



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

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

Informe LM-AT-044-2019

Informe de Auditoría Técnica **Calidad de materiales y prácticas constructivas del proyecto** **Construcción de Paso a desnivel en intersección Garantías** **Sociales, Ruta Nacional No. 39**

Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000011-0DE00



Preparado por:
Unidad de Auditoría Técnica
LanammeUCR

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

San José, Costa Rica
Julio, 2020



1. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-044-2019		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Calidad de materiales y prácticas constructivas del proyecto: Construcción de Paso a desnivel en intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39.		4. Fecha del Informe Julio, 2020
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen El estudio trata sobre la evaluación de la calidad de los materiales, la observación de las prácticas constructivas y el diseño de pavimentos del proyecto durante el periodo de ejecución de la auditoria entre los meses de marzo 2019 a febrero de 2020, donde se evidencian algunas oportunidades de mejora de la Unidad Ejecutora en cuanto al cumplimiento de especificaciones y la gestión de los contratos de Supervisión y construcción de la obra. Con respecto a la evaluación de la calidad de los materiales, se realizó una evaluación del cumplimiento de especificaciones del grado de desempeño (PG) del ligante asfáltico modificado (PG 76 -22), la base estabilizada con cemento y la mezcla asfáltica con las especificaciones del proyecto aprobadas por la Administración. Se evidenciaron incumplimientos con respecto a los documentos del contrato en cuanto al grado de desempeño de la mezcla asfáltica colocada y los controles establecidos por la Administración para la gestión del contrato y aseguramiento de la calidad de los materiales. Adicionalmente, se evaluaron las prácticas constructivas observadas durante la colocación de mezcla asfáltica donde se evidenciaron debilidades técnicas en la ejecución y control de los trabajos relacionadas con la colocación bajo lluvia, calidad del riego de liga y manipulación de la mezcla asfáltica caliente.		
10. Palabras clave Auditoría Técnica, Garantías Sociales, Grado de desempeño, Obras, calidad, materiales, prácticas constructivas.	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 80



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Calidad de materiales y prácticas constructivas del proyecto: Construcción de Paso a desnivel en intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39.

Departamento encargado del proyecto:

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

Supervisora del proyecto: UNOPS

Laboratorio de verificación de calidad: CACISA.

Empresa contratista (fase construcción): Constructora MECO S.A.

Laboratorio de control de calidad: ITP. Ingeniería Técnica de Proyectos

Monto original del contrato: USD 17,625,113.37

Plazo original de ejecución: 12 meses

Proyecto: Construcción de un paso a desnivel en la Intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39 y 215.

Director General LanammeUCR:

Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR:

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:

Ing. Erick Acosta Hernández, Auditor Técnico Líder.

Ing. Mauricio Picado Muñoz, Auditor Técnico Adjunto.

Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Auditor Técnico Adjunto.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	7
OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	8
ALCANCE DEL INFORME	8
ANTECEDENTES	9
METODOLOGÍA.....	11
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	13
AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR	14
RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA.....	16
SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	16
Hallazgo No. 1. El grado superior de desempeño del ligante asfáltico modificado se encuentra por debajo de lo especificado en el diseño de mezcla asfáltica modificada del proyecto aprobado por la Administración como documento contractual.	16
Hallazgo 2. Se evidenciaron incumplimientos de muestras aleatorias de ligante asfáltico modificado respecto al grado de desempeño intermedio solicitado en las especificaciones del proyecto para capas intermedias, según informes de ensayo del LanammeUCR.....	23
Hallazgo No. 3. Existe un riesgo potencial de agrietamiento de la base estabilizada con cemento tipo BE-25 del proyecto como consecuencia de falta de un límite superior en la especificación del material que regule el exceso de resistencia a la compresión. ...	24
Hallazgo No. 4. La Administración no implementó la actualización disponible sobre los límites de resistencia especificados para la base estabilizada con cemento para controlar el riesgo de agrietamiento del material.....	28
Observación 1. Se evidenció la utilización de parámetros de diseño de pavimentos conservadores en relación con los resultados de módulo dinámico de la mezcla asfáltica ensayada en el proyecto.	29
Hallazgo No. 5. Sobre el cumplimiento del requerimiento de fatiga y deformación permanente de la mezcla asfáltica Superpave en el proyecto.	30
Hallazgo No. 6. Se evidenciaron oportunidades de mejora en la metodología empleada por la Administración para la aceptación o rechazo de la mezcla asfáltica ante incumplimientos de los requisitos de compactación en campo.....	35
SOBRE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	43

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 4 de 80
----------------------	------------------------------	----------------



Hallazgo No.7: Las prácticas constructivas observadas durante la colocación de mezcla asfáltica evidencia debilidades técnicas en la ejecución y control de los trabajos.....	43
SOBRE LA CALIDAD DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS	49
Hallazgo No. 8: Se evidenciaron inconsistencias en la información básica utilizada para el dimensionamiento de las estructuras de pavimento.....	49
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS	57
Anexos.....	59
ANEXO A Descargo.....	59
A1 Oficio POE-09-2020-0450.....	59
A2 Oficio POE-09-2020-0536.....	62
ANEXO B Análisis del Descargo informe preliminar LM-AT-44B-2019	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.	14
FIGURA 2. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA SEGÚN LOS DATOS DE VERIFICACIÓN DE CALIDAD.	26
FIGURA 3. RIESGO DE AGRIETAMIENTO POR EXCESO DE RESISTENCIA EN LA BASE ESTABILIZADA.	27
FIGURA 4: INCUMPLIMIENTO EN PORCENTAJE DE VACÍOS, NÚCLEOS EXTRAÍDOS EN CAPA 1, ESTACIONAMIENTO 0+015, EJE #19.....	37
FIGURA 5: INCUMPLIMIENTO EN PORCENTAJE DE VACÍOS, NÚCLEOS EXTRAÍDOS EN CAPA 1 Y 2, ESTACIONAMIENTO 0+015, EJE #19.....	38
FIGURA 6: INCUMPLIMIENTO EN PORCENTAJE DE VACÍOS, NÚCLEOS EXTRAÍDOS EN CAPA 1, ESTACIONAMIENTOS 0+145, 0+185 Y 0+200, LADO DERECHO (LD).	38
FIGURA 7: PORCENTAJE DE VACÍOS DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS EN CAPAS ASFÁLTICAS COLOCADAS EN ENERO 2020 PROYECTO GARANTÍAS SOCIALES.....	40
FIGURA 8. COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA BAJO LLUVIA.	44
FIGURA 9. MANIPULACIÓN MANUAL DE MEZCLA ASFÁLTICA PARA COMPENSAR ESPESOR FALTANTE	45
FIGURA 10. CAMIÓN DOSIFICADOR DE EMULSIÓN ASFÁLTICA SIN UN ADECUADO PATRÓN DE ROCÍO UTILIZADO EN EL EJE 12.....	46
FIGURA 11. APLICACIÓN DE RIEGO DE LIGA NO UNIFORME FECHA: 18/06/2019. FUENTE: LANAMMEUCR, 2019.....	46
FIGURA 12. SUPERFICIE DE LA BASE ESTABILIZADA SIN COBERTURA DEL RIEGO DE LIGA.	47
FIGURA 13. COLOCACIÓN DE TRABA (MEZCLA ASFÁLTICA CON POLÍMERO), SOBRE EMULSIÓN SIN ROMPER.	47

ÍNDICE DE TABLAS

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 5 de 80
----------------------	------------------------------	----------------



TABLA 1. RESUMEN DE OFICIOS ENVIADOS A LA ADMINISTRACIÓN DURANTE EL PROCESO DE AUDITORÍA 9

TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE ASFALTO MUESTREADO POR EL LANAMMEUCR SEGÚN GRADO DE DESEMPEÑO. 17

TABLA 3. CLASIFICACIÓN DE ASFALTO MODIFICADO MUESTREADO POR EL LANAMMEUCR SEGÚN GRADO DE DESEMPEÑO. 18

TABLA 4. DISEÑOS DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA APROBADOS PARA EL PROYECTO 18

TABLA 5. COMPARACIÓN DE GRADOS DE DESEMPEÑO Y DOSIFICACIÓN DE MODIFICANTE 21

TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE ASFALTO MODIFICADO MUESTREADO POR EL LANAMMEUCR SEGÚN GRADO DE DESEMPEÑO TEMPERATURA INTERMEDIA. 23

TABLA 7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS RESISTENCIAS PROMEDIO DEL MATERIAL DE BASE ESTABILIZADA OBTENIDAS POR EL LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD. 26

TABLA 8. RIESGO DE AGRIETAMIENTO PARA LA MUESTRA DE BASE ESTABILIZADA 27

TABLA 9. RESULTADOS FATIGA EN MEZCLAS ASFÁLTICA PROYECTO GARANTÍAS SOCIALES DEFORMACIÓN SOSTENIDA 400×10^{-6} (MM/MM) 31

TABLA 10. RESULTADOS FATIGA EN MEZCLAS ASFÁLTICA PROYECTO GARANTÍAS SOCIALES DEFORMACIÓN SOSTENIDA 600×10^{-6} (MM/MM) 32

TABLA 11. RESULTADOS DE FORMACIÓN PERMANENTE (APA) 35

TABLA 12. ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE PAGO MEZCLA ASFÁLTICA ENERO 2020 EN FUNCIÓN DEL PARÁMETRO DE VACÍOS DE NÚCLEOS DE MEZCLA ASFÁLTICA REPORTADOS EN INFORME IMS-0013-200 41



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

CALIDAD DE MATERIALES Y PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE PASO A DESNIVEL EN INTERSECCIÓN GARANTÍAS SOCIALES, RUTA NACIONAL No. 39.

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.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 7 de 80
----------------------	------------------------------	----------------



OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

- Determinar la efectividad de los mecanismos de control de calidad de materiales implementados por la Administración para evaluar la conformidad con la normativa vigente en el proyecto durante la fase constructiva, por medio de una evaluación del cumplimiento de las especificaciones de los materiales a partir de muestreos puntuales realizados por el LanammeUCR y comparaciones con los datos de calidad de los laboratorios de Control y Verificación de Calidad del proyecto.
- Evaluar las prácticas constructivas de conformidad a la normativa vigente en el Cartel de Licitación del proyecto y las buenas prácticas de la Ingeniería para determinar su impacto en la calidad del proyecto.
- Comunicar oportunamente a la Administración sobre los resultados obtenidos por el LanammeUCR, sobre los ensayos que se realicen a los materiales usados del proyecto y otros aspectos constructivos que se consideren importantes según su impacto en la calidad del proyecto y eficiencia de la inversión.

ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio que desarrolla esta auditoría técnica, consiste en recopilar todos los hallazgos y observaciones que se evidenciaron durante la evaluación de la calidad de los materiales y, la observación de las prácticas constructivas realizadas durante el periodo de ejecución de la auditoría técnica y la fase constructiva del proyecto. El periodo de examen se desarrolló entre los meses de marzo 2019 a febrero de 2020.

Específicamente, el proceso de auditoría incluyó una evaluación de la calidad de los materiales que componen la estructura del pavimento y otros materiales utilizados en el proyecto. Adicionalmente, se realizó una evaluación estructural y geotécnica durante el proceso constructivo de los puentes y muros laterales del intercambio.

La evaluación del desempeño de la estructura de pavimento colocada en términos de la regularidad superficial, deflexiones y resistencia al deslizamiento, se realizará en un informe posterior.

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.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 8 de 80
----------------------	------------------------------	----------------



ANTECEDENTES

El proyecto auditado “Construcción de paso a desnivel en la intersección de las rutas nacionales N° 39 (Circunvalación) y N° 215 (Rotonda Zapote)”, se encuentra a cargo de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). Esta Unidad Ejecutora tiene como objetivo desarrollar varios proyectos dentro del alcance del Contrato de Préstamo No. 2080 suscrito entre el CONAVI y el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).

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

La gestión de este proyecto fue realizada por Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) como figura encargada del gerenciamiento integral del proyecto de estudios previos, diseño y construcción de los puentes incluyendo la administración, contratación, supervisión y control de calidad de los diseños y la construcción de las obras (puentes) a cambio de un pago de \$3.326.434, según se indica en el oficio DCA-2205 del 22 de agosto de 2014 de refrendo del Memorando de acuerdo.

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 las cuales se citan en la Tabla 1. En estos oficios se trataron temas relacionados con el contenido de este informe y cuyo fin era evidenciar situaciones relevantes identificadas por el equipo auditor durante la etapa de ejecución de la auditoría e informarlos oportunamente a la Unidad Ejecutora encargada del proyecto, previo a la emisión de este informe final.

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

Oficio o nota informe	Elaborado	Asunto	Observaciones
LM-AT-29-2019	24/01/2019	Designación de Equipo auditor	No requiere respuesta
LM-PI-027-19	02/04/2019	Observaciones sobre el colado de los pilotes	Con referencia: POE-09-2019-0281_Respuesta a LM-PI-027-2019
LM-AT-39-2019	21/01/2019	Solicitud de información Garantías Sociales	Con referencia: POE-09-2019-0152(LM-AT-39-2019)

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 9 de 80
----------------------	------------------------------	----------------



Oficio o nota informe	Elaborado	Asunto	Observaciones
LM-AT-53-2019	28/03/2019	estimaciones, OM, OS, no conformidades garantías	POE-09-2019-0498_Respuesta a LM-AT-053-19 LanammeUCR (FD)
LM-IC-D-342-19	16/05/2019	Observaciones visitas al proyecto Actualización de planos Control de calidad No conformidades Actualización de diseño Diseño de mezcla aprobado	Con referencia: POE-09-2019-0453_(LM-IC-D-0342-2019), Con referencia: POE-09-2019-0384_(LM-IC-D0342-2019)
LM-IC-D-0446-19	25/06/2019	Nota informe sobre colocación MAC bajo lluvia. Se solicita actualización diseño de pavimentos	Con referencia: POE-09-2019-0574(LM-IC-D-0446-19). Con referencia: POE-09-2019-0539(LM-IC-D-0446-19). Con referencia: POE-09-2019-0486(LM-IC-D-0446-19)
LM-IC-D-0475-19	28/06/2019	Colocación MAC y gestión proyecto Garantías Sociales	Pendiente de respuesta por parte de la Administración
LM-IC-D-550-19	19/07/2019	Remisión de informes de Ensayo: I-1511-19 Mezcla Asfáltica modificada I-1419-19 Base estabilizada	No se solicita respuesta
LM-AT-65-2019	12/07/2019	Cambio en equipo auditor	Cambio en equipo auditor
LM-IC-D-0558-19	23/07/2019	Nota informe sobre el proyecto: "Construcción de un paso a desnivel en la Intersección de las Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39". Incumplimiento grado de desempeño MAC colocada según informe de ensayo I-1432-19.	Con referencia: POE-09-2019-0693(R-IC-D-0558-19)
LM-IC-D-0591-19	30/07/2019	Observaciones al diseño de pavimentos y su actualización GARANTÍAS SOCIALES	Con referencia: POE-09-2019-0701_R-IC-D-0591-19
LM-IC-D-0706-19	03/09/2019	Solicitud de información del proyecto: estimaciones (a partir de julio 2019), autocontrol y verificación de calidad, órdenes de modificación, órdenes de servicio, avance físico y financiero y no conformidades garantías	Con referencia: POE-09-2019-0673 (R IC-D-0706-19) Con referencia: Correo Electrónico (POE-09-2019-0673)
LM-IC-D-0707-19	03/09/2019	Remisión de informes de Ensayo: I-1682-19 varillas de acero I-1653-19 Desempeño mezcla asfáltica I-1655-19 Desempeño mezcla asfáltica	No se solicita respuesta
LM-IC-D-0133-20	10/02/2020	Remisión de informes de ensayo I-0017-2020 I-0100-2020	Respuesta POE-09-2020-0447

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 10 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Oficio o nota informe	Elaborado	Asunto	Observaciones
LM-IC-D-0295-20	30/03/2020	Remisión de informes de ensayo I-0238-2020	Respuesta POE-09-2020-0455
LM-IC-D-0471-20	16/06/2020	Atención a respuesta brindada en el oficio POE-09-2020-0447 sobre los resultados del ensayo de fatiga Informe I-133-2020 contenidos el oficio LM-IC- D-0295-20	Respuesta POE-09-2020-0555
LM-IC-D-0476-20	18/06/2020	Atención a respuesta brindada en el oficio POE-09-2020-0455 sobre los resultados del ensayo de fatiga Informe I-0238-2020 contenidos el oficio LM-IC- D-0295-20	
LM-IC-D-0486-20	23/06/2020	Inclusión de hallazgo de auditoría sobre incumplimientos en el grado intermedio Superpave en el informe LM-AT-44-2019	POE-09-2020-0536
LM-IC-D-0513-20	26/06/2020	Aclaración a oficio LM-IC-D-486-2020	POE-09-2020-0536

METODOLOGÍA

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

El inicio de la ejecución de la auditoría se comunicó a la Unidad Ejecutora por medio del oficio LM-AT-39-19 del 21 de febrero de 2019 (recibido el 22 de febrero), donde se convocó a las partes a una reunión el 04 de marzo de 2019 donde se expuso el alcance, los criterios de evaluación del estudio y se solicitó acceso a la información del proyecto durante la fase constructiva.

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

- Invitación a licitar para la Construcción de la Obra “Intersección Garantías Sociales y Colector hacia el Río María Aguilar, San José (Costa Rica)” – IAL Número: ITB-CRPC-96800-2016-003 de fecha 12-09-2016.
- El contrato y la oferta y sus respectivos documentos.
- Los planos constructivos y otros documentos del proyecto

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 11 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



- Memorando de acuerdo (MDA) entre el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) y la Oficina de Naciones Unidas de Servicios para Proyectos (UNOPS) y sus adendas.
- Refrendo DCA-0717 del 15 de marzo de 2016 al Memorando de Acuerdo (MDA), y sus respectivas adendas.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010) y su actualización.
- Informes de Auditoría Técnica, Investigación y otras comunicaciones y documentos generados al sector por parte del LanammeUCR en cumplimiento de la Ley No. 8114 y sus reformas.
- Buenas prácticas de la ingeniería de carreteras.

Los elementos o aspectos relevantes evidenciados durante la ejecución del estudio y considerados por la auditoría como de comunicación inmediata para atención pronta dado su impacto en la calidad del proyecto, fueron comunicados a la Administración por escrito de forma oportuna previamente a la emisión de este informe.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 12 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “Construcción de paso a desnivel en la intersección de las rutas nacionales N° 39 (Circunvalación) y N° 215 (Rotonda Zapote)” se encuentra señalado como una de las metas del Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, apartado 5.12 Transporte e Infraestructura y fue declarado de interés público por medio del Decreto No. 40954-MINAE-MOPT publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 62 del 10 de abril de 2018.

El objetivo primordial del proyecto es mejorar las condiciones viales, de seguridad y comodidad de los usuarios de la Ruta de Circunvalación (Ruta No. 39) mediante la construcción de un paso deprimido en la Rotonda de las Garantías Sociales en Zapote.

El proyecto se localiza en la provincia de San José, distrito Zapote en la intersección de las Rutas Nacionales No. 39 y 215. El río María Aguilar curva bajo la Ruta Nacional No. 39 a aproximadamente 1 km al suroeste.

