Obligaciones Específicas del Fiduciario derivadas del Proyecto Vial del contrato Fideicomiso Corredor Vial San José-San Ramón y sus Radiales la cual indica que:

“Tramitar y concretar en tiempo, por medio de la UAP, todas las contrataciones de bienes y servicios que sean necesarias para asegurar el financiamiento, planificación, diseño, construcción, operación, supervisión y mantenimiento del corredor vial San José-San Ramón y sus radiales, conforme los principios de eficiencia y eficacia, igualdad, libre competencia, buena fe, intangibilidad patrimonial y publicidad” (El resaltado no es parte del original)



Así mismo, el contrato de diseño y construcción del Lote 1 de las OBIS gestionado por la UAP en relación al mantenimiento de los trabajos hasta la recepción de las obras indica en el apartado 31. **OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATISTA** que:

31.11. El Contratista deberá realizar a su costo las labores de cuidado (seguridad y mantenimiento) de las OBIS durante la construcción de las obras, y antes de que el proyecto sea aceptado en forma definitiva (Recepción Definitiva), ejecutando las actividades requeridas que permitan asegurar un adecuado servicio y seguridad a los usuarios. La implementación de todas estas actividades se tendrá por consideradas dentro de la oferta de los oferentes, a excepción de aquellos que expresamente tengan una actividad de pago asignado específicamente en el PPRPO. (El resaltado no es parte del original)

Según lo anterior el contratista debió dar mantenimiento a todos los elementos de drenaje hasta la fecha de recibido el proyecto por parte de la UESR, por lo anterior constituye un incumplimiento contractual por parte de la empresa. Finalmente se debe indicar que las evidencias presentadas en este hallazgo demuestran la susceptibilidad del Slot Drain a obstruirse con facilidad y por ende a que se produzca un desempeño inadecuado de este drenaje si no se realiza un mantenimiento continuo.



CONCLUSIONES

SOBRE LA BASE ESTABILIZADA

- Se evidenció que el contratista incumplió con el plazo establecido en la sección 302.05.01 del CR 2010 para la realización del tramo de prueba del conector Barreal Castella, donde posteriormente se evidenciaron altas resistencias y agrietamientos por contracción del material.
- No se evidenció un registro técnico del proceso de validación del paño prueba por parte de la Supervisión y la UAP.
- Se evidenciaron agrietamientos de alta severidad en la base estabilizada construida en el Conector Barreal Castella, producto de altas resistencias a la compresión del material según lo hacen constar los ensayos de calidad realizados por la Supervisión y el LanammeUCR.
- Se determinó que 3 de 5 muestras de pruebas de resistencia a la compresión de pastillas del Conector Barreal-Castella presentaron resistencias por encima del límite superior especificado y 1 muestra por debajo del valor límite de resistencia correspondiente a una bahía de bus, lo cual evidencia que no existió un control del contenido de cemento empleado en el proceso constructivo.
- Las medidas de mitigación ante los agrietamientos que fueron realizadas por el contratista (ruteo de algunas grietas y sellado mediante emulsión asfáltica CRS-1) y avaladas por la Supervisión del proyecto, a criterio de este Equipo Auditor se consideran insuficientes para retardar el reflejo de los agrietamientos evidenciados en la base estabilizada del Conector Barreal Castella.
- Se evidenció que el Contratista, la UAP y la Supervisión del proyecto no acogieron la recomendación del propio consultor de la Supervisora de emplear geomallas en las secciones agrietadas como medida de mitigación del reflejo de grietas de la base estabilizada.
- Se identificaron al menos 8 puntos con deflexiones mayores a $400\mu\text{m}$ en la rampa de salida hacia ruta 1 y los carriles externos e internos del conector Barreal-Castella a partir de una evaluación realizada por el LanammeUCR para verificar la condición estructural con el antecedente de los deterioros evidenciados en la base estabilizada.
- Pese a los incumplimientos registrados en la resistencia del material de base estabilizada del Conector Barreal Castella, ni la UAP ni la Supervisión aplicaron la metodología del pago reducido o el rechazo del material con base en un análisis estadístico, tal como lo dispone la sección 302.14 Pago de la actividad de base estabilizada con cemento de las especificaciones del proyecto.
- La condición y deterioros de la base estabilizada identificados en el Conector Barreal-Castella generan incertidumbre en el desempeño de esta capa ante la aplicación de cargas de tránsito, lo cual puede comprometer la durabilidad de los trabajos ejecutados y ocasionar la aparición de deterioros prematuros en la capa de ruedo a partir del reflejo de grietas.
- La aplicación del microfisurado como técnica correctiva ante incumplimientos en el límite superior de la resistencia de la base estabilizada no exime al Contratista ni a la UAP de la aplicación de las penalizaciones pactadas en las especificaciones del pliego cartelario según las buenas prácticas de ingeniería.
- Se identificaron al menos 18 de 26 paños con incumplimientos por resistencias altas que no fueron sometidos al proceso de microfisurado propuesto por el Contratista y aprobado por la UAP.