Según los documentos de proyecto, los objetivos específicos del proyecto son:

- Construir un paso deprimido en la intersección tipo rotonda de Garantías Sociales.
- Eliminar los tiempos de espera en los accesos San Pedro – I Griega y viceversa.
- Mejorar la demarcación horizontal y vertical en la Rotonda de las Garantías Sociales.
- Demarcar tanto horizontal como vertical el paso deprimido sobre la rotonda de la Garantías Sociales.
- Mejorar el componente paisajístico en la Rotonda de las Garantías Sociales.
- Disminuir la producción del CO₂ mediante el desvío del tránsito con mejores velocidades en el paso deprimido.
- Entre otros elementos del proyecto destaca la construcción del colector hacia el Río María Aguilar.

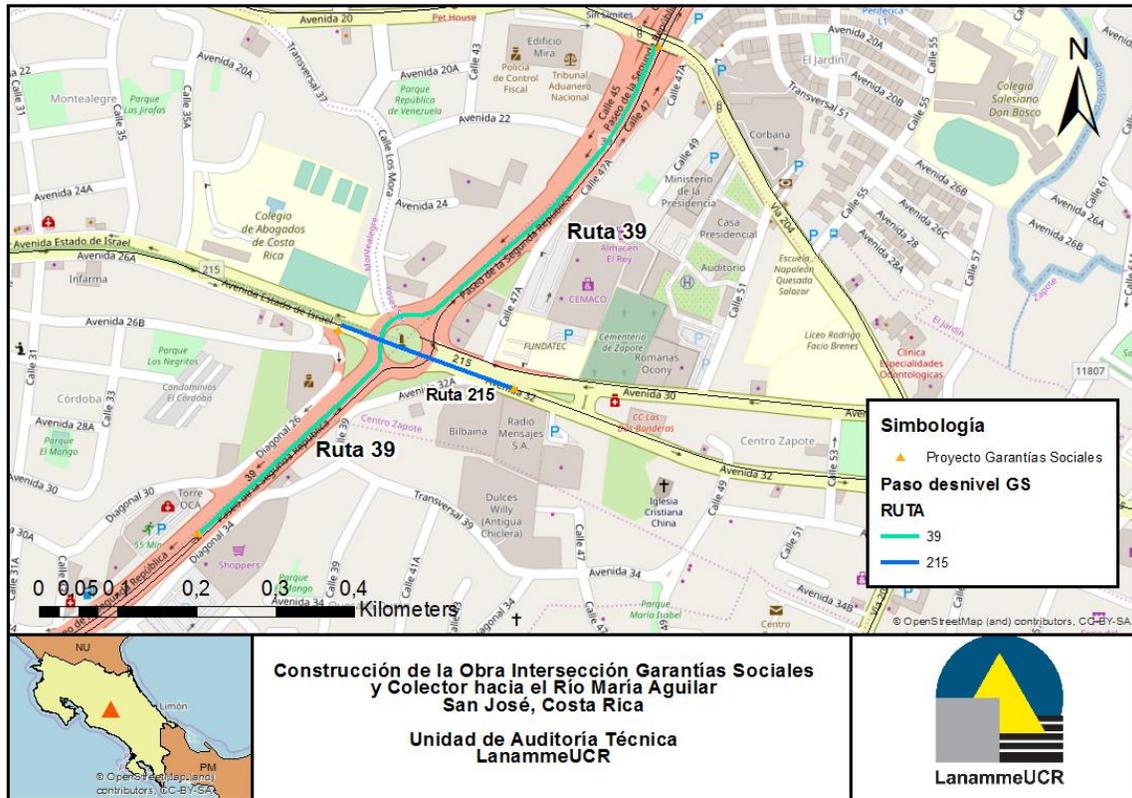


Figura 1. Localización del proyecto.

Fuente: LanammeUCR

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

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-AT-44B-19 fue remitido a la Administración y recibido el día 07 de mayo de 2020 mediante oficio LM-IC-D-0378-20, para que fuese analizado y donde se indicó que la presentación oral del informe se realizaría el día 15 de mayo de 2020 de forma virtual debido al estado de emergencia debido al COVID-19

La presentación del informe se realizó el día 15 de mayo de 2020 de manera virtual, y fue dirigida a la parte auditada con el fin de que se conocieran con mayor claridad y se expusieran los puntos que se requirieran ampliar según el contenido del informe.

En la presentación participaron los ingenieros Francini Chinchilla y Carlos Jiménez por parte de la Unidad Ejecutora BCIE/CONAVI, Eddy Ramírez por parte de la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS), Christian Vargas y Carlos Solís en

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 14 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



representación de la Supervisión del proyecto y Manrique Aguilar Oreamuno, Berny Quirós y Reynaldo Vargas por parte del departamento de Auditoría Interna de CONAVI. Por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR estuvieron presente los auditores encargados del informe, Ing. Erick Acosta Hernández, Ing. Sergio Guerrero Aguilera, Ing. Mauricio Picado Muñoz, así como la coordinadora de la auditoría la Ing. Wendy Sequeira Rojas MSc., también estuvo presente el ingeniero Francisco Fonseca.

A partir de la fecha de envío del informe preliminar, se le otorgó un plazo de 15 días hábiles a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita. El día 03 de junio de 2020, se recibió el oficio POE-09-2020-0450 emitido por la Administración, para que fuera analizado por la Auditoría Técnica como descargo al informe LM-AT-44B-19. En el oficio de la Unidad Ejecutora se encontraba adjunto la nota 96800/200529/ER/126 emitida por la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS).

Ambos oficios fueron analizados por el equipo auditor y considerados para realizar aclaraciones y mejoras al informe con el fin de que sea de mayor claridad para la Administración. Por otro lado, no fueron consideradas ni atendidas las observaciones de carácter subjetivo emitidas en dichos oficios.

A partir del análisis del descargo, se identificó un tema de relevancia para el equipo auditor que no fue atendido en el contenido del informe preliminar. Debido a la importancia de la evidencia encontrada se consideró pertinente incluir el hallazgo denominado **“Se evidenciaron incumplimientos de muestras aleatorias de ligante asfáltico modificado respecto al grado de desempeño intermedio solicitado en las especificaciones del proyecto para capas intermedias, según informes de ensayo del LanammeUCR”** dentro del contenido del informe final LM-AT-44-2019. El mismo se incorporó en el informe como el segundo hallazgo del informe.

Para ello se le comunicó al Administración la existencia del hallazgo mediante el oficio LM-IC-D-0486-2020 del 23 de junio de 2020 y se le dio un plazo de 10 días hábiles para su pertinente descargo. Esta fecha se extendió en su plazo debido a una solicitud de aclaración de información realizada por la ingeniería de proyecto vía correo electrónico el día 24 de junio de 2020, para lo cual se emitió un oficio aclaratorio el día 26 de junio de 2020 estableciéndose como plazo máximo el 10 de julio de 2020 para la recepción del descargo. La Administración brindó respuesta el día 14 de julio de 2020 mediante el oficio POE-09-2020-0536, en el mismo se encontraba adjunto la nota 96800/200713/ER/175 emitida por la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS), ambos documentos fueron revisados y analizados en el descargo del informe.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 15 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

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

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

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

SOBRE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES

Hallazgo No. 1. El grado superior de desempeño del ligante asfáltico modificado se encuentra por debajo de lo especificado en el diseño de mezcla asfáltica modificada del proyecto aprobado por la Administración como documento contractual.

El grado de desempeño (PG) del ligante asfáltico modificado utilizado en la producción de mezcla asfáltica para las mezclas asfálticas tipo 418 (3) y 418 (4) debe ser PG 76 -22, según el diseño de mezcla aprobado por la Administración. En el informe de ensayo I-1432-19 del LanammeUCR, se realizó una comparación entre las propiedades del ligante asfáltico sin modificar y modificado, determinándose que el PG de la muestra de asfalto modificado ensayada es menor que el requerido por el diseño de mezcla asfáltica aprobado. Se debe recordar que una vez aprobado el diseño de mezcla asfáltica el mismo forma parte de los documentos contractuales. Los resultados de ensayo fueron informados a la Unidad Ejecutora por medio del oficio LM-IC-D-0558-19 del 23 de julio de 2019 (recibido el 24 de julio de 2019). Por riguridad técnica se cita la temperatura inferior del grado de desempeño del ligante asfáltico, pero no es relevante para efectos de este estudio.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 16 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



El LanammeUCR, realizó un muestreo de ligante y mezcla asfáltica producida para el proyecto el día 07 de junio de 2019, y procedió a ensayar las muestras identificadas como M-1082-19 y M-1086-19 de asfalto modificado y asfalto original (sin aditivos) respectivamente, ambas tomadas de la planta de producción de mezcla asfáltica del proyecto durante el despacho de mezcla al proyecto.

Sin embargo, al analizar los resultados obtenidos por el LanammeUCR con respecto al grado de desempeño del asfalto, se determinó para la muestra ensayada de asfalto modificado un valor de PG 70, que es menor que el requerido por el proyecto (PG 76) según el diseño de mezcla aprobado para la temperatura alta. En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos por el LanammeUCR con respecto al grado de desempeño para los asfaltos originales y modificados.

Tabla 2. Clasificación de asfalto muestreado por el LanammeUCR según grado de desempeño.

Tipo de asfalto	Fecha de muestreo	Temperatura Superior (°C)	Temperatura Inferior (°C)	Grado de Desempeño
Asfalto original	07/06/2019	64	-22	PG 64
Asfalto modificado	07/06/2019	70	-22	PG 70
Especificación del proyecto (según diseños aprobados)				PG 76

Fuente: Informe I-1432-19, LanammeUCR.

Sobre los valores anteriores, se indica en el informe CACISA-2019-627 que a solicitud de UNOPS (en adelante el Gestor) se realizó el día 31 de julio de 2019 un muestreo de asfalto modificado que utiliza la constructora en el proyecto. Los resultados adjuntos al oficio CACISA-2019-627 indican que el grado de desempeño de la muestra es PG 70 -25 evidenciando nuevamente el incumplimiento identificado por el LanammeUCR, sobre lo que el laboratorio de verificación de calidad del Gestor concluye:

“Según el apartado 418.07.04 del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, el Grado de Desempeño para la máxima temperatura no podrá ser menor a 76 °C. Se concluye que el asfalto analizado no cumple con lo especificado.” (Lo resaltado no es del original)

Posteriormente, el LanammeUCR realizó muestreos adicionales del ligante asfáltico utilizado en la fabricación de la mezcla asfáltica modificada colocada en el proyecto, con el fin de evidenciar posibles cambios en el grado de desempeño del ligante utilizado. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3, donde se evidencia que las muestras tienen un grado de desempeño menor que el especificado para el proyecto en la capa intermedia



y solamente la muestra tomada de la capa de rodadura se encuentra dentro de la especificación del proyecto.

Tabla 3. Clasificación de asfalto modificado muestreado por el LanammeUCR según grado de desempeño.

Informe	Muestra	Fecha muestreo	Temperatura °C		Capa	Especificación del Proyecto
			Alta	Baja		
1432-19	1086-19	07/06/2019	70	-22	Intermedia	PG 76 -22
0278-20	2332-19	18/11/2019	70	-16	Intermedia	
0126-20	0051-20	15/01/2020	64	-16	Intermedia	
0127-20	0113-20	30/01/2020	76	-28	Rodadura	

Fuente: Informe I-0017-19, LanammeUCR.

Por otro lado, los diseños de mezcla asfáltica aprobados al contratista identificados como ITP-336-19 (Mezcla 418 (4) Superpave, TMN 19,0 mm) e ITP-337-19 (Mezcla 418 (3) Superpave, TMN 12,5 mm), evidencian en ambos casos que el grado de desempeño aprobado es PG 76 -22 y que todas las partes involucradas comprenden las especificaciones del proyecto. En la Tabla 4 se resumen las características de los diseños de mezcla aprobados por la Administración.

Tabla 4. Diseños de mezcla asfáltica modificada aprobados para el proyecto

Diseño	Tipo mezcla CR-2010	Tamaño máximo	Uso	Grado de desempeño (*)	Oficio aprobación
ITP-336-19	418(3) y 418(4)	19 mm	Fatiga, deformación plástica y daño inducido por humedad	PG 76 -22	CACISA-325-2019
ITP-337-19	418 (3) y 418(4)	12,5 mm	Fatiga, deformación plástica y daño inducido por humedad	PG 76 -22	CACISA-325-2019

(*) Así indicado en el informe aprobado por la Administración.

Fuente: Unidad Ejecutora

En ambos informes de diseño aprobados se declara lo siguiente:

“1. Información general:

(...)

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 18 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



d) Tipo de Mezcla y el uso que se dará a la misma

La mezcla asfáltica a diseñar corresponde a una mezcla asfáltica de graduación densa, con **tamaño máximo nominal de 19,0 mm la cual pretende ser utilizada como una mezcla designación 418 (3) Mezcla asfáltica Superpave para resistir deformación plástica y daño inducido por humedad y 418 (4) Mezcla asfáltica Superpave para resistir agrietamiento por fatiga.** La mezcla asfáltica está compuesta por cemento asfáltico modificado con aditivo Elvaloy al 1,0 % por peso de cemento asfáltico y 0,2 % de catalizador ácido poli fosfórico por peso de cemento asfáltico. El aditivo Elvaloy corresponde a un terpolímero elastomérico reactivo el cual incrementa la capacidad por deformación y fatiga del ligante asfáltico con respecto a su condición base.” (Lo resaltado no es del original)

Más adelante ambos informes dicen:

“3. Cemento asfáltico

a) Fecha de muestreo y procedimiento utilizado (...)

Posteriormente, **el ligante asfáltico base AC-30 se modificó con 1,0% de ELVALOY (terpolímero elastomérico reactivo RET, DuPont Packaging & Industrial Polymers, ver Anexo 2) y 0,2% de ácido poli fosfórico (en adelante PPA) en el laboratorio para realizar la clasificación por grado de desempeño PG acorde al procedimiento de clasificación AASHTO M-320 “Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder”. El objetivo de esta fase fue **comprobar que la dosis de ELVALOY y PPA eran las adecuadas para alcanzar un grado por desempeño PG 76 (como mínimo), solicitado en el punto d), sección 418.07.01.04 Ligante (cemento asfáltico) del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares UNOPS para este proyecto.****

Con base en algunas estimaciones realizadas para la selección del grado por desempeño del asfalto requerido para el proyecto, así como a las temperaturas máximas teóricas que podría alcanzar la capa asfáltica y las condiciones de velocidad de carga solicitadas para el proyecto (60 kph para rampas y 80 kph para la troncal principal), se pudo concluir que el grado mínimo requerido corresponde a un PG 70. **Sin embargo, se siguieron al pie de la letra las disposiciones del cartel del proyecto, por lo que se consideró un grado mínimo PG 76.”** (Lo resaltado no es del original)

De acuerdo con el documento de la contratación titulado “Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares” identificado como 203031-201-PD-GS-PPTP-02 de versión junio 2015, existe

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 19 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



ambigüedad en el contenido de la sección 418.07.01.04 Ligante (cemento asfáltico) en cuanto a la determinación del grado superior Superpave para la mezcla tipo 418(4) ya que el mismo documento no determina el grado superior para este tipo de mezcla, sin embargo, fue el mismo contratista quien especificó una temperatura 76 para el grado superior PG en su diseño de mezclas asfáltica

“418.07.01.04 Ligante (cemento asfáltico).

(...)

d) Cuando se trate de mezclas **tipo 418 (3)** deberá suministrarse un informe de laboratorio que evidencie el grado de desempeño Superpave para máximas temperaturas de desempeño, de acuerdo con el Manual SP-1 del Instituto del Asfalto, **mismo que no podrá ser inferior a 76 grados centígrados.**

e) Cuando se trate de mezclas **tipo 418 (4)** deberá suministrarse un informe de laboratorio que evidencie el grado de desempeño Superpave para temperaturas intermedias de desempeño, de acuerdo con el Manual SP-1 de) Instituto del Asfalto, **mismo que no podrá ser superior a 22 grados centígrados.”** (el resaltado no es del original)

“418.07.08 Cambios en la fórmula de mezcla para el trabajo

Si las variaciones granulométricas o de dosificación del ligante, exceden los rangos definidos por la Fórmula de Mezcla para el Trabajo o **cambian las fuentes o características de los materiales, esto exigirá la presentación de un nuevo Diseño de Mezcla que deberá cumplir con los requisitos contractuales.”** (el resaltado no es del original)

“418.07.09 Disposiciones Finales

El incumplimiento por parte del contratista de los requisitos establecidos en la sección 418.07, **suscitará la paralización inmediata de la producción por parte del Ingeniero de Proyecto.** La producción normal, reiniciará cuando todos los muestreos y ensayos de control de calidad de la mezcla, tramos de prueba, calibraciones, e inspecciones, hayan sido desarrollados por el contratista y **aceptados por el Ingeniero de Proyecto.”** (el resaltado no es del original)

Durante el proceso de producción de mezcla, la Unidad Ejecutora no verificó el grado de desempeño del ligante asfáltico utilizado en la producción y colocación de mezcla asfáltica. La primera verificación de esta variable se realizó de forma posterior a la comunicación de resultados que realizó este Laboratorio durante el proceso de fiscalización.

El LanammeUCR determinó, a partir una muestra de asfalto original (sin modificar) utilizado en el proyecto, la cantidad de modificante necesario para alcanzar el grado de desempeño solicitado en el diseño de mezcla del proyecto. Los resultados del informe I-2070-19 evidencian que para alcanzar un PG 76 se requiere el doble de modificante (1,0% TER) que para un PG 70 (0,5% TER), según se muestra en la Tabla 5, donde adicionalmente se

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 20 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



compara con la dosificación declarada en el diseño de mezcla aprobado del proyecto citado anteriormente obteniéndose un resultado similar.

Tabla 5. Comparación de grados de desempeño y dosificación de modificante

Tipo de asfalto	Temperatura °C		Grado de desempeño
	Superior	Inferior	
Asfalto original (sin modificar) muestreado en planta	64	-16	64
Asfalto modificado muestreado en planta	70	-16	70
Asfalto original + 0,5% TER + 0,1% PPA (Laboratorio)	70	-16	70
Asfalto original + 1,0% TER + 0,1% PPA (Laboratorio)	76	-16	76
Asfalto original + 1,0% TER + 0,2% PPA (Diseño aprobado)	76	-	76

Fuente: Unidad Ejecutora y LanammeUCR.

La diferencia evidenciada en el PG de la muestra de asfalto modificado es que la cantidad dosificada de polímero (aditivo) podría haber sido menor que la de diseño o que no se ajustó la tasa de dosificación debido a variaciones de las propiedades del asfalto utilizadas en el proceso de producción, además no fue verificada durante el proceso de producción de mezcla asfáltica y consecuentemente, la Unidad Ejecutora no se enteró a tiempo de este hecho para implementar las medidas correctivas. Lo anterior en vista de lo declarado por la Unidad Ejecutora y el Gestor de proyecto (UNOPS) en el oficio POE-09-2019-0693 del 30 de setiembre de 2019 como respuesta de la Unidad Ejecutora ante las consultas realizadas por este Laboratorio por medio del oficio LM-IC-D-0558-19 de fecha del 23 de julio de 2019; donde se indica que no se ha rechazado ningún tramo de pavimento y que por ende de la lectura, se desprende que la colocación de mezcla asfáltica se desarrolló sin detectar incumplimientos:

“En adición al punto 2 de la nota adjunta, se aclara que UNOPS no ha rechazado ningún tramo colocado a la fecha (...)” (lo resaltado no es del original)

En este punto se evidencia que no existen mecanismos de control por parte de la Administración y el Gestor del proyecto, en cuanto al control del grado de desempeño del ligante usado en la producción de la mezcla asfáltica modificada, tal y como se evidencia en el oficio Ref. 96800/190916/ER/165 del 16 de setiembre de 2019 adjunto a POE-09-2019-0693, en donde, al cuestionarse por parte de esta Auditoría Técnica sobre el procedimiento de control y verificación de la mezcla asfáltica por parte del Gestor y el Contratista se hace referencia a los informes CACISA-2019-627 y DTP-GS-282-2019:

“(...) sin embargo, están realizando las investigaciones necesarias y descargos respectivos por parte del contratista, para tener certeza del cumplimiento de las

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 21 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



especificaciones de los demás tramos de mezcla colocados en el proyecto.” (lo resaltado no es del original)

“(…) UNOPS se encuentra en estudio de las **implicaciones o solución** que se llevarán a cabo en contra del Contratista por **el incumplimiento a lo descrito en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto en ese tramo u otros en caso de comprobarlo**, por lo que la Administración está pendiente de la resolución dada por el gestor y el dará el seguimiento respectivo.” (lo resaltado no es del original)

Existe un riesgo potencial de que la mezcla colocada en el proyecto, fue producida con un ligante asfáltico de un grado desempeño menor al especificado en el diseño de mezcla aprobado. Esta situación tiene dos posibles implicaciones, la primera en cuanto a la falta de certeza en el grado desempeño de la mezcla asfáltica colocada y recibida a la fecha y la segunda que un menor grado de desempeño de la mezcla asfáltica colocada también debería tener un menor precio que el pactado en el contrato, por su menor contenido de modificante. Sin embargo, la Unidad Ejecutora en su descargo no remite información sobre este particular, lo que tampoco permite tener certeza sobre cómo será retribuido este costo a la Administración.

En el oficio Ref. 96800/190916/ER/165 del Gestor, ante la consulta realizada en el oficio LM-IC-D-0558-19 del 23 de julio de 2019, se declara que no tiene certeza si en todos los casos de colocación de mezcla modificada se dio esa condición:

“2. **Ubicación de los tramos de mezcla asfáltica colocados y rechazados.**
El proyecto presente colocación de mezcla con asfalto modificado en los ejes 3, 12, 13, 14, 20, 15, 8, 18. **No hay certeza si en todos los casos de colocación ha mostrado esa condición del asfalto.** (lo resaltado no es del original)

En el oficio POE-09-2019-0929 del 05 de diciembre de 2019, se adjunta la nota No. 96800/1121/ER/245 remitida por el Gestor, respecto al grado de desempeño de la mezcla asfáltica del proyecto donde se reconoce que el PG de la mezcla colocada es menor que el especificado y las cantidades de material colocado bajo esta condición es aceptado, pero no hay referencia acciones ejecutadas de índole sancionatoria por el incumplimiento:

“(…) se ha consultado al diseñador y a la Supervisión del proyecto y se llega a la conclusión de que **es factible la aplicación del PG-70 en la primera capa y el PG-76 en la segunda capa**, eso dado que en el apartado 418.07.01.04 del Pliego de Especificaciones Técnicas, correspondiente al cemento asfáltico, menciona que la mezcla denominada **418 (3), debe tener un grado de desempeño PG 76, mientras que la mezcla que debe resistir fatiga 418 (4) no se solicite dicho requisito.**

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 22 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



No se considera que haya implicaciones en el impacto de la calidad utilizando un cemento asfáltico con Grado de Desempeño 70, así mismo, según el cálculo del grado de desempeño máximo para el área de ubicación del proyecto, calculado a partir de la herramienta de cálculo desarrollada por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, el grado de desempeño para el proyecto es PG-70.

Es por lo anterior, que no se considera que exista incumplimiento en los documentos contractuales, por lo tanto, se acepta la colocación de dicha manera.” (Lo resaltado no es del original)

La Administración contratante tiene, como parte de sus potestades de imperio y dentro de los términos del cartel, la obligación de aprobar o improbar una modificación a determinada propuesta técnica, por medio de un acto debidamente motivado y razonado, orientado al resguardo del interés público que se busca satisfacer con la contratación, especialmente considerando las implicaciones técnicas y económicas que trate de la modificación. Sin embargo, en la situación descrita anteriormente se evidenció la ausencia de controles con respecto a la calidad del ligante asfáltico modificado y una valoración en las repercusiones económicas del contrato.

Hallazgo 2. Se evidenciaron incumplimientos de muestras aleatorias de ligante asfáltico modificado respecto al grado de desempeño intermedio solicitado en las especificaciones del proyecto para capas intermedias, según informes de ensayo del LanammeUCR.

La clasificación por grado de desempeño obtenida mediante ensayos realizados por el LanammeUCR a muestras aleatorias del ligante asfáltico modificado empleado en el proceso de producción de mezcla asfáltica SUPERPAVE de 12,5 mm para resistir agrietamiento por fatiga 418 (4), durante la ejecución del proyecto, permitió evidenciar que 4 muestras tomadas incumplieron con el grado de desempeño intermedio de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

Se muestra a continuación la Tabla 6 con el resumen de los resultados del grado de desempeño realizados por el LanammeUCR entre los meses de junio 2019 y enero 2020.

Tabla 6. Clasificación de asfalto modificado muestreado por el LanammeUCR según grado de desempeño temperatura intermedia.

Informe	Muestra	Fecha muestreo	PG intermedio	Capa	Especificación del Proyecto
1432-19	1082-19	07/06/2019	23	Intermedia	

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 23 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



0278-20	2332-19	18/11/2019	28	Intermedia	PG intermedio no mayor a 22°C
0126-20	0051-20	15/01/2020	28	Intermedia	
0134-20	0121-20	31/01/2020	25	Intermedia	

Fuente: LanammeUCR, 2020.

Los resultados de la Tabla 6, muestran que el grado intermedio obtenido en cada uno de los informes supera el valor de temperatura establecido como máximo para el grado intermedio según las disposiciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, el cual establece en el apartado 418.07.01.04, inciso e), que para las mezclas asfálticas con designación 418 (4) Mezcla asfáltica SUPERPAVE para resistir agrietamiento por fatiga colocadas en primera capa o capa intermedia se debe cumplir con:

Quando se trate de mezclas tipo 418 (4) deberá suministrarse un informe de laboratorio que evidencie el grado de desempeño Superpave para temperaturas intermedias de desempeño de acuerdo con el Manual SP-1 del Instituto del Asfalto, mismo que no podrá ser superior a 22 grados centígrados.

En relación con los resultados obtenidos del grado intermedio con temperaturas superiores a lo usual, se debe indicar que existe un potencial riesgo de que la modificación realizada al material resulte en un asfalto más rígido, que podría incidir de forma desfavorable en el resultado del desempeño a fatiga del material.

En el caso de la muestra 2332-19 del 18 de noviembre de 2019 contemplada en el informe I-0278, dónde se evidenció una temperatura intermedia de 28 °C en el grado intermedio, se debe indicar que la mezcla asfáltica modificada muestreada en la misma fecha presentó incumplimientos en la cantidad de repeticiones de primera capa de cargas para resistir fatiga según se detalla más adelante en el hallazgo 5 de este informe.

Por otro lado, se reitera el criterio emitido en el Hallazgo 1, ya que, durante el proceso de producción de mezcla, la Unidad Ejecutora no verificó el grado de desempeño del ligante asfáltico utilizado en la producción y colocación de mezcla asfáltica y tampoco se pronunció sobre los resultados del grado intermedio de los ensayos de laboratorio emitidos por el LanammeUCR durante la ejecución del proyecto.

Hallazgo No. 3. Existe un riesgo potencial de agrietamiento de la base estabilizada con cemento tipo BE-25 del proyecto como consecuencia de falta de un límite superior en la especificación del material que regule el exceso de resistencia a la compresión.

El diseño de mezcla aprobado del proyecto ITP-222-19, establece que la base estabilizada del proyecto es del tipo BE-25 con una resistencia promedio a los 7 días de 3,0 MPa (30

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 24 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



kg/cm²) y define que la especificación a cumplir es la sección 302 del “Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 Revisión 2017” donde se establecen resistencias mínima, promedio y máxima:

Resistencia a la compresión inconfiada (falla a 7 días)	Especificación	
	MPa	kg/cm ²
Mínima	2,1	21
Promedio	3,0	30
Máxima	3,9	39

Fuente: sección 302 del CR-2010 revisión 2017.

En el oficio CACISA-133-2019 del 5 de febrero de 2019 con referencia a Observaciones al Oficio de Meco DTP-GS-015-2019 Diseño de Base Estabilizada BE-25, la empresa Supervisora hace la siguiente observación sobre el Informe de ensayo ITP-1156-18 que contiene el Diseño de la Base Estabilizada BE-25 para el proyecto:

*“Primero que todo, es importante aclarar **que las especificaciones que se deben seguir para el Diseño de una Base Granular con Cemento, son las correspondientes a la sección 302 del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 (sección actualizada)**”* Lo resaltado no es del original.

La Figura 2 muestra las resistencias a la compresión simple obtenida para las muestras de base estabilizada ensayadas por el laboratorio de verificación de calidad, en el periodo de mayo 2019 a enero. Es posible observar que se obtuvieron resistencias de hasta dos veces la resistencia de diseño (3,0 MPa), lo cual aumenta el riesgo de producir una base muy rígida susceptible al agrietamiento por contracción del material, de ahí el límite superior que especifica el CR-2010.

El análisis estadístico de los resultados promedio de ensayo de resistencia a la compresión inconfiada de las muestras de base estabilizada tipo BE-25, se realizó a partir de los resultados del laboratorio de verificación de calidad y la sección CR 107.05 “Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago” del manual CR-2010 y el diseño aprobado de base estabilizada del proyecto durante el periodo mencionado.

De los resultados mostrados en la Tabla 7, el análisis estadístico de los datos de verificación de calidad evidencia que la resistencia promedio de las muestras analizadas es de 48,1 kg/cm² (4,7 MPa) con una desviación estándar de 9,4 kg/cm² (0,92 MPa), que equivale a un 84,8% de incumplimiento de los valores por encontrarse fuera del límite superior de la especificación (3,9 MPa), sumado a un 0,3% de valores que se encuentran por debajo del

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 25 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



límite inferior de la especificación (2,1 MPa) que equivale a un 85,1% de datos fuera de los rangos de especificación.

Tabla 7. Resultados del análisis estadístico de las resistencias promedio del material de base estabilizada obtenidas por el laboratorio de verificación de la calidad.

Parámetro	Resistencia (kg/cm ²)
Promedio (σ)	48,1
Desviación estándar (S)	9,4
Número total de valores (n)	31
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)	38,3
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)	20,6
Índice de calidad superior (ICS)	-1,05
Índice de calidad inferior (ICI)	2,9
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)	84,8%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)	0,3%
Total fuera de los rangos de especificación (NI)	85,1%

Fuente: Unidad Ejecutora y LanammeUCR.

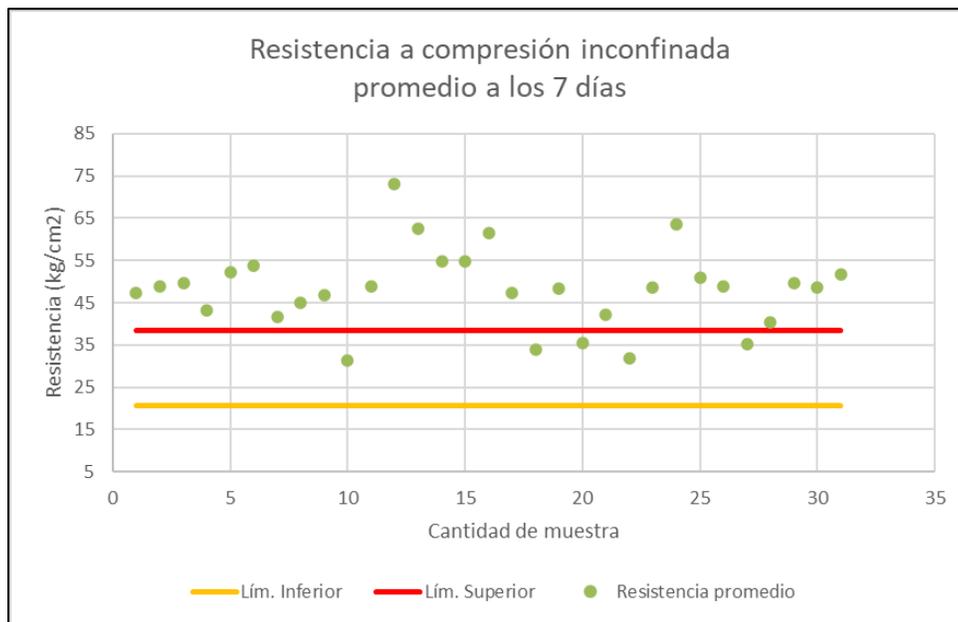


Figura 2. Resultados de resistencia a la compresión inconfiada según los datos de verificación de calidad.

Fuente: Unidad Ejecutora.

De acuerdo con los rangos de riesgo de agrietamiento (Arce, 2011) y la distribución de frecuencia observada de los resultados de verificación de calidad, se evidencia que los resultados se ubican en las categorías de riesgo de agrietamiento “de moderado a alto”



(81,3%) y de “alto a severo” (18,8%), según se muestra en la distribución de frecuencias de la Tabla 8 y la Figura 3.

Tabla 8. Riesgo de agrietamiento para la muestra de base estabilizada

Etiqueta	Frecuencia	% acumulado	Riesgo de Agrietamiento	Etiqueta
0 - 20,6	0.0%	0.00%	--	0 - 20,6
26,6 - 30	0.0%	0.00%	de muy leve a leve	26,6 - 30
30 - 38,3	0.0%	0.00%	de leve a moderado	30 - 38,3
38,3 - 60	87.1%	87.10%	de moderado a alto	38,3 - 60
60 - 80	12.9%	100.0%	alto - severo	60 - 80

Fuente: LanammeUCR

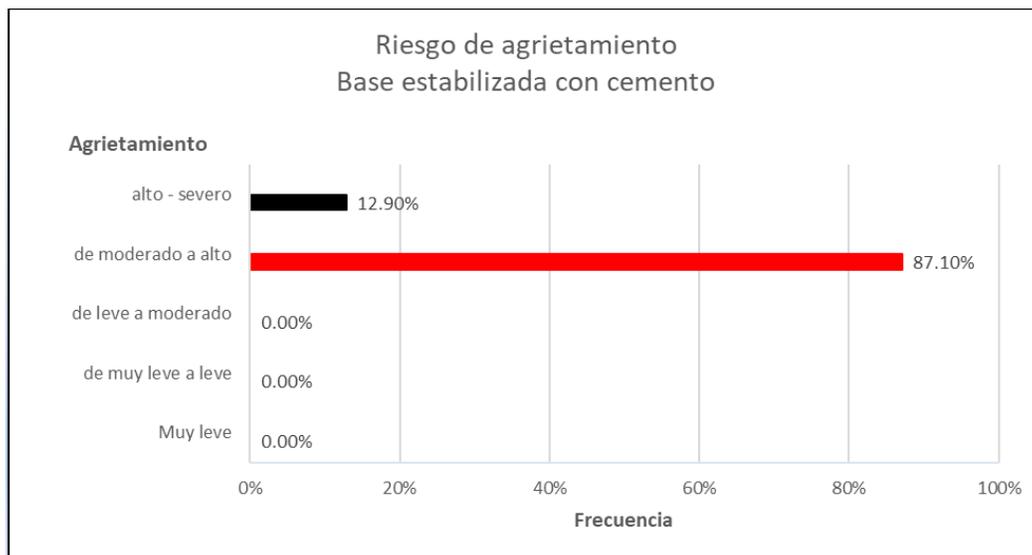


Figura 3. Riesgo de agrietamiento por exceso de resistencia en la base estabilizada.
Fuente: LanammeUCR.

En conclusión, el proceso de fabricación de la base estabilizada con cemento muestra una alta variabilidad en la resistencia medida, una tendencia a producir un material con un exceso de resistencia por encima de la especificación del proyecto y también al compararlo con la especificación declarada en el diseño del material aprobado por la Administración, estas situaciones evidencian que el proceso de producción no estuvo controlado y consecuentemente el riesgo de agrietamiento tampoco.

A partir del contenido de este hallazgo, la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS) en la nota 96800/200529/ER/126 indica que se realizará un ensayo de deflectometría de impacto en las secciones de base estabilizada con cemento de mayor



resistencia a la compresión, con el propósito de retrocalcular el módulo de rigidez en sitio, valorar la capacidad de carga de la base estabilizada construida y contrastar su capacidad con la realidad de cargas vehiculares sobre el pavimento. Este aspecto es considerado como positivo por el equipo auditor para garantizar la condición estructural de la capa construida.

Hallazgo No. 4. La Administración no implementó la actualización disponible sobre los límites de resistencia especificados para la base estabilizada con cemento para controlar el riesgo de agrietamiento del material.

Los controles de calidad de los materiales del proyecto, no consideran un límite superior de la resistencia de la base estabilizada con cemento tipo BE-25, a pesar de que el documento aprobado del diseño del material se establece que el diseño se realizó bajo la especificación de la sección 302 del “Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 Revisión 2017”.

El CONAVI en la figura de la Unidad Ejecutora del proyecto, cuenta con las facultades e instrumentos legales para introducir una modificación a las bases del contrato e introducir la actualización de la sección 302 del “Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 Revisión 2017”, oficializada en el Decreto Ejecutivo No. 40333-MOPT (publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 86 del 09/05/2017 Alcance No. 99).

El oficio de refrendo identificado como DCA-0717 de fecha 15 de marzo 2016, emitido por la División de Contratación Administrativa de la Contraloría General de la República (CGR), donde se otorga el refrendo al MDA entre CONAVI y UNOPS, se establece que el CONAVI:

- *“Mantiene en todo momento sus competencias y no delega o transmite las mismas a un tercero.*
- *Define qué requisitos deben tener por ejemplo los diseños,*
- *A pesar de delegar a un tercero el gerenciamiento del proyecto, las actuaciones de éste deben realizarse a partir de las instrucciones recibidas por parte de la Administración, que tiene una participación activa y determinante durante todo el proceso.*
- *Mantiene una participación directa y monitoreo detallado en aspectos como: aprobación de las especificaciones técnicas de la obra a construir, y verificación de la calidad de lo diseñado y lo construido.*
- *Las contrataciones que se realicen dentro de la ejecución del presente proyecto (MDE), deberán ajustarse a los principios que informan la materia de contratación pública.”*

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 28 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



En el oficio de refrendo del proyecto (DCA-0717) citado anteriormente, también se hace referencia a que el contrato entre CONAVI y UNOPS debe regirse por los principios del artículo 182 de la Constitución Política y la jurisprudencia asociada a la contratación administrativa. Se cita el voto 998-98 de las once horas treinta minutos del dieciséis de febrero de mil novecientos noventa y ocho, en el que la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia de nuestro país señaló:

“(...) de la mutabilidad del contrato, puesto que la administración cuenta con los poderes y prerrogativas necesarias para introducir modificaciones a los contratos, con el objeto de que cumplan con el fin público asignado que debe proteger y realizar”

Del texto anterior se desprende que el CONAVI mantiene su potestad de aprobar y modificar elementos del contrato con el fin de satisfacer el fin público de las obras y las especificaciones del proyecto, con el debido proceso dentro de los que cabe la incorporación de actualizaciones vigentes de los materiales en beneficio de la calidad del proyecto.