- La Supervisión realizó el levantamiento de la No Conformidad realizada por incumplimientos de resistencia en la base estabilizada de las OBIS Lote 1, pese a no haber aplicado lo establecido en la subsección 107.05 del CR-2010 ni el procedimiento de microfisurado en un 70 % de los tramos con incumplimientos.
- Se identificaron discrepancias entre los procedimientos propuestos por el Contratista y el aprobado por la UAP, para definir el plazo en el que se debía realizar el microfisurado, además, en el documento del Contratista se propuso un plazo inferior al mínimo recomendado por investigaciones internacionales.
- No se definió claramente el límite de resistencia de la falla a edades tempranas a partir del cual se debía aplicar el microfisurado, lo cual genera el riesgo de que se realizara el procedimiento en tramos de base estabilizada donde no era necesario.
- En el procedimiento aprobado no se estableció claramente el responsable, entre el control realizado por el contratista o la verificación de calidad a cargo de la Supervisión, de monitorear la resistencia a la compresión de la base estabilizada a edades tempranas para definir si se aplicaba o no el microfisurado.
- El patrón de compactación propuesto para el microfisuramiento no contempló la influencia de posibles variaciones en el equipo de compactación utilizado, ni el efecto del espesor de la capa que se debía microfisurar, de manera específica para cada proyecto.
- Los registros e información técnica aportada por la UAP y la Supervisión no permiten validar si el procedimiento de microfisurado realizado por el Contratista se realizó en apego al proceso aprobado, ya que no se cuenta con un registro de inspección en campo de la actividad.
- En ese mismo sentido, la ausencia del registro de inspección, y la insuficiente información aportada por la UAP y la Supervisión al Equipo Auditor, no permite determinar de manera fehaciente las secciones específicas donde se aplicó el microfisurado.
- Se evidenciaron al menos dos casos en el que el proceso de mezclado, estabilización y compactación de bases estabilizadas se extendió por un periodo superior a las dos horas, contrario a lo establecido en la sección 302 Bases Estabilizadas con Cemento del CR-2010.
- En el caso del tramo de base estabilizada de las obras de ampliación del Río Alajuela construido el día 28 de octubre de 2020, en el cual se identificó que el proceso constructivo se extendió por más de tres horas, por lo que se evidenciaron incumplimientos en el porcentaje de compactación de algunos sectores del tramo construido.

SOBRE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN GEOTÉCNICA

- Se evidenció que las soluciones implementadas como obras de protección en algunas secciones de los proyectos del lote 1 de las OBIS no son suficientes para garantizar la durabilidad y desempeño de otros elementos de la obra.
- Se constató que la medida de revegetación mediante Vetiver aplicada por el Contratista en los taludes de los proyectos del Conector Barreal Castella, Obras de Ampliación Río Segundo, Obras de Ampliación del Río Ciruelas, Obra de Ampliación de Río Alajuela no mostró la efectividad esperada y por ende los hace susceptibles a la erosión.
- A partir de las respuestas de la UAP, se identificó que la Supervisión del proyecto, solicitó al Contratista el mejoramiento de las medidas de protección de los taludes del Lote 1 de las OBIS, sin embargo, al cierre del informe dichas medidas no habían sido implementadas en el proyecto.





- Se evidenció la ausencia de obras de control de escorrentía superficial en la parte alta de los siguientes taludes:
 - i. Talud derecho del conector Barreal Castella, cerca de la intersección con RN106
 - ii. Talud de la Obras de Ampliación del Río Segundo ubicado en el estacionamiento 13+950 en el Sentido San Ramón – San José.
 - iii. Talud de las Obras de Ampliación del Río Ciruelas ubicado sentido San Ramón – San José en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria

La ausencia de las obras de control de escorrentía en la corona de estos taludes contribuye a la susceptibilidad a la erosión y problemas de inestabilidad.