En conclusión, se evidenció que el CONAVI en figura de la Unidad Ejecutora tiene mecanismos legales para introducir cambios en el contrato en materia de especificaciones, con el fin de reducir el riesgo potencial de agrietamiento de la capa de base estabilizada y se vea afectado el desempeño y durabilidad del pavimento. Sin embargo, en el caso específico de esta capa no se evidenció la implementación de la actualización disponible sobre los límites de resistencia del material, a pesar de que en los documentos de supervisión se enfatiza sobre el uso de esta actualización.

Observación 1. Se evidenció la utilización de parámetros de diseño de pavimentos conservadores en relación con los resultados de módulo dinámico de la mezcla asfáltica ensayada en el proyecto.

El módulo dinámico obtenido por el LanammeUCR, en la muestra de mezcla asfáltica ensayada en el informe I-1655-19 fue de 6026,22 MPa o su equivalente a 874.029 psi. Mientras el módulo dinámico obtenido de la mezcla asfáltica del informe I-0238, fue de 7798,43 MPa o su equivalente 1.131.066 psi.

La Administración aceptó utilizar módulos de rigidez conservadores en la mezcla asfáltica de 400 000 psi (2758 MPa) en el diseño de estructuras de pavimentos, debido a que según el criterio de consultor que elaboró los términos de referencia del proyecto, la experiencia en Latino América no permitía alcanzar módulos de rigidez mayores.

Este hecho aprobado por la Administración tuvo como consecuencia los siguiente:

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 29 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



- Sobrediseño de las estructuras de pavimentos, lo que repercute en el costo de la estructura de pavimento
- Mezclas asfálticas con valores de módulo dinámico por encima de los 7000 MPa tienen un mayor riesgo potencial a presentar incumplimientos en la especificación de desempeño a fatiga debido a su alta rigidez susceptible a volverse más frágiles, como el caso de la muestra del **I-0238-20** que presentó un módulo con una rigidez cercana a los 7800 MPa, podría presentar problemas de desempeño asociado a la fatiga del material.

Sobre este tema en la nota informe LM-IC-D-0591-19 (de fecha 30/07/2019), se señaló a la Administración sobre la utilización por parte del diseñador, de un módulo de rigidez conservador de 400 000 psi para la mezcla asfáltica el diseño de estructuras de pavimentos, debido a que según su criterio consideraba que la experiencia en Latino América no permitía alcanzar módulos de rigidez mayor. Por lo que los resultados obtenidos a partir de las muestras ensayadas en los informes I-1655-19 e I-0238-20, permiten evidenciar el criterio conservador utilizado por el diseñador. Posteriormente, a partir de la recomendación emitida en la nota informe LM-IC-D0591-19 de fecha 30 de julio de 2020, se modificó el módulo al máximo de rigidez del material al máximo permitido según la metodología ASHTO93.

Adicionalmente, se le suministró a la Administración la referencia LM-PI-055-17 para la estimación de coeficientes estructurales de mezcla asfáltica con polímeros según la metodología AASHTO93; sin embargo, se evidenció que ésta no fue considerada en la actualización del diseño.

Hallazgo No. 5. Sobre el cumplimiento del requerimiento de fatiga y deformación permanente de la mezcla asfáltica Superpave en el proyecto.

En la ejecución de los trabajos de construcción de la capa de mezcla asfáltica, se realizaron muestreos de la mezcla asfáltica colocada con el fin de evaluar el cumplimiento de las propiedades de fatiga y deformación permanente del material (desempeño), solicitados por el pliego de prescripciones técnicas y los diseños de aprobados en el proyecto.

Las muestras mezcla asfáltica ensayadas corresponden al material con tamaño máximo nominal de 12,5 mm colocado el 07 de junio de 2019, en la rotonda superior del paso a desnivel y la mezcla colocada el día 18 de noviembre de 2019 en el eje 4 del proyecto. Por otra parte, las muestras de asfalto modificado consideradas en este análisis corresponde al material muestreado el día 18 de noviembre de 2019. Es importante reiterar que los resultados de los ensayos obtenidos, no tienen un carácter de dictamen final en el control

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 30 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



de calidad del proyecto, sino más bien estos constituyen el resultado de muestras aleatorias para dar un panorama más amplio del orden de magnitud de los parámetros analizados.

Adicionalmente, el equipo auditor recopiló y analizó los resultados de control de calidad llevados a cabo por la Supervisión durante la ejecución del proyecto, con el fin de evaluar el cumplimiento de las disposiciones consideradas para ambos parámetros en el pliego de especificaciones del cartel de licitación, junto con el diseño de mezcla asfáltica aprobado al contratista en los informes ITP-336-19 y ITP-376-19.

- **Desempeño a fatiga.**

En la Tabla 9 y

Tabla 10 se muestran los resultados de los números de ciclos de fatiga obtenidos a través del AASHTO T321, para la Determinación de la vida de fatiga de mezcla asfáltica en caliente a flexotracción con carga dinámica.

Los resultados de los ensayos de fatiga realizados para dos diferentes condiciones de deformación sostenida 400×10^{-6} (mm/mm) y 600×10^{-6} (mm/mm), de acuerdo con los requerimientos de fatiga dispuestos en la Tabla 418-04 del Tomo 4 Pliego de prescripciones técnicas del proyecto para mezcla asfáltica Superpave, permiten identificar el cumplimiento de la mezcla asfáltica ensayada en el informe I-1655-19 y el incumplimiento en la cantidad de ciclos requeridos en ambos condicionamientos de deformación sostenida para la muestra ensayada en el informe I-0238-20.

Tabla 9. Resultados fatiga en mezclas asfáltica proyecto Garantías Sociales deformación sostenida 400×10^{-6} (mm/mm)

Informe	Factor	Vacíos (%)	Rigidez inicial (MPa)	Rigidez Final (MPa)	Número de ciclos Fatiga	Especificación Tabla 418-04	Criterio
I-1655-19	Promedio	7,2	5784	2889	1.399.418,00	200.000,00	Cumple
	Desv.Est.	0,2	29	17	481.202,00		
I-0238-20	Promedio	7	8052	4016	70.145,00	200.000,00	No cumple
	Desv.Est.	0,3	500	253	37.324,00		

Fuente: LanammeUCR.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 31 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Tabla 10. Resultados fatiga en mezclas asfáltica proyecto Garantías Sociales deformación sostenida 600×10^{-6} (mm/mm)

Informe	Factor	Vacíos (%)	Rigidez inicial (MPa)	Rigidez Final (MPa)	Número de ciclos Fatiga	Especificación Tabla 418-04	Criterio
I-1655-19	Promedio	7,3	5202	2590	113.498,00	40.000,00	Cumple
	Desv.Est.	0,4	263	124	16.369,00		
I-0238-20	Promedio	7	7215	3553	7.348,00	40.000,00	No cumple
	Desv.Est.	0,1	405	182	2.756,00		

Fuente: LanammeUCR.

Las diferencias notorias en la cantidad de ciclos de resistencia a fatiga evidenciadas en los resultados de los informes, pueden obedecer a múltiples factores no controlados durante el proceso de producción, además de la fecha de producción de los lotes ensayados, la muestra del informe I-1655-19 fue tomada en junio de 2019 y la muestra del informe I-0238-20 en noviembre de 2019:

En el caso específico del incumplimiento evidenciado en el informe I-2038-20, los factores a considerar son los siguientes:

- El cambio de la tasa de dosificación del polímero o una inadecuada incorporación del polímero en el proceso de producción del material, son los factores potenciales que podrían haber incidido en la reducción del número de ciclos a fatiga del ensayo realizado a la muestra de mezcla asfáltica modificada en el mes de noviembre del 2019.
- Incumplimientos en el grado de desempeño (PG) del ligante asfáltico modificado como consecuencia la dosificación de polímero durante el proceso de producción.

En relación con los dos puntos anteriores, es conocido a partir de estudios del ensayo de fatiga AASHTO T321 desarrollados a nivel nacional e internacional, que la incorporación de polímeros a la mezcla asfáltica es uno de los elementos fundamentales para alcanzar el cumplimiento de la especificación de la resistencia a fatiga en mezclas asfálticas para las diferentes deformaciones solicitadas en la especificación.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 32 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Adicionalmente, a la incorporación del polímero a la mezcla asfáltica, se deben de tener en cuentas otras consideraciones para el correcto desempeño del material con polímero, tal como lo señala el oficio LM-PI-070-2018 de fecha 20 de setiembre de 2018, correspondiente al pronunciamiento del LanammeUCR sobre inquietudes realizadas por el CONAVI sobre la especificación de fatiga en mezclas asfálticas. En dicho documento se menciona la importancia de elementos para determinar la resistencia a fatiga de una mezcla asfáltica, tales como la selección de la naturaleza del polímero y **tasa de dosificación en el diseño de mezcla, así como el correcto procedimiento de modificación e incorporación del polímero al cemento asfáltico durante su producción.**

A partir de lo anterior y como parte del proceso de fiscalización de la calidad de los materiales del proyecto, el equipo auditor realizó ensayos al asfalto modificado para la determinación del grado de desempeño del cemento asfáltico, tal como se señaló en Hallazgo 1 de este informe. Lo anterior con el fin de identificar variaciones en el resultado del grado de desempeño del asfalto modificado en planta, en relación con el grado de desempeño del cemento asfáltico para la mezcla Superpave solicitado en el cartel de licitación, y así identificar posibles variaciones en tasas de dosificación del polímero o problemas en la incorporación del polímero durante la producción de la mezcla asfáltica.

Los resultados del grado de desempeño del asfalto modificado en planta muestreado el 18 de noviembre de 2019, determinaron un Asfalto PG70-16 o PG 70-16 E a 64 según la clasificación MSCR, esto de acuerdo con los informes I-0278-2070 y I-0279-20.

Adicionalmente, en el informe I-0279-20 se solicitó replicar en laboratorio la modificación del asfalto propuesta por el contratista en el diseño de mezcla (ITP-336-19, ITP-337-19), la cual correspondía a la adición 1 % de aditivo ELVALOY y 0, 2% ácido poli fosfóricos sobre peso de cemento asfáltico. El resultado del grado del desempeño, correspondió a un asfalto PG76-16. Como variable adicional a los ensayos se solicitó disminuir la tasa de dosificación del polímero EVALOY 0,5% sobre peso del cemento asfáltico como modificación al cemento asfáltico en laboratorio, el resultado obtenido fue un asfalto PG70-16.

De acuerdo con los resultados obtenidos para las diferentes tasas de dosificación de polímero Elvaloy aplicadas en la modificación del cemento asfáltico, se puede concluir que la muestra tomada en planta el 18 de noviembre de 2019, no se ajustó al grado de desempeño del asfalto modificado con la tasa dosificación del polímero de 1% contemplada en el diseño de mezcla propuesto por el contratista. Lo anterior debido que el grado de desempeño del límite superior de la muestra en planta, fue inferior al límite superior del asfalto modificado con la tasa de dosificación contemplada en el diseño de mezcla. Por otra parte, el grado de desempeño obtenido de la muestra en planta obtuvo el mismo grado de

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 33 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



desempeño del asfalto en que se utilizó un porcentaje de polímero de 0,5% en la modificación del cemento asfáltico.

El análisis de los resultados obtenidos de los informes I-0278-2020 y I-0279-2020, permiten deducir que el grado desempeño de la muestra del asfalto modificado en planta del 18 de noviembre de 2019, tuvo una afectación por una modificación de la tasa de dosificación del polímero empleada en la producción del material en relación con los porcentajes contemplados en el diseño de mezcla asfáltica o por variaciones de las propiedades del asfalto base, o por una inadecuada incorporación del polímero en el proceso de producción de la mezcla asfáltica. Lo cual posiblemente incidió en los resultados a fatiga del material ensayado en el informe I-2038-20 Además, el resultado del grado intermedio obtenido en la muestra del informe I-0278-2020 fue de 28°C cual incumple con la especificación. del inciso (e) del apartado 418.07.01.04, por lo que se obtiene un asfalto de mayor rigidez, que justifica aún más los resultados de fatiga obtenidos.

- El contenido de asfalto, que en el mes de noviembre correspondió a 5,82% el cual estuvo por debajo del contenido promedio del 6,0%. Si bien este porcentaje no representa ningún incumplimiento en el diseño de mezclas asfáltica aprobado, este podría ser otro de los factores a considerar en la reducción de la cantidad de ciclos de carga de la muestra ensayada en el informe I-0238-20.

Sobre este aspecto se debe señalar que diversos estudios internacionales han analizado ampliamente la relación contenido de asfalto y la resistencia a la fatiga, determinando de forma general que a mayores contenidos de asfalto, se alcanza mayor desempeño de resistencia a la fatiga en mezclas asfálticas. A nivel nacional el oficio LM-PI-070-2018 de fecha del 30 de julio de 2019 menciona que la esta tendencia (contenido asfalto vs fatiga) se acentúa al analizar mezclas con porcentajes de asfalto superiores o iguales al 6 %, por lo cual resalta la importancia de este parámetro para el cumplimiento de la especificación de fatiga establecida en el país.

- En el informe I-0238-20, el módulo dinámico obtenido a 25°C y a una frecuencia de 10 Hz evidenció una alta rigidez, situación que evidencia susceptibilidad a la fatiga.

En lo referente a la rigidez del material en los resultados obtenidos de módulo dinámico, se debe señalar que mezclas asfálticas con valores por encima de los 7000 MPa podrían presentar problemas de desempeño a fatiga, debido a su alta rigidez al volverse más frágiles. En el caso de la muestra del **I-0238-20**, que presentó un módulo con una rigidez cercana a los 7800 MPa, podría presentar problemas de desempeño asociado a la fatiga del material.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 34 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Por lo tanto, el resultado obtenido sobre el número de ciclos a fatiga permisibles en la mezcla asfáltica ensayada en el informe I-0238-20, permite identificar un potencial riesgo en el desempeño a fatiga de la capa asfáltica colocada en el proyecto bajo las condiciones del lote de producción descritas anteriormente

- **Deformación permanente**

En el caso de deformación permanente se realizaron ensayos al material para medir su capacidad de resistencia a este tipo de mecanismo de falla, esto pese a que la mezcla asfáltica ensayada en los informes I-1655-19 el-0238-20, corresponde a un material diseñado para resistir fatiga con un tamaño nominal de 12,5 mm.

En la

Tabla **11** se muestran los resultados obtenidos a partir del AASHTO T340, para determinar la susceptibilidad a la deformación permanente de mezcla asfáltica del proyecto de Garantías Sociales utilizando el Analizador de Pavimentos Asfálticos (APA).

Tabla 11. Resultados de formación permanente (APA)

Informe	Factor	Vacios (%)	Temperatura (°C)	Deformación (mm)	Especificación Deformación máxima (mm) (*)	Criterio
I-1655-19	Promedio	7,5	60,2	1,113	3,00	Cumple
	Desv.Est.	0,4		0,297		
I-0238-20	Promedio	7,1	60,1	1,089	3,00	Cumple
	Desv.Est.	0,2		0,121		

(*) inciso j del apartado 418.06.03 Requisitos para la mezcla asfáltica designación 418 (3) del Tomo 4 Pliego de prescripciones técnicas del proyecto.

Fuente: LanammeUCR.

Los resultados obtenidos de deformación permanente en las muestras ensayadas en ambos informes, permiten afirmar un menor riesgo de falla del material como consecuencia del desempeño del material ante este mecanismo de falla, lo anterior con base en el valor máximo de 3 mm luego de 8000 ciclos de carga en la pista de ensayo de Georgia, a 60 °C, establecido en el inciso j del apartado 418.06.03 Requisitos para la mezcla asfáltica designación 418 (3) del Tomo 4 Pliego de prescripciones técnicas del proyecto.



Hallazgo No. 6. Se evidenciaron oportunidades de mejora en la metodología empleada por la Administración para la aceptación o rechazo de la mezcla asfáltica ante incumplimientos de los requisitos de compactación en campo

El diagnóstico de la información de calidad emitida por la Unidad Ejecutora y la Supervisión del proyecto de forma mensual, permitió evidenciar debilidades y oportunidades de mejora en las metodologías adoptadas en la contratación para la aceptación de mezcla asfáltica, específicamente, en cuanto al cumplimiento de requisitos de compactación en campo y la ausencia de una política definitiva de aceptación por parte de la Unidad Ejecutora y el Gestor del proyecto.

La revisión de los informes mensuales de calidad permitió evidenciar incumplimientos en la cantidad de vacíos de capas asfálticas colocadas en algunas secciones del proyecto durante los meses junio 2019, noviembre 2019 y enero 2020, a partir de la extracción de núcleos de mezcla asfáltica realizada por la supervisión del proyecto. No obstante, se evidenció que en la aceptación del material se utilizaron metodologías y procedimientos diferentes.

La sección 418.08 “Requisitos de compactación en campo” del cartel de licitación establece lo siguiente:

“Las mezclas asfálticas fabricadas de acuerdo con la fórmula de la mezcla para el trabajo, aceptadas, colocadas y compactadas de conformidad con el tramo de prueba, en aplicaciones de capas de ruedo y capas intermedias, deben tener un porcentaje de compactación de 94,5 % ± 2,5 % del valor de la gravedad específica máxima teórica de referencia (vacíos de 5,5 % ± 2,5 %). Para la determinación del porcentaje de compactación de campo, se utilizará el valor de la gravedad específica bruta de la capa asfáltica, medida en el pavimento a través de núcleos. Para mayor precisión, la determinación de la gravedad específica bruta de los núcleos se hará utilizando el método de la parafina (AASHTO T 275). Como densidad de referencia se utilizará el valor de la gravedad específica máxima teórica de muestras representativas diarias de mezcla proveniente de la planta, de acuerdo con el plan de muestreo aleatorio que recomienda el Instituto del Asfalto (MS-22 Apéndice C). El efecto de la postcompactación inducido por el tránsito no podrá ser considerado para eventuales reclamos por incumplimiento de la compactación. (Lo resaltado no es del original)

En los meses de junio y noviembre de 2019, la Supervisión realizó la extracción de núcleos cercanos a la zona donde se identificaron incumplimientos de vacíos posteriores al proceso de compactación, según data de los informes de calidad. En ambos meses, el pago de la mezcla asfáltica fue realizado posterior a la obtención de porcentajes de vacíos en el rango

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 36 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



establecido en la sección 418.08 citada, con los núcleos cercanos a la zona como se muestra continuación en algunos de los extractos de los informes de calidad elaborados por la supervisión:

- Informe de Supervisión IMS-006-2019: *“Los chequeos de compactación realizados con el densímetro nuclear a la carpeta asfáltica, se pueden observar en el apartado 6. Se observa que los resultados correspondientes a las mediciones realizadas el día 8 de junio (eje 12), son menores al 92 % de compactación especificado. **No obstante, se extrajeron núcleos en esta zona y los resultados cumplen con lo especificado**”* (Lo resaltado no es del original)
- Informe de Supervisión IMS-011-2019: *“Para complementar los ensayos realizados a la mezcla asfáltica, se extrajeron núcleos en la carpeta asfáltica colocada (apartado 13). Los resultados de la mezcla asfáltica colocada el 12 de noviembre, inicialmente presentaron resultados ligeramente por debajo del 92 % de compactación especificado. **Se extrajeron más núcleos y los mismos presentaron resultados por arriba del 92% de compactación, por lo cual se aprobó la carpeta colocada dicho día. Todos los demás resultados cumplen con el mínimo y máximo de compactación especificado.**”* (Lo resaltado no es del original)

Como se observa de los párrafos anteriores, los informes de calidad de junio y noviembre de 2019, hacen referencia a la extracción de **diversos núcleos** en zonas cercanas al estacionamiento donde se identificó el incumplimiento en la densificación del material. Sin embargo, la revisión de los datos de los informes de calidad mensuales realizados por la Supervisión, permitió evidenciar que la mezcla asfáltica colocada **fue aprobada** para pago con el resultado del porcentaje de vacíos de **un único núcleo** realizado en el mismo estacionamiento, dónde se identificaron deficiencias en los patrones de compactación o en una zona cercana a éstos.

Se observa de las Figuras 4, 5 y 6, que no se identificó en ninguno de los casos la extracción de una cantidad de núcleos significativa, para respaldar y validar la aprobación de la mezcla asfáltica en las secciones que presentaron deficiencias en la densificación de la mezcla asfáltica, colocada según lo estipulado en las especificaciones de la sección 418.08 y lo indicado en los informes mensuales de calidad por parte de la Supervisión.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 37 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



NUCLEO	FECHA COLOCACIÓN	LOCALIZACION	PESO SECO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SATURADO SECO (g)	VOLUMEN	AGUA ABSORBIDA (%)	GBS	ESPESOR CAMPO (cm)	ESPESOR CORTADO (cm)	MAXIMA TEORICA	COMPACTACION %	VACIOS DE CAMPO %
1	18-jun-19	Eje 15 Capa #2 19mm con polimeros Estación 0+120 LD	1574,0	910,4	1578,8	668,4	0,72	2,355	9,5	8,5	2,479	95,0	5,0
2	18-jun-19	Eje 15 Capa #2 19mm con polimeros Estación 0+222 LI	1464,6	843,5	1470,0	626,5	0,86	2,338	9,0	7,6	2,479	94,3	5,7
3	18-jun-19	Eje #19 capa 1-19mm con polimeros estación 0+015	1300,2	755,8	1305,1	549,3	0,89	2,367	13,5	6,5	2,479	95,5	4,5
4	18-jun-19	Eje #19 capa 2-19mm con polimeros estación 0+015	1037,1	583,7	1040,2	456,5	0,68	2,272	13,5	5,5	2,479	91,6	8,4

Figura 4: Incumplimiento en porcentaje de vacíos, núcleos extraídos en capa 1, estacionamiento 0+015, eje #19.

Fuente: IMS-006-2019, CACISA 2019.

NUCLEO	FECHA COLOCACIÓN	LOCALIZACION	PESO SECO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SATURADO SECO (g)	VOLUMEN	AGUA ABSORBIDA (%)	GBS	ESPESOR CAMPO (cm)	ESPESOR CORTADO (cm)	MAXIMA TEORICA	COMPACTACION %	VACIOS DE CAMPO %
4	19-jun-19	Eje #10 Capa #1 asfalto de 12,5 mm Superpave (Aditivos) Est. 0+070 LI	2576,0	1498,0	2586,2	1088,2	0,94	2,367	14,5	13,6	2,479	95,5	4,5
5	19-jun-19	Eje #10 Capa #1 asfalto de 12,5 mm Superpave (Aditivos) Est. 0+025 LI	2423,8	1415,4	2430,5	1015,1	0,66	2,388	14,0	12,5	2,479	96,3	3,7
6	20-jun-19 / 21-jun-19	Eje #5 Capa #1 y 2 asfalto de 12,5 mm capa 1 y 19 mm en capa #2 Superpave (Aditivos) Est. 0+050 LI	1912,4	1097,8	1918,5	820,7	0,74	2,330	10,5	10,0	2,479	94,0	6,0
6	20-jun-19 / 21-jun-19	Eje #5 Capa #1 y 2 asfalto de 12,5 mm capa 1 y 19 mm en capa #2 Superpave (Aditivos) Est. 0+050 LI	799,1	460,3	803,3	343,0	1,22	2,330	10,5	4,0	2,479	94,0	6,0
7	20-jun-19 / 21-jun-19	Eje #5 Capa #1 y 2 asfalto de 12,5 mm capa 1 y 19 mm en capa #2 Superpave (Aditivos) Est. 0+115 LD	1559,1	886,8	1567,4	680,6	1,22	2,291	15,0	8,5	2,479	92,4	7,6
7	20-jun-19 / 21-jun-19	Eje #5 Capa #1 y 2 asfalto de 12,5 mm capa 1 y 19 mm en capa #2 Superpave (Aditivos) Est. 0+115 LD	1059,7	615,5	1060,5	445,0	0,18	2,381	15,0	5,5	2,479	96,1	3,9
8	20-jun-19 / 21-jun-19	Eje #5 Capa #1 y 2 asfalto de 12,5 mm capa 1 y 19 mm en capa #2 Superpave (Aditivos) Est. 0+220 LI	1755,4	1021,3	1756,4	735,1	0,14	2,388	15,0	9,0	2,479	96,3	3,7
8	20-jun-19 / 21-jun-19	Eje #5 Capa #1 y 2 asfalto de 12,5 mm capa 1 y 19 mm en capa #2 Superpave (Aditivos) Est. 0+220 LI	1156,5	681,9	1157,1	475,2	0,13	2,434	15,0	5,7	2,479	98,2	1,8

Figura 5: Incumplimiento en porcentaje de vacíos, núcleos extraídos en capa 1 y 2, estacionamiento 0+015, eje #19.

Fuente: IMS-006-2019, CACISA 2019.

NUCLEO	FECHA COLOCACIÓN	LOCALIZACION	PESO SECO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SATURADO SECO (g)	VOLUMEN	AGUA ABSORBIDA (%)	GBS	ESPESOR CAMPO (cm)	ESPESOR CORTADO (cm)	MAXIMA TEORICA	COMPACTACION %	VACIOS DE CAMPO %	CUMPLIMIENTO
1	12-nov-19	Capa 1 Est. 0+145 LD	1000,7	583,3	1006,7	450,4	1,32	2,273	18,0	5,5	2,485	91,5	8,5	No cumple
2	12-nov-19	Capa 1 Est. 0+185 LD	982,6	554,4	990,6	436,2	1,83	2,253	16,0	5,3	2,485	90,6	9,4	No cumple
3	12-nov-19	Capa 1 Est. 0+185 LD	1273,3	727,4	1282,9	555,5	1,73	2,292	18,0	6,7	2,485	92,2	7,8	Cumple
4	12-nov-19	Capa 1 Est. 0+200 LD	825,5	464,4	830,4	386,0	1,34	2,255	16,0	4,7	2,485	90,8	9,2	No cumple



NUCLEO	FECHA COLOCACIÓN	LOCALIZACIÓN	PESO SECO (g)	PESO SUMERGIDO (g)	PESO SATURADO SECO (g)	VOLUMEN	AGUA ABSORBIDA (%)	GBS	ESPESOR CAMPO (cm)	ESPESOR CORTADO (cm)	MAXIMA TEORICA	COMPACTACION %	VACIOS DE CAMPO %	CUMPLIMIENTO
1	12-nov-19	Capa #1 Est. 0+150 Camil Externo	1235,2	702,2	1240,4	538,2	0,97	2,295	17,0	6,7	2,485	92,4	7,6	Cumple
2	12-nov-19	Capa #1 Est. 0+170 Camil Externo	1143,0	655,0	1147,4	492,4	0,89	2,321	17,0	5,8	2,485	93,4	6,6	Cumple
3	12-nov-19	Capa #1 Est. 0+175 Camil Interno	1338,5	774,2	1341,2	567,0	0,48	2,361	15,0	7,0	2,485	95,0	5,0	Cumple
4	12-nov-19	Capa #1 Est. 0+190 Camil Interno	1218,4	696,0	1225,2	529,2	1,28	2,302	18,0	6,5	2,485	92,6	7,4	Cumple

Figura 6: Incumplimiento en porcentaje de vacíos, núcleos extraídos en capa 1, estacionamientos 0+145, 0+185 y 0+200, lado derecho (LD).

Fuente: IMS-011-2019, CACISA 2019.

Por lo tanto, es criterio del equipo auditor que el resultado de los vacíos de un único núcleo extraído en el estacionamiento donde se presentó un incumplimiento en la densificación del material o en una zona cercana a este, no es suficiente para aceptar o aprobar el pago del material. Lo anterior debido a que un solo resultado de este parámetro no permite determinar o descartar si existió o no un algún tipo de problema en el proceso o secuencia de compactación de la mezcla asfáltica llevada a cabo por la empresa contratista.

La identificación de un incumplimiento en el porcentaje de vacíos de un núcleo de mezcla asfáltica en una capa colocada, demanda un análisis detallado de la sección que presentó la deficiencia en el parámetro de aceptación. Lo anterior, permite determinar mediante un mapeo de la zona donde se identificó el incumplimiento, si éste corresponde a un problema localizado o si más bien es un aspecto generalizado en la sección, ya sea producto de un proceso de compactación deficiente o un problema en la calidad del material.

Como elemento adicional, en los informes de calidad de la Supervisión **no se menciona la fecha de la extracción de los núcleos** para verificar el cumplimiento de la compactación del material. Por lo que bajo esa condición, no es posible descartar un posible efecto de post compactación en los núcleos extraídos para verificar los porcentajes de vacíos con incumplimientos como consecuencia del tránsito de vehículos o la misma maquinaria de construcción, aspecto que no puede ser considerado cartelariamente para reclamos por incumplimientos en el requisito de compactación en campo.

Por otra parte, en el mes de enero del 2020, la Supervisión consideró la aplicación **de otra metodología** para recomendar la aprobación o rechazo del material de mezcla asfáltica colocada según el cumplimiento de los requisitos de compactación en campo. El informe de calidad del mes de enero del 2020 (Informe mensual IMS-013-2020), elaborado por la Supervisión del proyecto registró el incumplimiento en el porcentaje de vacíos de 3 núcleos

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 39 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



de un total de 42 núcleos extraídos de las capas asfálticas colocadas en el proyecto durante ese mes.

En la **Figura 7** se muestra la recopilación de los datos del porcentaje de vacíos de los núcleos de mezcla asfáltica ensayados en el mes de enero según informe IMS-013-2020.

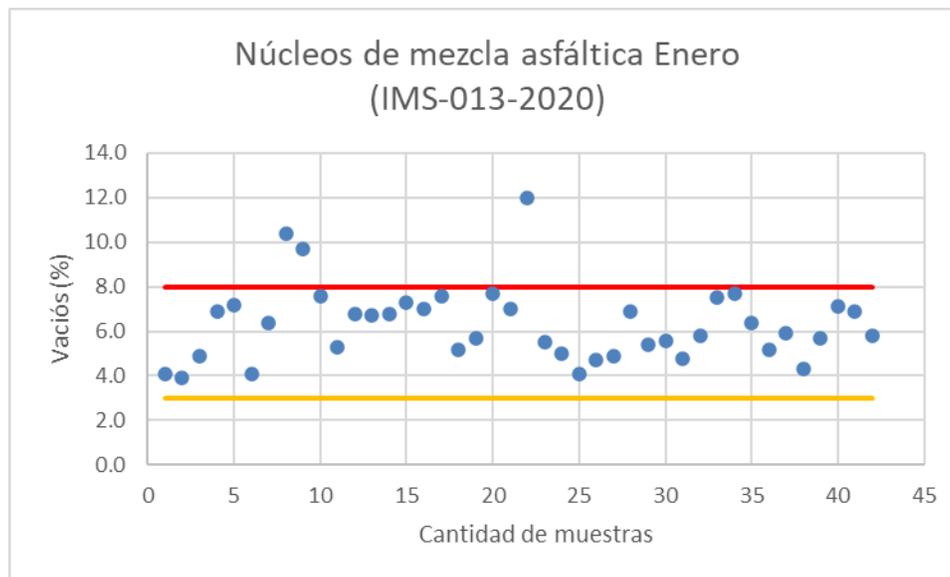


Figura 7: Porcentaje de vacíos de núcleos extraídos en capas asfálticas colocadas en enero 2020 proyecto Garantías Sociales.

Fuente: IMS-0013-2020, CACISA 2019.

Por lo tanto, se evidencia que los datos y resultados de los ensayos de núcleos de mezcla asfáltica presentados en la muestra de informes de calidad evaluada para determinar el porcentaje de vacíos en secciones donde se identificaron incumplimientos, no se suministró la información suficiente para aceptar la calidad de la densificación de la mezcla asfáltica colocada.

En esa ocasión, **no se recurrió a la metodología de extracción de núcleos** en zonas cercanas al lugar dónde se evidenció el incumplimiento para recomendar la aprobación o rechazo de la mezcla asfáltica, en este caso, la Supervisión hizo referencia al análisis estadístico del parámetro de vacíos, según lo dispuesto en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras Caminos y Puentes (CR2010). Esto se evidencia con el siguiente extracto del informe I-0013-2020



“La extracción de núcleos en la mezcla asfáltica colocada y sus resultados han cumplido las especificaciones, excepto en dos oportunidades que por análisis estadístico no debería afectar el factor de pago según lo especificado en el CR-2010”

En la cita anterior, la Supervisión mencionó que los incumplimientos identificados no deberían afectar el análisis estadístico para el factor de pago del material. No obstante, el informe no aporta ninguna memoria de cálculo del factor de pago estimado para justificar dicha recomendación. Aunado a la ausencia de la memoria de cálculo del factor de pago, la Supervisión menciona el incumplimiento de dos especímenes; sin embargo, en el reporte mensual de calidad, se reportan 3 núcleos con incumplimientos en el porcentaje de vacíos, lo cual podría incidir en la estimación del mismo por la omisión de datos.

Ante la limitada información suministrada en el informe de calidad sobre el factor de pago, como recomendación emitida por la Supervisión para la aprobación del pago de la mezcla asfáltica colocada en el mes de enero, el equipo auditor realizó la estimación del factor de pago de la mezcla asfáltica colocada en el mes de enero del 2020 en función del parámetro de vacíos de los núcleos extraídos.

Se muestra en la Tabla 12, el factor de pago estimado para la mezcla asfáltica del mes de enero 2020 a partir de los datos de vacíos en los núcleos reportados por la Supervisión en el informe IMS-0013-2020, esto de acuerdo a la metodología establecida en la sección 107.05 “Evaluación estadística del trabajo y determinación del factor de pago (valor de trabajo)” del CR2010.

Tabla 12. Estimación del factor de pago mezcla asfáltica enero 2020 en función del parámetro de vacíos de núcleos de mezcla asfáltica reportados en informe IMS-0013-200

Parámetros estimados	Valor
Promedio del % de vacíos(X)	6,321
Desviación estándar (S)	1,68
Categoría	I
Número total de valores (n)	42
Límite superior del parámetro de especificación (LSPE)	8,0
Límite inferior del parámetro de especificación (LIPE)	3,0
Índice de calidad superior (ICS)	0,997
Índice de calidad inferior (ICI)	1,973
Porcentaje de incumplimiento fuera (superior) del límite (PIS)	16,2%
Porcentaje de incumplimiento fuera (inferior) del límite (PII)	2,8%
Nivel de incumplimiento (NI)	19,0%

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 41 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Valor máximo permitido fuera de límites	28,9%
Factor de pago	84,5%

Fuente: LanammeUCR.

El valor del factor de pago estimado en la Tabla 12 para la mezcla asfáltica del mes de enero 2020 a partir de vacíos de los núcleos ensayados fue de 84,5%. El resultado inferior al 100% permite concluir que el parámetro de vacíos podría haber incidido en el factor de pago global del material, por lo cual se podría haber rechazado o levantado una no conformidad del material, esto al ser un contrato pagado por porcentaje de avance de actividades, aspecto que fue descartado por la Supervisión y Administración del proyecto.

Por lo tanto, la ausencia de la memoria de cálculo del factor de pago el informe de calidad de la Supervisión, no genera claridad sobre los términos en que se recomendó la aprobación del material durante el mes de enero 2020.

UNOPS en el oficio 96800/200529/ER/126, aclara que siempre se utilizó el núcleo extraído del pavimento, para aprobar la mezcla asfáltica colocada y no la utilización de factor de pago, sin embargo, en el informe mensual de calidad no se refleja lo indicado. En el oficio adjuntan el factor de pago por los meses de Enero, Febrero y Marzo del 2020 siendo estos 92,5% para mezcla con tamaño máximo nominal de 19,0 mm y 85% para la mezcla asfáltica de 12,5mm. Además, se indica que se basa el factor de pago se basan en la metodología que se encuentra en el Pliego de Descripciones Técnicas Particulares, sin embargo, no aseguran que factor de pago se aplicó o no en las estimaciones de pago.

La disyuntiva sobre las metodologías a implementar para la aceptación o rechazo de materiales en los términos de contrato, se evidencia con lo indicado en la sección 107.01 del Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto "Conformidad con los requisitos del Contrato" el cual establece que

"El método primario de aceptación se especifica en cada Sección del trabajo. Sin embargo, el trabajo puede ser rechazado en cualquier momento cuando se determine, por cualesquiera de los métodos, que no cumple con las normas del Contrato y los estándares de calidad esperados por el Contratante bajo los principios de razonabilidad, eficiencia y eficacia del buen uso de los fondos públicos" (Lo resaltado no es del original)

Además, la sección 107.01 establece que en caso de rechazo de trabajos

"Debe rehacerse el trabajo que no esté conforme con el Contrato, o con las normas prevalecientes en la industria, cuando no se puntalicen requisitos

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 42 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



específicos en el Contrato, sin ningún costo para el Contratante. (Lo resaltado no es del original)

Sin embargo, esta misma sección señala que en el caso de incumplimientos el Contratista podrá solicitar la aplicación de factores de reducción de precio, lo cual da pie a la posibilidad de aplicar la sección 107.05 del CR 2010. Esto se indica en el siguiente párrafo de la sección 107.01 del Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto

“Como una alternativa a la remoción o remplazo del material colocado, el contratista puede enviar una solicitud escrita para:

Que el trabajo se acepte a un precio reducido, siempre y cuando el Contratante haya establecido una metodología para tal efecto; o que se realicen medidas correctivas llevando el trabajo a un estado de conformidad” (Lo resaltado no es del original)

Según el párrafo anterior, la Administración debió definir de previo una metodología para aceptar un precio reducido de un trabajo ante una no conformidad. Sin embargo, como se observó en la ejecución de la auditoría, se aplicaron metodologías distintas para aceptar o rechazar la mezcla asfáltica y nunca se estableció de manera formal el uso de la sección 107.05 del CR 2010 para aplicarse a materiales que presentaran incumplimientos, tal como el caso evidenciado con el requisito en compactación en campo de la mezcla asfáltica.