- Se determinó de acuerdo a la información aportada por la UAP, que no se construyeron contracunetas en el talud derecho del conector Barreal Castella debido a una expropiación que no fue posible realizar.
- En el caso del talud de la Obras de Ampliación del Río Segundo ubicado en el estacionamiento 13+950 en el Sentido San Ramón – San José de acuerdo a la información proporcionado por la UAP, no se construyeron contracunetas en la parte superior del talud debido a desniveles que presenta la corona de dicho talud a lo largo del mismo y la necesidad de realizar obras fuera del alcance del proyecto, a causa del aporte de escorrentía superficial de aguas provenientes de Calle Pública.
- A partir de las respuestas de la UAP, se infiere que la responsabilidad de realizar las obras de protección del talud de las Obras de Ampliación del Río Ciruelas ubicado sentido San Ramón – San José en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria es de la Municipalidad de Alajuela, sin embargo a la fecha de cierre del informe y a pesar de las gestiones mencionadas por la UAP no se tiene evidencias de que se haya realizado alguna de estas, lo cual constituye un riesgo para las obras realizadas.
- Se constató en diferentes ocasiones la susceptibilidad a la disgregación del agregado utilizado como piedra gavión en el muro 2 en el sentido San Ramón-San José del Paso a Desnivel Firestone producto del intemperismo una vez que este fue finalizado.
- Existen zonas del sobre ancho del pavimento (SAP) que no fueron protegidas por los sistemas de contención, lo cual puede favorecer un eventual estacionamiento de vehículos y generar el desgaste superficial del SAP.
- Se evidenciaron algunos sectores donde el riego de imprimación no abarcó la totalidad del SAP, esto generó la presencia de vegetación y material granular que se desprende con facilidad, lo cual puede provocar una pérdida de cobertura del suelo en condición natural que conforma la franja SAP.
- Se determinó la existencia de diferencias de nivel entre la carpeta asfáltica, el SAP y la cuneta que comprometen el drenaje transversal de las aguas pluviales, lo que provoca acumulación de agua que puede infiltrarse hacia capas inferiores.
- Se identificó la presencia de agrietamientos tempranos en el concreto colocado sobre el SAP en la sección intervenida por el proyecto en la RN No. 106, lo cual perjudica la protección e impermeabilización que este brinda y reduce la efectividad del tratamiento realizado.





- A pesar de que la UAP y la Supervisión indicaron que se exigiría al Contratista la reparación de las zonas con diferencias de nivel, a la fecha estas no han sido corregidas, por lo cual se mantiene la acumulación de agua en el SAP.
- A la fecha de cierre de este informe, los problemas de segregación, desprendimientos de agregados y presencia de vegetación en el material granular de la franja SAP en la rampa de salida hacia RN No. 1 no han sido atendidos por el Contratista.

SOBRE LAS OBRAS DE DRENAJE

- Se observó la presencia del drenaje Slot Drain como parte de estructura de pavimento de al menos dos carriles de las obras del conector Barreal Castella, sin el Contratista haber diseñado y conceptualizado este elemento para soportar cargas de tránsito.
- Se identificó falta de concordancia entre los planos de drenaje, secciones típicas, diseño geométrico y el “Capítulo 10 Diseño de Pavimentos” en relación con la ubicación del Slot Drain específicamente entre los estacionamientos 0+040 al 0+100 del carril interno en el sentido de Ruta 1 a Barreal y estacionamientos 0+000 y 0+030 en el sentido de Barreal a Ruta 1.
- Se evidenció que las evidencias de resistencia del elemento denominado Slot Drain fueron superiores al nivel de resistencia requerido, sin embargo, ni la UAP ni la Supervisión realizaron pruebas de flexo tracción al material sometido a cargas de tránsito tal como lo establece la sección 501 del CR2010.
- Se comprobó a partir de la memoria de cálculo del Slot Drain presentada por el Contratista, que este drenaje se construyó en el Conector Barreal Castella sin aun tener certeza del diseño y memoria de cálculo del mismo.
- Se evidenciaron desprendimientos de concreto en el Slot Drain producto del tránsito vehicular que no han sido atendidos a la fecha de cierre del informe.
- Se evidenció que el sistema de drenaje superficial Slot Drain, seleccionado como solución para captar parte de las aguas superficiales de la estructura de pavimentos presenta susceptibilidad a obstruirse con facilidad y por ende a un inadecuado desempeño de su capacidad si no se brinda un mantenimiento continuo en el proyecto.
- Se identificaron sedimentos, escombros y hasta vegetación dentro de las ranuras del Slot Drain tanto durante el proceso constructivo como en la etapa de operación de los proyectos del Lote 1, ocasionando una reducción de la capacidad de este drenaje y por ende un inadecuado funcionamiento del mismo.