Por tanto, se evidenció falta de claridad en la definición de las metodologías por aplicar para la aceptación o rechazo de materiales del proyecto según lo establecido en las disposiciones del pliego de prescripciones técnicas del Proyecto.

SOBRE LOS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Hallazgo No.7: Las prácticas constructivas observadas durante la colocación de mezcla asfáltica evidencian debilidades técnicas en la ejecución y control de los trabajos

Durante las visitas realizadas al proyecto entre los meses de mayo, junio de 2019 y enero de 2020 durante la actividad de colocación de mezcla asfáltica, se observaron las siguientes prácticas constructivas:

Colocación de mezcla asfáltica en caliente bajo lluvia: El viernes 7 de junio de 2019, se evidenció la descarga, colocación y compactación de mezcla asfáltica bajo condiciones de lluvia en el eje 12 “Acceso a la Avenida 30A” (ver Figura 8). Esta práctica es inaceptable en cualquier proyecto de construcción de obra vial, debido a los efectos

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 43 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



negativos que tiene en el desempeño de la mezcla a mediano y largo plazo cuyos efectos probablemente se manifiesten fuera de los periodos de recepción y garantía. En la Figura 8 se muestra al fondo la descarga de la mezcla asfáltica a la máquina pavimentadora y vapor de agua producto de la colocación y compactación bajo lluvia.

El daño por humedad provoca desprendimientos y afecta la adherencia entre las partículas que conforman la mezcla asfáltica, facilitando la aparición de deterioros. Es uno de estos efectos negativos que no pueden evidenciarse con las pruebas convencionales que se realizan a cualquier capa o sobre capa asfáltica.



Figura 8. Colocación de mezcla asfáltica bajo lluvia.

Fecha de la fotografía: 07/06/2019, Fuente: www.camarasvialescr.com

La Administración fue consultada por parte del equipo auditor sobre este hecho en el oficio LM-IC-D-0446-19 del 24 de junio de 2019 (recibida el 25 de junio de 2019), al cual respondió por medio del oficio POE-09-2019-0486 del 16 de julio de 2019, donde acepta lo sucedido y lo cataloga como “un hecho aislado” y concuerda con el criterio de LanammeUCR en cuanto a que, la colocación de mezcla asfáltica en caliente bajo lluvia, es también una práctica inaceptable para la Administración e indica que giró instrucciones al Gestor de proyecto (UNOPS), para realizar las acciones pertinentes para que no se vea afectada la calidad del pavimento, y “(...) de presentarse nuevamente esta situación, se dé el rechazo de la capa de mezcla colocada”, según se indica en el oficio POE-09-2019-0486.

Sin embargo, existe una aparente contradicción en cuanto a lo afirmado por la Unidad Ejecutora en cuanto a “cero tolerancias con respecto a malas prácticas de colocación de mezcla asfáltica en futuros y demás trabajos” (ver Ref. 69800/190709/ER/109 adjunto a POE-09-2019-0786), ya que la mezcla colocada bajo las condiciones descritas anteriormente, no fue rechazada y por el contrario fuera elaborada la No-conformidad GGSS-003, en donde se coloca el tramo en observación para valorar su calidad y al día

siguiente se autorizara dar compactación con equipos pesados con el fin de alcanzar la densidad especificada en sitio.

Otras prácticas constructivas que evidencian debilidades en los mecanismos de control:

Manipulación excesiva de mezcla asfáltica: Durante la visita del equipo auditor realizada el día 18 de junio, se observó la colocación de la mezcla asfáltica en un paño ubicado en el eje 15, que no se había atendido previamente por faltante de mezcla, y problemas al inicio de la actividad con la calibración del equipo para colocar el espesor de 7,5 cm de mezcla asfáltica. Lo anterior generó que se colocará un espesor de mezcla asfáltica menor al indicado, que tuvo que ser compensado posteriormente con la colocación manual del espesor faltante utilizando desde palas hasta carretillos para descargar el material y posteriormente extenderlo en múltiples ocasiones con rastrillos para alcanzar el espesor requerido previo al proceso de compactación (ver Figura 9).



Figura 9. Manipulación manual de mezcla asfáltica para compensar espesor faltante
Ubicación eje 15. Fecha: 18/06/2019. Fuente: LanammeUCR, 2019

La manipulación excesiva de la mezcla asfáltica fuera de la pavimentadora genera segregación térmica haciendo que la temperatura de la mezcla asfáltica disminuya considerablemente. En el tramo colocado en el eje 15 del proyecto, se evidenció que la

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 45 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



mezcla asfáltica alcanzaba temperaturas menores a 130 °C antes de iniciar el proceso de compactación, siendo la temperatura de 140 °C la indicada por el laboratorio de autocontrol para dar inicio al proceso de compactación según el tramo de prueba. Cabe recordar que la mezcla asfáltica utilizada es modificada con polímero, por lo que se debe tener un control más estricto de la temperatura de compactación, pues de compactarse a una temperatura menor a la requerida se dificulta alcanzar los porcentajes de compactación requeridos y se pueden obtener acabados de compactación deficientes (ver Figura 6). Lo anterior aunado a la segregación de partículas producto de la excesiva manipulación de la mezcla asfáltica.

Aplicación del riego de liga: En la visita realizada el día 7 de junio, se observó que el riego de imprimación realizado en el eje 12 del proyecto no contaba con una cobertura total de la superficie y a la vez el riego no era uniforme debido a la falta de calibración y limpieza del equipo, tal como se observa en la Figura 10. De igual manera en la visita realizada el día de 18 de junio de 2019 se observó la aplicación de un riego de liga no uniforme producto de la falta de calibración del camión dosificador, tal como se observa en la Figura 11.

El camión dosificador presenta obstrucciones en algunas boquillas, además la configuración del ángulo de las boquillas es distinta a lo largo de la barra dosificadora lo cual resulta en que el patrón de riego sea variable y no se logra abarcar la cobertura total del área donde se aplica el riego.



Figura 10. Camión dosificador de emulsión asfáltica sin un adecuado patrón de rocío utilizado en el Eje 12.

Fecha: 07/06/2019. Fuente: LanammeUCR, 2019.



El día 18 de junio de 2019 se observó que las boquillas del camión dosificador se encontraban obstruidas y algunas de ellas estaban orientadas con diferentes ángulos lo cual resulto en un riego de liga no uniforme en líneas



Figura 11. Aplicación de riego de liga no uniforme Fecha: 18/06/2019. Fuente: LanammeUCR, 2019

Adicionalmente en la visita del 16 de enero de 2020 se observó el problema de arrastre de emulsión asfáltica en el riego de imprimación realizado en el eje 1, tal como se observa en la Figura 12.

El día 16 de enero 2020, se evidenció que el riego **de imprimación** no penetró ni se adhirió a la superficie de la base estabilizada. Adicionalmente, observó la colocación de “traba” o polveado, previo a la colocación de la mezcla asfáltica, la cual se levantó durante las maniobras de acomodo de las vagonetas dejando la superficie de la base estabilizada sin riego. A pesar de ello se continuó con la colocación de mezcla sin volver a aplicar el riego.

Esta situación representa una condición de riesgo alto para que las capas al no quedar adheridas y funciones de forma separada cuando el proyecto se abra al tránsito.

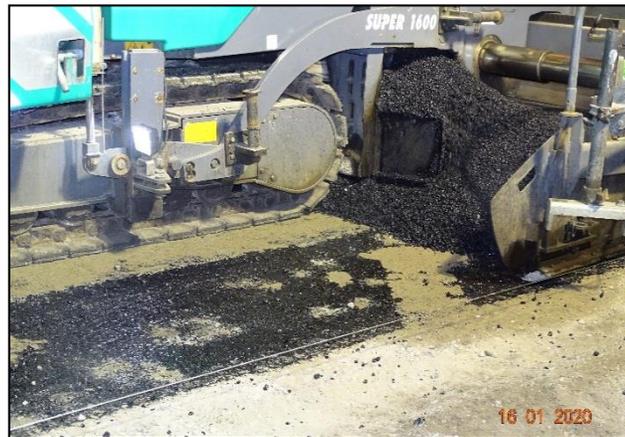


Figura 12. Superficie de la base estabilizada sin cobertura del riego de liga.

Fecha: 16/01/2020. Fuente: LanammeUCR, 2020.

En relación con los riegos de emulsión asfáltica no uniformes con cobertura parcial, se debe considerar que el objetivo de la emulsión asfáltica es aportar la adherencia entre las capas existentes con la capa asfáltica nueva para que actúen eficientemente como un solo paquete estructural ante las cargas que pasarían sobre él. Por lo que un riego de emulsión asfáltica no uniforme o sin cobertura ya sea imprimación o de liga no garantiza una adherencia óptima en la interfaz entre la base estabilizada y la nueva capa asfáltica,



pudiendo afectar de forma directa la transmisión y disipación de los esfuerzos al pavimento, así como la aparición de deterioros prematuros

Por otra parte, es importante señalar que durante la visita realizada por el equipo auditor el día 20 de junio de 2019, se observó un frente de colocación de sobrecapa asfáltica con una tasa de dosificación de riego de liga de 0,8 l/m², además se colocaba mezcla asfáltica encima de la emulsión asfáltica sin romper.

El día 20 de junio de 2019, el equipo auditor observó la colocación de un riego de liga, con una tasa de 0,8 l/m², sobre una superficie perfilada, previo a que el riego de liga rompiera, se colocó sobre éste una geomalla y "traba o polveado" (ver Figuras 11 y 12), impidiendo de esta manera la evaporación completa del agua en la emulsión y la correcta adherencia entre la geomalla, la capa existente y la capa a colocar.



Figura 13. Colocación de traba (mezcla asfáltica con polímero), sobre emulsión sin romper.

Fecha: 20/06/2019. Fuente: LanammeUCR, 2019

El Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR2010, en la sección 414 Riego de liga asfáltica indica en relación con la tasa de dosificación que:

“Se aplicará la emulsión asfáltica de conformidad con la Subsección 411.08 a una tasa de dosificación de 0,15 a 0,70 litros por metro cuadrado.”

El empleo de una tasa de riego de emulsión asfáltica excesiva puede aumentar el riesgo de ocurrencia de deterioros puntuales como desplazamientos, deformaciones y exudación en la carpeta asfáltica

En el contrato del proyecto se establece lo siguiente:

1. Disposiciones Generales

1.1 Definiciones (...)

Se entenderá por **“Mejores prácticas de la industria”** las prácticas generalmente aceptadas u observadas por la industria internacional de la construcción con respecto a obras de tamaño, tipo, naturaleza, alcance y complejidad similares a las Obras y que, con respecto a cualquier objetivo, puedan esperarse de manera razonable, para cumplir ese objetivo de forma coherente con leyes aplicables, fiabilidad, seguridad, protección medioambiental, economía y conveniencia (...)

7.1 Forma de ejecución

El Contratista garantiza que realizará la fabricación de Instalaciones, la producción y fabricación de Materiales y la ejecución de las Obras:

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 48 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



- (a) en la manera especificada en el Contrato (si procede);
- (b) ejerciendo el **estándar de cuidado, atención y diligencia** de contratistas calificados y experimentados que actúen de acuerdo con las Mejores prácticas de la industria; y (...)

17.7 Garantías relacionadas con las obras

Independientemente de cualquier otra garantía expresada en el Contrato y a pesar de la inclusión de los Documentos del Empleador en el Contrato (incluyendo en la Especificación y en los Dibujos) o cualquier aprobación dada o retenida por el Empleador conforme al Contrato, **el Contratista garantiza que:**

- (a) **las Obras se ejecutarán con toda la destreza y cuidado** esperado de contratistas adecuadamente calificados y con experiencia internacional en la realización de obras y servicios de un tamaño, tipo, naturaleza, alcance y complejidad similar a las Obras y de acuerdo con las Mejores prácticas de la industria; (...)" Lo resaltado no es del original.

En términos generales, de acuerdo con el criterio técnico del equipo auditor, las prácticas constructivas observadas en el proyecto durante la colocación de mezcla asfáltica no responden con las buenas prácticas de la ingeniería esperadas dada la importancia del proyecto. Las observaciones realizadas sobre las prácticas constructivas, influyen directamente en el desempeño esperado de la intervención, evidencian debilidades técnicas y falta de rigurosidad en los controles implementados por la Administración durante la ejecución de los trabajos. No fue posible evidenciar en la documentación remitida durante la ejecución de la auditoría técnica datos sobre sanciones o reportes de las situaciones anteriores emitidas por los representantes de la Administración. No se omite indicar que este tipo de prácticas constructivas fueron informadas a la Unidad Ejecutora por medio de los oficios LM-IC-D-0446-19 (del 25-06-2019) y LM-IC-D-0475-19 (del 28-06-2019) y se han observado en otros proyectos de obra ejecutados bajo el modelo convencional de ejecución del CONAVI.

SOBRE LA CALIDAD DEL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Hallazgo No. 8: Se evidenciaron inconsistencias en la información básica utilizada para el dimensionamiento de las estructuras de pavimento.

La revisión de las memorias cálculo de los diseños de la estructura de pavimento para el proyecto, evidenció oportunidades de mejora en cuanto a la calidad de la información básica, parámetros y criterios utilizados por el CONAVI para la ejecución y revisión del diseño de pavimentos del proyecto. Las situaciones evidenciadas fueron comunicadas a la Administración por medio de una reunión celebrada el 4 de julio de 2019 y mediante las notas LM-IC-D-446-19 (de fecha 24/06/2019) y LM-IC-D-0591-19 (de fecha 30/07/2019) y a los cuales La Administración brindó descargo a estas observaciones mediante las notas POE-09-2019-0539 (de fecha 13/08/2019) y POE-09-2019-0701 (de fecha 02/01/2019).

El memorándum de Acuerdo entre UNOPS y el Conavi establece Apéndice IV-Página 17:

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 49 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



“CONAVI proporcionará a UNOPS el listado de normas técnicas, leyes y disposiciones, así como manuales que se deberán tomar en cuenta para el mejor desarrollo del proyecto.”

Sin embargo, las situaciones evidenciadas por el equipo auditor son las siguientes:

- a. Se utilizaron proyecciones de tránsito tomadas del Anuario de Tránsito del MOPT para la estimación del tránsito del proyecto. No se realizó un estudio específico sobre la demanda del proyecto para actualizar los valores a los años de operación del proyecto.
- b. Se utilizaron factores camión que no corresponden al tipo de carga que transita en el país. Esta situación provocó que el diseño original, con el que se ofertaron cantidades estuviera sobre dimensionado. Oficio DVOP-5170-07 del 10 de setiembre de 2007, establece un índice terminal de 2,5 para una ruta primaria con un Tránsito Promedio Diario de más de 2000 vehículos.
- c. En el dimensionamiento de la estructura de pavimentos se utilizó un módulo de rigidez y un coeficiente estructural para una mezcla asfáltica convencional, que son valores más bajos en comparación con una mezcla asfáltica modificada con polímeros, como la que se está utilizando en el proyecto. Oficio LM-PI-055-2017, dirigido al entonces Director Ejecutivo del CONAVI, sugiere un valor de 0,54 para el coeficiente estructural de mezclas asfálticas modificadas con polímero.
- d. Una situación análoga al punto c), anterior se dio con el módulo resiliente de la base estabilizada (BE-25).
- e. El procedimiento seguido en el retrocálculo de módulos en las rehabilitaciones presenta un riesgo potencial en cuanto a la representatividad de estos resultados.
- f. No se evidenció la realización de ningún análisis de desempeño por fatiga y deformación permanente en las estructuras de pavimento propuestas. Existe una serie de documentos generados por LanammeUCR, en cumplimiento de la Ley No. 8114 y sus reformas, dirigidos al CONAVI donde se enumera una serie de criterios para el diseño y rehabilitación de pavimentos.

Los señalamientos de los incisos c, d y f fueron atendidos por la Administración mediante POE-09-2019-0384 del 04 de junio de 2019, correspondiente a la actualización del diseño de pavimentos.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 50 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



La revisión del diseño de la estructura de pavimento original y su posterior actualización evidencia que algunas de las estructuras de pavimento propuestas para el proyecto están sobre diseñadas para las cargas de tránsito a las que se verán sometidas. La Administración argumenta que este sobre diseño genera un mayor factor de seguridad para la estructura de pavimento construida y un mejor desempeño. Sin embargo, la Administración omite referirse a la posibilidad de tener que invertir una mayor cantidad de recursos como consecuencia de un sobredimensionamiento no planificado de las estructuras de pavimento.

Otro elemento que evidencia un mayor costo de la mezcla asfáltica utilizada en el proyecto, es la combinación de mayores espesores de carpeta asfáltica como consecuencia del uso de factores camión mayores y la adición de modificantes en la producción del material, que tiene como finalidad mejorar el desempeño de la mezcla a deformación permanente y fatiga. En este caso la relación beneficio-costos tiende a ser menor dado que la mezcla asfáltica modificada tiene un mejor desempeño, pero igualmente tiene un mayor costo en comparación con la convencional, costo que su vez se ve multiplicado por un mayor espesor que el requerido por el proyecto.

La revisión de criterios mecanístico-empíricos es necesaria para comprobar que los espesores determinados según la metodología de diseño AASHTO 1993, no son susceptibles a un deterioro prematuro. Existe el riesgo potencial de que las capacidades de carga, determinadas según las funciones de transferencia, para los espesores de capa determinados mediante la metodología AASHTO 93, sean insuficientes para satisfacer las necesidades de carga del proyecto y la estructura de pavimento sea susceptible a una falla por fatiga o a una falla por deformación permanente, generando un deterioro prematuro en el pavimento.

Es recomendable realizar este tipo de revisiones, tanto por rigurosidad técnica, como para minimizar el riesgo potencial de falla prematura, aun si la estructura de pavimento parece robusta. En caso contrario, pueden surgir casos como el evidenciado en el tramo I Griega – Glorieta, donde no se satisface la capacidad de carga para la falla por deformación permanente en la subrasante, y a partir de los resultados de dicha revisión los espesores de capa asfáltica se pudieron haber incrementado para reducir la susceptibilidad de la estructura de pavimento a la falla por deformación permanente en la subrasante.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 51 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



CONCLUSIONES

A partir de los resultados evidenciados durante la ejecución de la auditoría, se emiten las siguientes conclusiones, con el propósito de aportar elementos técnicos a los procesos de mejora continua:

Sobre la calidad de los materiales

En general, se evidenciaron una serie de aspectos en cuanto al control de calidad de materiales que no permiten administrar el riesgo potencial de incumplimiento de los materiales utilizados en el proyecto tanto en la fase de producción como en la constructiva. Estos aspectos están asociados a términos de referencia desactualizados, controles limitaciones en los controles durante la producción del material e indefinición por parte de la Unidad Ejecutora a la hora de establecer la metodología de control de algunos materiales e incorporar actualizaciones, por los medios que dispone el contrato, las actualizaciones disponibles.

El mecanismo de verificación calidad para determinar el cumplimiento de las especificaciones del proyecto en cuanto a la calidad del ligante asfáltico utilizado en la producción de mezcla asfáltica del proyecto no fue efectivo. Específicamente, no se verificó el grado de desempeño del ligante asfáltico durante la colocación de la capa asfáltica varios de los ejes (específicamente 3, 8, 12, 13, 14, 15, 18 y 20) del proyecto.

La verificación del grado de desempeño del ligante (PG) fue realizada por la Unidad Ejecutora de forma posterior a la remisión de varios informes del LanammeUCR sobre este parámetro, donde se evidencia el incumplimiento en la especificación de PG en varias muestras. Posteriormente, la Unidad Ejecutora definió como mecanismo de control una “no-conformidad” (identificada como GGSS 008). Sin embargo, no se indican las acciones correctivas por implementar y se deja en manos del contratista la definición de una propuesta de solución al incumplimiento evidenciado por lo que se concluye que el mecanismo implementado tiene baja efectividad para mitigar la afectación al proyecto en términos de costos, dado que un ligante con PG menor al especificado también tiene asociado un costo menor por la diferencia de aditivo requerido.

Además, según los resultados de los informes de ensayo del LanammeUCR existió un incumplimiento para al menos 4 muestras en relación con la temperatura intermedia para el grado Superpave establecida en el cartel de licitación.

En relación con lo evidenciado sobre el grado de desempeño del ligante asfáltico en este informe de auditoría técnica, se concluye por segunda vez en un proyecto ejecutado por la

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 52 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial (POEIV) sobre un cambio en las especificaciones del cartel, previamente aceptadas y pactadas por las partes, sin que medie un acto administrativo razonado donde se analice y justifique técnicamente dicho cambio y es más bien de forma circunstancial que la Administración se pone en autos sobre la situación sin que se evidencie una acción correctiva.

Existe un riesgo potencial de moderado a alto de que la capa de base estabilizada del proyecto presente agrietamiento por contracción y este afecte el desempeño del pavimento. Los resultados del análisis estadístico muestran un nivel de datos fuera de los rangos de especificación del 85,1%, según lo especificado en la actualización de la Sección 302 del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 (oficializada en el Decreto Ejecutivo No. 40333-MOPT, Diario Oficial La Gaceta No. 86 del 09/05/2017 Alcance No. 99) y el diseño aprobado por la Administración.

La Unidad Ejecutora, a pesar de tener mecanismos administrativos para introducir cambios y actualizaciones durante la ejecución de las obras en materia de especificaciones, no implementó acción con respeto a la actualización de la norma de resistencia actualizada de la base estabilizada y entró en contradicción al aprobar un diseño de mezcla con una especificación que no exigió su cumplimiento.

Los resultados del módulo de rigidez permiten evidenciar que los valores considerados para la mezcla asfáltica en el dimensionamiento de las estructuras del pavimento del proyecto eran menores en comparación con los obtenidos en las muestras evaluadas, lo cual es un aspecto relacionado con la adición de polímeros al material asfáltico y los controles durante la producción del material, por lo que se evidencia una inconsistencia entre los documentos contractuales del proyecto y las propiedades del material colocado que tienen a generar un aumento en los costos de la estructura de pavimentos al haberse diseñado con un material menos rígido.

Se evidenció un incumplimiento en el número de ciclos de fatiga requerido para las dos condiciones de deformación sostenida especificadas para el proyecto, que pueden asociarse, entre otras, a modificaciones o falta de ajuste de la tasa de dosificación del polímero, el empleo de contenido de asfalto inferior a 6% durante la producción del material. El resultado obtenido permite identificar un potencial riesgo en el desempeño a fatiga de la capa asfáltica colocada en el proyecto bajo las condiciones del lote de producción evaluado.

Con respecto al parámetro de deformación permanente no se evidenciaron incumplimientos; sin embargo, los resultados de fatiga y deformación permanente permiten evidenciar la necesidad de recurrir a diseños de mezclas balanceados donde se logre alcanzar el cumplimiento de las especificaciones para ambos mecanismos de falla del material.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 53 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



La Administración no estableció desde el inicio del proyecto, un mecanismo o metodología para que la Supervisión del proyecto aplicase ante posibles incumplimientos de calidad en materiales como mezcla asfáltica, este hecho permitió que la mezcla asfáltica donde se evidenciaron las inconsistencias en la compactación fueran aprobadas después de la aplicación de dos metodologías distintas para resolver la no conformidad. La Supervisión del proyecto utilizó diferentes metodologías para la aceptación o rechazo del material de mezcla asfáltica durante la ejecución del proyecto, sin contemplar la posible reducción en el pago de actividades por incumplimiento de especificaciones de calidad del material. Adicionalmente, en el contenido del informe calidad y la ausencia de memorias de cálculo de las metodologías empleadas por la Supervisión para recomendar la aceptación del material de mezcla asfáltica que presentó incumplimientos en los requisitos de compactación no genera claridad sobre los términos de aprobación del material.

Sobre las prácticas constructivas

Durante la ejecución de los trabajos de colocación de mezcla asfáltica modificada con polímero, se evidenciaron una serie de prácticas constructivas que se alejan de la buena técnica (por ejemplo: manipulación excesiva de la mezcla, colocación bajo lluvia, ausencia de control en la dosificación del riego de liga, entre otras). Estas prácticas afectan la calidad de la capa asfáltica afectando su durabilidad y desempeño a mediano y largo plazo. Ante la consulta a la Administración sobre las causas de las situaciones evidenciadas, se emitieron argumentos con limitado sustento técnico. En este proyecto, la totalidad de la mezcla asfáltica colocada es modificada con polímeros para mejorar sus características de resistencia a la fatiga y deformación permanente por lo que la calidad en la actividad de colocación se hace más crítica debido a la rapidez con que la mezcla pierde temperatura y por ende trabajabilidad.

Sobre la calidad del diseño de pavimentos

La revisión del diseño de la estructura de pavimento original y su posterior actualización, permiten concluir que algunas de las estructuras de pavimento están sobre diseñadas para las cargas de tránsito a las que se verán sometidas como consecuencia del uso la información básica desactualizada y de limitada representatividad del proyecto durante la fase de diseño.

La actualización del diseño de pavimentos realizada durante la fase constructiva del proyecto no agrego modificaciones relevantes, dado que la Unidad Ejecutora adujo que este sobre diseño generará un mayor factor de seguridad para la estructura de pavimento

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 54 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



construida y un mejor desempeño que el esperado, por lo que la Administración tuvo que incurrir en mayores inversiones que los que hubiera tenido que incurrir si los diseños se hubiesen optimizado y adecuado a la realidad del proyecto.

RECOMENDACIONES

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

A la Dirección Ejecutiva del CONAVI:

- Se recomienda analizar las situaciones evidenciadas en cuanto al cumplimiento de especificaciones durante la fase de construcción de los proyectos, esta situación también se evidenció durante las auditorías técnicas ejecutadas en el proyecto de ampliación de la terminal de contenedores de Moín, Ruta Nacional 257.
- Es importante valorar una directriz enfocada en la revisión de las especificaciones solicitadas en los contratos de construcción puesto que se ha evidenciado que existen especificaciones que se han actualizado o modificado en el plazo transcurrido entre la fase de diseño y la constructiva. Estas actualizaciones tienen repercusiones en la calidad de proyecto y su durabilidad.
- La utilización de valores conservadores de mezcla asfáltica en el diseño permite identificar una oportunidad de mejora y necesidad de migrar a metodologías de diseño mecánicas empíricas que permitan considerar el potencial de las propiedades de mecánicas del material para optimizar los diseños de pavimentos.

A la Unidad Ejecutora:

- Asegurar durante el uso de mezclas asfálticas modificadas para mejorar el desempeño por fatiga y deformación permanente mecanismos de control de calidad y colocación más estrictos para minimizar el riesgo de que la inversión realizada no tenga el desempeño esperado. Se recomienda que las mezclas producidas y sus diseños sean verificados con mayor frecuencia en la totalidad de los parámetros y propiedades solicitados por las bases técnicas del proyecto, como mínimo, cada vez que cambie el lote de asfalto o su fuente.
- Se recomienda a la Unidad Ejecutora para futuros proyectos la coordinación y programación de muestreos de ligante asfáltico durante el proceso de ejecución del proyecto de manera que se garantice que la modificación del ligante asfáltico se

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 55 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



ajuste a las especificaciones contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

- La Administración debe asegurar parámetros y criterios empleados en la ejecución de sus diseños de pavimentos sean actualizados y representativos de la realidad nacional o en contraparte, exigir en sus contrataciones el respectivo respaldo técnico que justifiquen las desviaciones de los parámetros típicos obtenidos para la realidad nacional, por ejemplo: uso de mezcla asfáltica modificada con polímeros.
- Monitorear el desempeño del pavimento para detectar la presencia de deterioros prematuros a fin de ejecutar oportunamente actividades de mantenimiento que eviten la aparición de deterioros más severos que afecten funcionalmente el tramo y estos deban ser atendidos por medio de actividades de conservación vial no previstas para esta ruta.
- Realizar una revisión y actualización de las especificaciones solicitadas en la fase de diseño de los proyectos para que en la etapa de ejecución se realicen las actualizaciones que correspondan. Existen instrumentos dentro del marco legal de cada contratación para poder implementar dichos cambios en beneficio de la calidad del proyecto y la eficiencia y eficacia del proyecto, con el fin de que los procesos de supervisión y control de materiales se realicen según normativa actualizada.
- Definir y aplicar los criterios de aceptación de materiales en los proyectos a ejecutar bajo esta Unidad Ejecutora previamente a la ejecución de los trabajos para evitar la ambigüedad durante el proceso de control de calidad. Se recomienda para futuros proyectos de sumaalzada, el uso de la sección 107.05 del CR 2010 como un mecanismo de la Administración para aprobar el pago reducido de trabajos ante incumplimientos en los parámetros de calidad establecidos en las especificaciones del proyecto, esto en caso que el contratista lo demande como alternativa ante una no conformidad según lo establecido en la sección 107.01 del Pliego de Prescripciones Técnicas del Proyecto.
- Se recomienda una revisión de los diseños de pavimento de los proyectos a cargo de esta Unidad Ejecutora y el empleo de metodologías de diseño basadas en criterios mecanístico-empíricos que verifiquen la capacidad de carga de la estructura de pavimento según su susceptibilidad a la falla por fatiga o a la falla por deformación permanente y se prevenga un deterioro prematuro en la estructura de pavimento y se utilicen parámetros actualizados de diseño acordes con la fase constructiva y propuesta técnica.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 56 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



REFERENCIAS

- Cervantes-Calvo, V., & Salas-Chaves, M. (mayo de 2016). *Causas y Consecuencias de la exhudación*, *Boletín Técnico No. 7 vol 6 PITRA-LanammeUCR*. Obtenido de http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/Boletin_PITRA_6_-_2016.pdf
- Guerrero-Aguilera, S. (2015). *Buenas prácticas constructivas en la aplicación de riego de liga para la colocación de sobrecapas asfálticas*. LanammeUCR, PITRA. San José: PITRA.
- Guerrero-Aguilera, S. (5 de Diciembre de 2016). *PITRA-Lanamme*. Obtenido de Lanamme: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/productos-PITRA/Publicaciones/especiales>
- MOPT. (1977). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.
- MOPT. (2001). *Tomo de Disposiciones para la Construcción y Conservación Vial*. San José.
- Saleh F., M. (2015). Multi-Scale Criteria for Structural Capacity Evaluation of Flexible Pavements at Network Level. *In Transportation Research Board 94th Annual Meeting (No. 15-2397)*.



EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Erick Acosta Hernández Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Sergio Guerrero Aguilera Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Mauricio Picado Muñoz Auditor Técnico
Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica		Aprobado por: Ing. Alejandro Navas Carro, MSc. Director LanammeUCR



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

ANEXOS

ANEXO A DESCARGO

A1 Oficio POE-09-2020-0450



UNIDAD EJECUTORA
Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel: (506) 2202-9326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 03 de junio de 2020.

POE-09-2020-0450

Ingeniero
Alejandro Navas Carro, M.Sc
Director
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Ingeniera
Wendy Sequeira Rojas, M.Sc
Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Asunto: Contratación Directa No. 2015CD-000104-0BCIE: "Construcción y Supervisión de tres pasos a desnivel en la Ruta Nacional No.39 Carretera de Circunvalación, en la Rotonda de las Garantías Sociales, Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera e Intersección Guadalupe y fortalecimiento de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial". Respuesta a oficio LM-IC-D-0378-2020_Proyecto Paso a desnivel Garantías Sociales.

Estimados ingenieros:

En atención al oficio No. LM-IC-D-0378-2020 en el que presentan el informe preliminar de auditoría técnica externa No. LM-AT-044B-2019 titulado "Calidad de materiales y prácticas constructivas del proyecto Construcción de Paso a desnivel en intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39 Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000011- 0DE00", me permito adjuntarle la nota No. 96800/200529/ER/126 remitida por la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS), encargados de gestionar el proyecto, con los comentarios respecto a cada uno de los "Hallazgos" y "Observaciones" realizadas por ese equipo auditor.

De la nota adjunta se considera importante resaltar y reafirmar lo siguiente:

- Hallazgo No. 1:

Tal y como lo indica UNOPS en su nota y por lo argumentos expuestos, se solicita corregir el primer párrafo del hallazgo No. 1, de manera que se sugiere la siguiente redacción alternativa:

"El grado de desempeño (PG) del ligante modificado utilizado en la producción de mezcla asfáltica para las mezclas asfálticas tipo 418 (3) y 418 (4) debe ser PG 76-22, según el diseño de mezcla aprobado por la Administración".

Además, se adjunta el diseño de mezcla para un asfalto con un grado de desempeño PG-70 (nota No. 96800/200413/ER/070), el cual, por algún error involuntario, no había sido remitido.



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



Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 59 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel: (506) 2202-5328 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bctie@conavi.go.cr

San José, 03 de junio del 2020
POE-09-2020-0450

- Hallazgo No. 2:

Con el propósito de verificar el producto terminado, pese a que escapa a las especificaciones, con el fin de descartar cualquier riesgo de desempeño, se ha planteado la ejecución de un ensayo de deflectometría de impacto en las secciones de base estabilizada con cemento de mayor resistencia a la compresión, con el propósito de retrocalcular el módulo de rigidez en sitio, a varios meses de la colocación. Tal práctica permitirá valorar la capacidad de carga de la base estabilizada construida y su contraste con la realidad de cargas vehiculares sobre el pavimento.

- Hallazgo No. 3:

Según lo indicado por UNOPS en su nota:

"(...) En estas reuniones se analizaron las variables en torno a los ensayos de la base estabilizada y sus resultados, y se toma la decisión en conjunto, de no reducir el contenido de cemento del 3 % que arroja el diseño. Se coincidió entre las partes que al reducir la cuantía de cemento se estaría poniendo en riesgo la efectividad del proceso de homogeneización del cemento dentro del cuerpo de la base granular, y con ello, la posibilidad de tener secciones de la base donde pueden presentarse puntos con resistencias que cumplieran la norma, como puntos donde no se lograría dicha resistencia según lo establece la sección 302 del CR 2010 (...)"

Efectivamente en reuniones de seguimiento de proyecto se toma la decisión en conjunto (contratista-UNOPS-CONAVI-CACISA) de no reducir el contenido de cemento del 3 % que arroja el diseño para evitar el riesgo adicional. Lo cual se consideró dejar acordado mediante minuta únicamente.

- Observación 2:

Las recomendaciones de ese Laboratorio, son válidas y muy importantes para la Administración, por lo que se toman y se solicita a UNOPS aplicarlas a los proyectos Paso a desnivel en Guadalupe y La Bandera-UCR.

- Hallazgo No. 4:

Se recalca lo indicado por UNOPS:

"(...) Así las cosas, solicitamos que se enfatice en el informe que lo encontrado en una única muestra (la de 18 de noviembre de 2019), no es extensivo a la producción del periodo analizado, máxime, además que no representa la dosificación de diseño, sino la dosificación particular de un momento específico, que en ese muestreo arrojó, además, un contenido de asfalto cercano al límite inferior de tolerancia, factor que incide además, en una menor capacidad de carga por fatiga (...)"



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



Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 60 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel: (506) 2202-8326 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 03 de junio del 2020
POE-09-2020-0450

- 5.3. Investigación de campo.

Con el propósito de generar elementos de juicio adicionales, por cuanto se toman los resultados de LanammeUCR como evidencia puntual de situaciones que deben investigarse en el proyecto, particularmente en relación con la capacidad de la capa asfáltica inferior para resistir agrietamiento por fatiga, se ha definido hacer una deflectometría de impacto que abarque los estacionamientos que involucraron la mezcla asfáltica colocada en la capa inferior, en los días previos y posteriores al 18 de noviembre de 2019, con el propósito de estimar la rigidez de las capas in situ por retrocálculo de módulos de rigidez.

Así las cosas, se solicita analizar el descargo adjunto y las solicitudes de correcciones solicitadas por el equipo de proyecto al informe No. LM-AT-044B-2019.

Sin otro particular, se despide.

Atentamente,

FRANCINI
CHINCHILLA
TORRES (FIRMA)

Firmado digitalmente por
FRANCINI CHINCHILLA TORRES
(FIRMA)
Fecha: 2020.06.03 14:02:24
-06'00'

Ing. Francini Chinchilla Torres, MAP, MSc
Ingeniera de proyecto
Unidad Ejecutora BCIE/CONAVI

Cc: Lic. Reynaldo Vargas Soto, Auditor Interno-CONAVI
Ing. Carlos Jiménez González, Gerente a.i. Unidad Ejecutora BCIE-CONAVI
Proveduría Institucional-CONAVI
Archivo / Copiador



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



Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 61 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.



A2 Oficio POE-09-2020-0536



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

San José, 14 de julio de 2020.

POE-09-2020-0536

Ingeniero
Alejandro Navas Carro, M.Sc
Director
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Ingeniera
Wendy Sequeira Rojas, M.Sc
Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Asunto: Contratación Directa No. 2015CD-000104-08CIE: "Construcción y Supervisión de tres pasos a desnivel en la Ruta Nacional No.39 Carretera de Circunvalación, en la Rotonda de las Garantías Sociales, Facultad de Derecho UCR-Rotonda de la Bandera e Intersección Guadalupe y fortalecimiento de la Unidad Ejecutora del Programa de Obras Estratégicas de Infraestructura Vial". Respuesta a oficio LM-IC-D-0486-2020 y LM-IC-D-0513-2020 Proyecto Paso a desnivel Garantías Sociales.

Estimados ingenieros:

En atención a los oficios No. LM-IC-D-0486-2020 y No. LM-IC-D-0513-2020 respecto al informe preliminar de auditoría técnica externa No. LM-AT-044B-2019 titulado "Calidad de materiales y prácticas constructivas del proyecto Construcción de Paso a desnivel en intersección Garantías Sociales, Ruta Nacional No. 39 Licitación Pública Internacional No. 2013LI-000011- 0DE00", me permito adjuntarle la nota No. 98800/200713/ER/175 remitida por la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS), encargados de gestionar el proyecto, con los comentarios respectivos.

De la nota adjunta se considera importante resaltar y solicitar al equipo auditor lo siguiente:

"(...) que en la versión final del informe de Auditoría se empleen los grados de desempeño intermedios de la Tabla 1, presentados de forma sintetizada nuevamente en la Tabla 2, que corresponden a la aplicación de la Tabla 702-03 de la Sección 702 de las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes vigentes. Las muestras 1082-19 y 0121-20 de asfalto modificado con polímeros, muestreadas en fechas 7 de junio de 2019 y 31 de enero de 2020, si evidencian cumplimiento a los requerimientos de la Sección 418.