RECOMENDACIONES

SOBRE LA BASE ESTABILIZADA

- Se recomienda a la UAP y la Supervisión exigir al contratista, el acatamiento obligatorio de los lineamientos estipulados en el apartado 302.05 Mezclado y colocado de la sección 302 Base estabilizada con cemento del CR-2010 relacionado al paño de prueba para los demás proyectos que conforman el corredor vial San José-San Ramón.
- Para futuros proyectos se sugiere no emitir orden de inicio de los trabajos de estabilización hasta conocer si los resultados del proceso de densificación y resistencia a la compresión del material son satisfactorios según el diseño del material, caso contrario solicitar los





ajustes respectivos a la fórmula de trabajo o diseño para garantizar el cumplimiento de las propiedades requeridas del material según las especificaciones del proyecto.

- Se recomienda a la Supervisión del Proyecto o a la UAP la emisión de un registro técnico que haga constar la validación del paño de prueba de los materiales del proyecto.
- Se recomienda a la Supervisión realizar un monitoreo continuo de las secciones de pavimento en las cuales se registraron deflexiones severas y agrietamientos de la base estabilizada.
- Se recomienda a la UAP la aplicación de la sección Subsección 107.05 para determinar el pago en función de la calidad del material colocado en el conector Barreal Castella según lo establece el documento A51-ETE-01-R01_Normas Diseño y Especificaciones Técnicas.
- Para los futuros lotes del proyecto se recomienda a la UAP ejercer un control riguroso del parámetro de la resistencia a la compresión del material con el fin de hacer valer los límites de especificación solicitados en el proyecto, así como solicitar ajustes al diseño o proceso constructivo durante la ejecución del mismo.
- Se recomienda a la UAP para los futuros lotes del proyecto velar por el cumplimiento obligatorio de los lineamientos estipulados en el apartado 302.06 Compactación (Densificación) de la sección 302 Base estabilizada con cemento del CR-2010 relacionados con los tiempos máximos para finalizar el proceso constructivo, con el fin de garantizar la adecuada densificación de la capa estabilizada.
- Así mismo, para futuros proyectos, se recomienda velar que el contratista realice un control adecuado de la humedad de agregados, previo al proceso de estabilización, teniendo en consideración las condiciones de sitio, con el fin de controlar los porcentajes de humedad para lograr un proceso de densificación del material eficiente y así evitar demoras que puedan ocasionar el riesgo de no alcanzar los porcentajes de compactación requeridos
- Para los proyectos del Lote 1 de las OBIS en específico, se recomienda a la UAP realizar un monitoreo de la estructura de pavimento durante su vida útil en aquellas secciones donde se presentaron problemas de resistencia alta de la base estabilizada y no se aplicó el microfisurado o alguna otra medida correctiva.
- Se recomienda a la UAP el cumplimiento de los lineamientos y penalidades estipuladas en la subsección 107.05 Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago del CR-2010 en concordancia con lo establecido en el cartel de licitación.
- Se recomienda para futuros proyectos del Corredor San José – San Ramón, establecer un protocolo de tratamiento, claro y conciso en los pliegos cartelarios, para incumplimientos de resistencia de la base estabilizada, que no solo contemple la aplicación del microfisurado, sino que además incluya otras posibles medidas correctivas.
- En caso de validar la aplicación del microfisurado, se recomienda tanto a la UAP como a la Supervisión velar porque el proceso propuesto establezca claramente el ente responsable de monitorear la resistencia de la base estabilizada a edades tempranas, así como definir el límite de resistencia de la falla temprana para el cual se debe realizar el microfisuramiento.
- Se recomienda a la UAP y a la Supervisión, la implementación de un registro técnico que permita a los inspectores o ingenieros especializados vigilar la adecuada ejecución de medidas o tratamientos correctivos realizados por el Contratista, es recomendable contar con un registro fotográfico georreferenciado y con la documentación de respaldo de aquellas variables involucradas en la actividad.





SOBRE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN GEOTÉCNICA

- Se recomienda a la UAP gestionar el adecuado control del agua de la escorrentía superficial en las coronas de los taludes, específicamente en el talud derecho del conector Barreal Castella, cerca de la intersección con RN106, talud de la Obras de Ampliación del Río Segundo ubicado en el estacionamiento 13+950 en el Sentido San Ramón – San José, y el talud de las Obras de Ampliación del Río Ciruelas ubicado sentido San Ramón – San José en las cercanías de las terminales y aduanas Santamaria, para evitar la erosión de la cara de los taludes y una eventual presencia de inestabilidades locales que ameriten medidas más complejas.
- Se recomienda a la UAP y a la Supervisión hacer valer la recomendación realizada al Contratista según lo indicado en el oficio EIC-Lanamme-0201-2022 del 07 de junio de 2022, en la que se sugiere la implementación de otras medidas de protección distintas al Vetiver en los taludes de los proyectos Conector Barreal Castella, Obras de Ampliación Río Segundo, Obras de Ampliación del Río Ciruelas, Obra de Ampliación de Río Alajuela con el fin de mejorar la efectividad de las medidas de mitigación contra la erosión de la cara de dichos taludes.
- Se recomienda mantener el monitoreo a la condición de los taludes del lote 1 de las OBIS, por considerarse una medida adecuada y una vez que inicie la época lluviosa, verificar si se presenta la revegetación en los taludes. En caso de no observarse germinación de las semillas, se sugiere considerar una resiembra de mantenimiento, con los debidos cuidados para garantizar la germinación adecuada de la vegetación instalada.
- Para futuros proyectos del Corredor San José – San Ramón, se recomienda a la UAP fortalecer los lineamientos en los carteles de licitación en relación con el estudio de las condiciones en sitio de los proyectos por parte de los Contratistas, para que sea considerado en la elaboración de los anteproyectos y diseño de las obras, ya que según los casos registrados sobre la ausencia de obras de canalización de escorrentía superficial en la corona de diferentes taludes del Lote 1 de las OBIS, se evidencia que muchas de las condiciones y problemáticas existentes del sitio del proyecto fueron identificadas hasta el momento de la construcción del proyecto.
- Ante las evidencias de la susceptibilidad a la disgregación del agregado utilizado como piedra gavión en el muro de gaviones 2 de las Obras del Paso a Desnivel Firestone, se recomienda a la Supervisión la realización de ensayos adicionales a la piedra gavión utilizada en la construcción de los muros de gaviones como el índice SDI (Slake Durability Index-ASTM D4644), para determinar la durabilidad y el cumplimiento de un valor mínimo de 85% para dos ciclos de ensayo, esto con el fin de comprobar si los casos evidenciados por el Equipo Auditor corresponde a casos puntuales o si es una problemática que se podría agravar con el tiempo.
- Se recomienda a la UAP y a la Supervisión dar un seguimiento continuo a la condición del muro con el fin de evidenciar si continúa presentando disgregaciones o pulverización de las rocas en las canastas de los muros de gaviones donde ya se evidenció esta problemática, así como tomar las medidas necesarias para evitar daños mayores.
- Se sugiere la implementación de un sistema de impermeabilización del muro de gaviones 2 de las Obras del Paso a Desnivel Firestone en el sentido San-Ramón San José, que brinde la protección ante el intemperismo con el fin de mitigar el proceso de disgregación que se ha observado persistente desde la construcción del muro hasta la fecha





- Se recomienda a la UAP solicitar al Contratista la reparación o corrección de las secciones del SAP que presentan diferencias de nivel entre la carpeta asfáltica – el SAP y las cunetas, así como aquellas secciones con segregación, desprendimientos de agregados y vegetación en la rampa de salida hacia RN No. 1 en el Conector Barreal - Castella.
- Se recomienda a la UAP solicitar la colocación de una capa de concreto o mezcla asfáltica que permita la protección e impermeabilización de aquellas zonas del SAP sobre las cuales no se colocó ningún sistema de contención vehicular en los proyectos del Lote 1 de las OBIS.
- Se recomienda a la UAP, solicitar en los diseños de la estructura de pavimento, la inclusión de una capa de mezcla asfáltica o una capa de concreto para la protección de las zonas del SAP en los demás proyectos del corredor vial San José-San Ramón.
- Se recomienda a la UAP realizar un levantamiento de la condición general del SAP para identificar las zonas con desprendimientos de material granular y/o ausencia de cobertura del sello de imprimación que deban ser corregidas.
- Se recomienda a la UESR y a la Comisión de Entrada en Servicio, valorar la solicitud de atención y subsanación de todas las recomendaciones indicadas en este informe en especial para la base estabilizada con agrietamientos en el conector Barreal-Castella previo a la recepción definitiva de los trabajos.

SOBRE LAS OBRAS DE DRENAJE

- Se recomienda a la UAP solicitar la atención de los deterioros y desprendimientos de concreto evidenciados en el Slot Drain del Conector Barreal Castella.
- Se recomienda a la UAP hacer valer la cláusula estipulada en la *Sección 31 OBLIGACIONES GENERALES DEL CONTRATISTA* del Cartel de Licitación sobre el mantenimiento de las obras hasta la entrega y recepción definitiva del proyecto.
- Se recomienda para futuros proyectos una revisión exhaustiva de los planos del proyecto con el fin de identificar posibles puntos de conflictos entre el diseño y el proceso constructivo, tal como evidenció en el caso del Slot Drain y la estructura de pavimento en el Conector Barreal-Castella.
- Se recomienda a la UAP y a la UESR para futuros proyectos el uso e implementación de la metodología BIM durante el proceso de revisiones de los planos con el objetivo de poder detectar conflictos entre los diferentes elementos del proyecto.
- En el caso que la UAP considere la incorporación de la estructura del Slot Drain en la estructura de pavimentos , considerar este elemento como parte del diseño de pavimentos de manera que se garantice que dicho elemento es competente para soportar las cargas de tránsito.
- Se propone a la UAP, para futuros proyectos valorar otras alternativas para la captación de las aguas superficiales del pavimento con el fin de garantizar que la solución seleccionada facilite las labores de mantenimiento una vez finalizado el proyecto.
- Se recomienda iniciar la fase constructiva de los elementos de drenaje hasta el momento que haya sido aprobada la memoria de cálculo y diseños de estos elementos





REFERENCIAS

- Arce, M. (2011). Bases estabilizadas con cemento Algunos comentarios sobre sus ventajas e inconvenientes. Boletín Técnico Vol. 2 No. 19, LanammeUCR.
- Ávila-Esquivel, T., Sequeira-Rojas, W., Aguiar-Moya, J. P., & Elizondo-Salas, A. L. (2020). Calibración de especificaciones para bases estabilizadas con cemento en Costa Rica. Segundo Informe de avance.
- Chen, D. H., Hong, F., & Zhou, F. (2011). Premature cracking from cement-treated base and treatment to mitigate its effect. *Journal of performance of constructed facilities*, 25(2), 113-120.
- CALTRANS (2003). *Construcción Manual*. California Department of Transportation, California, EEUU.
- Halsted, G. E. (2010). Minimizing reflective cracking in cement-stabilized pavement bases. *Nova Scotia Pavement Maintenance and Preservation Session*, 1-10.
- MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- MOPT. (2015). *Manual de especificaciones Generales para la conservación de Caminos, carreteras y puentes de Costa Rica*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- MOPT. (2016). *Manual de Aucultación Visual de Pavimentos de Costa Rica*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- PCA (2003). *Soil-Cement Information: Reflective Cracking in Cement Stabilized Pavements*. EEUU.
- Sebesta, S., & Scullion, T. (2004). Effectiveness of minimizing reflective cracking in cement-treated bases by microcracking (No. FHWA/TX-05/0-4502-1,).
- SIECA (2019) *Manual de consideraciones Geotécnicas y Sísmicas con enfoque de gestión de riesgos para la infraestructura vial centroamericana*. Tema: Taludes. Primera Edición, El Salvador.





| EQUIPO AUDITOR | | |
|--|---|--|
| Preparado por: Ing. Álvaro Cerdas Murillo Auditor Técnico | Preparado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico | Revisado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves Auditor Técnico |
| Revisión legal por: Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesor Legal LanammeUCR | Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica | Aprobado por: Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D. Director LanammeUCR |





ANEXOS

A1. PROCESO DE VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA AUDITORÍA REALIZADA

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/Kh6JsP01WUKgpIE>

A2. ANÁLISIS DEL DESCARGO DE INFORME PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0749-2022

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/d7Lz3tg4gTJM0TE>

A3. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL MEDIANTE INDICADORES DE HORAK LOTE1 OBIS

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/cloud/index.php/s/bEqXtaV6u3ly6AE>