(...)

Así mismo, agradeceremos que en la conclusión del Oficio LM-IC-D-0486-2020 se rectifique, de manera que se establezca que dos de las muestras evidenciaron cumplimiento a la especificación de las prescripciones técnicas particulares del proyecto."



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



Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 62 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



UNIDAD EJECUTORA

Programa Obras Estratégicas Infraestructura Vial
Contrato de Préstamo No. 2080
Tel: (506) 2202-5325 Fax: (506) 2253-5705 email: unidad.ejecutora.bcie@conavi.go.cr

San José, 14 de Julio del 2020
POE-09-2020-0536

Así las cosas, se solicita analizar el descargo adjunto previo a la versión final del informe No. LM-AT-044B-2019.

Sin otro particular, se despide.

Atentamente,

FRANCINI
CHINCHILLA
TORRES (FIRMA)

Firmado digitalmente por
FRANCINI CHINCHILLA
TORRES (FIRMA)
Fecha: 2020.07.14 14:53:46
-06'00'

Ing. Francini Chinchilla Torres, MAP, MSc
Ingeniera de proyecto
Unidad Ejecutora BCIE/CONAVI

Cc: Ing. Carlos Jiménez González, Gerente a.i. Unidad Ejecutora BCIE-CONAVI
Proveeduría Institucional-CONAVI
Archivo / Copiador



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



Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 63 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------

Tel.: +506 2511-2500 | Fax: +506 2511-4440 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.



ANEXO B ANÁLISIS DEL DESCARGO INFORME PRELIMINAR LM-AT-44B-2019

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-AT-44B-19 fue remitido a la Administración y recibido el día 07 de mayo de 2020 mediante oficio LM-IC-D-0378-20, para que fuese analizado y donde se indicó que la presentación oral del informe se realizaría el día 15 de mayo de 2020 de forma virtual por el estado de emergencia debido al COVID-19.

A partir de la fecha de envío del informe preliminar, se le otorgó un plazo de 15 días hábiles a la Administración para que se refiriera al informe preliminar de forma escrita. El día 03 de junio de 2020, se recibió el oficio POE-09-2020-0450 emitido por la Administración, para que fuera analizado por la Auditoría Técnica como descargo al informe LM-AT-44B-19. En el oficio de la Unidad Ejecutora se encontraba adjunto la nota 96800/200529/ER/126 emitida por la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS).

Ambos oficios fueron analizados por el equipo auditor y considerados para realizar aclaraciones y mejoras al informe con el fin de que sea de mayor claridad para la Administración. Por otro lado, no fueron consideradas ni atendidas las observaciones de carácter subjetivo emitidas en dichos oficios.

A partir del análisis del descargo, se identificó un tema de relevancia para el equipo auditor que no fue atendido en el contenido del informe preliminar. Debido a la importancia de la evidencia encontrada se consideró pertinente incluir el hallazgo denominado **“Se evidenciaron incumplimientos de muestras aleatorias de ligante asfáltico modificado respecto al grado de desempeño intermedio solicitado en las especificaciones del proyecto para capas intermedias, según informes de ensayo del LanammeUCR”** dentro del contenido del informe final LM-AT-44-2019. El mismo se incorporó en el informe como el segundo hallazgo del informe.

Para ello se le comunicó al Administración la existencia del hallazgo mediante el oficio LM-IC-D-0486-2020 del 23 de junio de 2020 y se le dio un plazo de 10 días hábiles para su pertinente descargo. Esta fecha se extendió en su plazo debido a una solicitud de aclaración de información realizada por la ingeniería de proyecto vía correo electrónico el día 24 de junio de 2020, para lo cual se emitió un oficio aclaratorio el día 26 de junio de 2020 estableciéndose como plazo máximo el 10 de julio de 2020 para la recepción del descargo. La Administración brindó respuesta el día 14 de julio de 2020 mediante el oficio POE-09-2020-0536, en el mismo se encontraba adjunto la nota 96800/200713/ER/175 emitida por la Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS), ambos documentos fueron revisados y analizados en el descargo del informe.

Es importante reiterar que los hallazgos y observaciones descritos en el informe LM-PI-AT-44-2109, se fundamentan en evidencias obtenidas por el equipo auditor durante las visitas al sitio de los proyectos auditados, ensayos de control de calidad, revisión de carteles y especificaciones y control de pago de las actividades ejecutadas. Por lo tanto, es importante reiterar que como parte de las labores de fiscalización externa que competen al LanammeUCR conforme a la Ley 8114, la Auditoría Técnica no busca únicamente informar a la Administración de las situaciones evidenciadas durante el proceso de auditoría, sino también que los hallazgos y observaciones realizadas representen

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 64 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



oportunidades de mejoras y de fortalecimiento desde el punto de vista técnico y de gestión a las labores que realiza la Administración en la ejecución de proyectos de obra nueva
A continuación, se detalla el análisis correspondiente al descargo POE-09-2020-0450

Hallazgo No. 1. El grado de desempeño del ligante asfáltico modificado se encuentra por debajo de las especificaciones aprobadas por los documentos del proyecto.

Con base en la petitoria realizada por la Administración en el oficio POE-09-2020-0450 y UNOPS en la nota **96800/200529/ER/126**, se considera de recibo que no existe incumplimiento según especificaciones del proyecto en cuanto al grado de desempeño superior de mezcla asfáltica empleada en capas intermedias o primera capa. Lo anterior debido a que la especificación 418.07.01.04 "Ligante" es ambigua en cuanto a la determinación del grado superior Superpave para la mezcla tipo 418(4). Sin embargo, el incumplimiento del grado de desempeño superior en relación con el diseño aprobado por la Supervisión mediante el oficio CACISA-325-2019 se mantiene.

Por lo tanto, se realizan modificaciones al contenido y título del hallazgo

El título del hallazgo se modifica por

Hallazgo No. 1. El grado superior de desempeño del ligante asfáltico modificado se encuentra por debajo de lo especificado en el diseño de mezcla asfáltica modificada del proyecto aprobado por la Administración como documento contractual.

La redacción del informe del primer párrafo de este hallazgo se modifica de la siguiente forma (en negrita se observan las palabras que fueron agregadas al informe)

*El grado de desempeño (PG) del ligante asfáltico modificado utilizado en la producción de mezcla asfáltica para las mezclas asfálticas tipo 418 (3) y 418 (4) debe ser PG 76 -22, según el diseño de mezcla aprobado por la Administración. En el informe de ensayo I-1432-19 del LanammeUCR, se realizó una comparación entre las propiedades del ligante asfáltico sin modificar y modificado, determinándose que el PG de la muestra de asfalto modificado ensayada es menor que el requerido por **el diseño de mezcla asfáltica aprobado. Se debe recordar que una vez aprobado el diseño de mezcla asfáltica el mismo forma parte de los documentos contractuales.***

Se modifica el tercer párrafo del informe para brindar mayor claridad

*Sin embargo, al analizar los resultados obtenidos por el LanammeUCR con respecto al grado de desempeño del asfalto, se determinó para la muestra ensayada de asfalto modificado un valor de PG 70, que es menor que el requerido por el proyecto (PG 76) según **el diseño de mezcla aprobado para la temperatura alta.***

Además, se modifican los párrafos 9 y 11 del hallazgo para dar mayor claridad al enfoque del mismo.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 65 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



De acuerdo con el documento de la contratación titulado “Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares” identificado como 203031-201-PD-GS-PPTP-02 de versión junio 2015, **existe ambigüedad en el contenido de la sección 418.07.01.04 Ligante (cemento asfáltico) en cuanto a la determinación del grado superior Superpave para la mezcla tipo 418(4) ya que el mismo documento no determina el grado superior para este tipo de mezcla, sin embargo fue el mismo contratista quien especificó una temperatura 76 para el grado superior PG en su diseño de mezclas asfáltica.**

El LanammeUCR determinó, a partir una muestra de asfalto original (sin modificar) utilizado en el proyecto, la cantidad de modificante necesario para alcanzar el grado de desempeño solicitado **en el diseño de mezcla** del proyecto

Sobre la solicitud realizada por UNOPS que no se exprese con certeza que la cantidad dosificada de polímero fue menor que la de diseño, pues no existe prueba directa de esto. Se debe indicar que los resultados de laboratorio de los ensayos de grado de desempeño realizados por el LanammeUCR son evidencia para deducir que la modificación del asfalto no fue suficiente para alcanzar el grado de desempeño esperado, ya sea por una disminución de la tasa de dosificación del polímero o porque el contratista no ajustó la tasa de dosificación del polímero según de las propiedades del asfalto utilizada en el proceso de producción del material. Debido a lo anterior se modifica el párrafo de manera que se contemplen las dos alternativas indicadas anteriormente

*La diferencia evidenciada en el PG de la muestra de asfalto modificado es que la cantidad dosificada de polímero (aditivo) **podría haber sido** menor que la de diseño o **que no se ajustó la tasa de dosificación debido a variaciones de las propiedades del asfalto utilizadas en el proceso de producción, además no fue verificada durante el proceso de producción de mezcla asfáltica y consecuentemente, la Unidad Ejecutora no se enteró a tiempo de este hecho para implementar las medidas correctivas***

Inclusión de Hallazgo de auditoría

Se muestra el contenido, conclusiones y recomendaciones del hallazgo 2 del informe final, así como el análisis del descargo realizado por la Administración

Hallazgo 2. Se evidenciaron incumplimientos de muestras aleatorias de ligante asfáltico modificado respecto al grado de desempeño intermedio solicitado en las especificaciones del proyecto para capas intermedias, según informes de ensayo del LanammeUCR.

La clasificación por grado de desempeño obtenida mediante ensayos realizados por el LanammeUCR a muestras aleatorias del ligante asfáltico modificado empleado en el proceso de producción de mezcla asfáltica SUPERPAVE de 12,5 mm para resistir agrietamiento por fatiga 418 (4), durante la ejecución del proyecto, permitió evidenciar que 4 muestras tomadas incumplieron con el grado de desempeño intermedio de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

Se muestra a continuación la Tabla 2 con el resumen de los resultados del grado desempeño realizados por el LanammeUCR entre los meses de junio 2019 y enero 2020.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 66 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Tabla 2. Clasificación de asfalto modificado muestreado por el LanammeUCR según grado de desempeño temperatura intermedia.

Informe	Muestra	Fecha muestreo	PG intermedio	Capa	Especificación del Proyecto
1432-19	1082-19	07/06/2019	23	Intermedia	PG intermedio no mayor a 22°C
0278-20	2332-19	18/11/2019	28	Intermedia	
0126-20	0051-20	15/01/2020	28	Intermedia	
0134-20	0121-20	31/01/2020	25	Intermedia	

Fuente: LanammeUCR, 2020.

Los resultados de la Tabla 2, muestran que el grado intermedio obtenido en cada uno de los informes supera el valor de temperatura establecido como máximo para el grado intermedio según las disposiciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, el cual establece en el apartado 418.07.01.04, inciso e), que para las mezclas asfálticas con designación 418 (4) Mezcla asfáltica SUPERPAVE para resistir agrietamiento por fatiga colocadas en primera capa o capa intermedia se debe cumplir con:

Quando se trate de mezclas tipo 418 (4) deberá suministrarse un informe de laboratorio que evidencie el grado de desempeño Superpave para temperaturas intermedias de desempeño de acuerdo con el Manual SP-1 del Instituto del Asfalto, mismo que no podrá ser superior a 22 grados centígrados.

En relación con los resultados obtenidos del grado intermedio con temperaturas superiores a lo usual, se debe indicar que existe un potencial riesgo de que la modificación realizada al material resulte en un asfalto más rígido, que podría incidir de forma desfavorable en el resultado del desempeño a fatiga del material.

En el caso de la muestra 2332-19 del 18 de noviembre de 2019 contemplada en el informe I-0278, dónde se evidenció una temperatura intermedia de 28 °C en el grado intermedio, se debe indicar que la mezcla asfáltica modificada muestreada en la misma fecha presentó incumplimientos en la cantidad de repeticiones de primera capa de cargas para resistir fatiga según se detalla en el hallazgo 4 del informe preliminar LM-AT-044B-2019. Por lo tanto, el incumplimiento del grado intermedio podría ser un factor adicional a los ya mencionados que incidieron en los resultados de fatiga observados en el informe I-0238-2020.

Por otro lado, se reitera el criterio emitido en el Hallazgo 1, ya que, durante el proceso de producción de mezcla, la Unidad Ejecutora no verificó el grado de desempeño del ligante asfáltico utilizado en la producción y colocación de mezcla asfáltica y tampoco se pronunció sobre los resultados del grado intermedio de los ensayos de laboratorio emitidos por el LanammeUCR durante la ejecución del proyecto.

Conclusión

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 67 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Según los resultados de los informes de ensayo del LanammeUCR existió un incumplimiento para al menos 4 muestras en relación con la temperatura intermedia para el grado Superpave establecida en el cartel de licitación.

Recomendación

Se recomienda a la Unidad Ejecutora para futuros proyectos la coordinación y programación de muestreos de ligante asfáltico durante el proceso de ejecución del proyecto de manera que se garantice que la modificación del ligante asfáltico se ajuste a las especificaciones contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.

Análisis del descargo

Sobre la solicitud realizada por la Unidad Ejecutora y UNOPS en los oficios POE-09-2020-0536 y 96800/200713/ER/175 de la modificación de la **Tabla 2**. Clasificación de asfalto modificado muestreado por el LanammeUCR según grado de desempeño temperatura intermedia y cambio en la conclusión del mismo, debido a que según el descargo las muestras 1082-19 y 0121-20 de asfalto modificado con polímeros, muestreadas en fechas 7 de junio de 2019 y 31 de enero de 2020, sí evidencian cumplimiento a los requerimientos de la Sección 418, se debe indicar que las mismas no son de recibo y no modifican el contenido del hallazgo presentado.

La Unidad Ejecutora y UNOPS justifican la modificación de los resultados de temperatura intermedia del grado desempeño de la Tabla 1 con base en la actualización realizada en el año 2017 a la Sección 702.01 Asfalto del Manual de las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010, donde se establece que la temperatura intermedia del grado de desempeño corresponde a la temperatura más baja a la cual el módulo de $G^* \text{ sen } \delta$ es menor a 6.0 MPa para asfaltos que clasifican como grados “H” y “V”, proponiendo que dos de las cuatro muestras no presentan incumplimiento. Sin embargo, pese a que dicha actualización es la vigente, el cartel de licitación del proyecto en la sección 702 Cemento Asfálticos establece otro criterio distinto al señalado, el cual establece que la temperatura intermedia del grado de desempeño corresponde a la temperatura más baja a la cual el módulo de $G^* \text{ sen } \delta$ es menor a 5.0 MPa, tal como se muestra en la tabla 702.3 Especificación para aceptación de cementos asfálticos por grado de desempeño.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 68 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Tabla 702-3
Especificaciones de aceptación para cementos asfálticos clasificados por grado de desempeño.

Grado de desempeño	PG-46	PG-52	PG-58	PG-64	PG-70	PG-76	PG-82
Promedio máximo 7 día Temperatura de diseño del pavimento (°C)	< 46	< 52	< 58	< 64	< 70	< 76	< 82
Temperatura mínima de diseño del pavimento (°C)	> -34 > -40 > -46	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34 > -40 > -46	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34 > -40	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34 > -40	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34 > -40	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34	> -10 > -16 > -22 > -28 > -34
Asfalto Original							
Temp. de punto de encendido min °C, ASTM D92	230						
Viscosidad, D4402, máx. 3 Pa.s, Temp del ensayo, °C ^B	135						
Cortante dinámico, P246, G'/senS, min. 1,00 kPa, Plato 25mm, Abertura 1 mm Temp. del ensayo a 10 rad/s, °C ^C	46	52	58	64	70	76	82
Ensayo en horno rotatorio de película delgada RTFOT, D2872							
Pérdida de masa, % máx.	1,00 %						
Cortante dinámico, ASTM P246, G'/senS, min. 2,20 kPa, Plato 25mm, Abertura 1 mm Temp. del ensayo a 10 rad/s, °C ^C	46	52	58	64	70	76	82
Residuo en dispositivo de envejecimiento a presión PAV, AASHTO PP 1							
Temp. de envejecimiento PAV, °C ^D	90	90	100	100	100 (110)	100 (110)	100 (110)
Cortante dinámico, ASTM P246, G'/senS, máx. 5000 kPa, Plato 8mm, Abertura 2 mm Temp. del ensayo a 10 rad/s, °C	10-7-4	25-22-19-16-13-10-7	25-22-19-16-13	31-28-25-22-19-16-13-10-7	31-28-25-22-19-16-13-10-7	37-34-31-28-25	40-37-34-31-28
Creep residual							
ASTM P 245, S, máx. 300 MPa, valor m, Min. 0,300, Temp. del ensayo a 60 s, °C ^E	-24 -30 -36	0 -6 -12 -18 -24 -30 -36	0 -6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24	0 -6 -12 -18 -24
Tensión Directa, ASTM P252, Deformación de falla, min. 1,0 %, Temp. del ensayo a 60 s, °C ^E	-24 -30 -36	0 -6 -12 -18 -24 -30 -36	0 -6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24 -30	0 -6 -12 -18 -24	0 -6 -12 -18 -24

Por lo tanto, con base en los documentos de prevalencia, el cartel de licitación tiene un orden jerárquico superior a menos de que la misma haya sido acordada por la Administración y el contratista de previo al identificar alguna ambigüedad, tal como lo establece la sección 1.5 **Prioridad de documentos** del contrato del CON-CRCP-96800-2016-003 del 07 de diciembre de 2018

Prioridad de documentos

- (a) Los documentos que forman parte del Contrato serán tomados a modo de explicación y se leerán como un todo. **A efectos de interpretación, la prioridad de los documentos será la indicada en el instrumento contractual.**
- (b) Si alguna de las partes descubre una ambigüedad o discrepancia entre los documentos que conforman el Contrato, dicha parte notificará al Representante del empleador de inmediato quien emitirá todas las aclaraciones o instrucciones necesarias a las partes y el Contratista deberá implementar dicha aclaración o instrucción con la debida prontitud y sin demora.

Sin embargo, no hay ninguna aclaración o instrucción de la Administración expresada por la Administración de forma escrita en el descargo del informe donde se haya avalado dicha modificación, razón por la cual no es de recibo la solicitud realizada por la Administración y el hallazgo y su contenido se mantiene.

Es importante aclarar que el equipo auditor en ningún momento se opone a la implementación de actualizaciones a especificaciones, pero debe realizarse el debido proceso para su incorporación.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 69 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Por otra parte, llama la atención del equipo auditor la forma en que se justifica los incumplimientos ya que como se evidencia en el informe, la Administración de manera reactiva se apega a las especificaciones del cartel de licitación para justificar ensayos de laboratorio y en otros temas hace caso omiso del mismo, tal como fue el caso del cumplimiento de la temperatura intermedia de la clasificación por grado de desempeño.

Hallazgo No. 2. Existe un riesgo potencial de agrietamiento de la base estabilizada con cemento tipo BE-25 del proyecto como consecuencia de falta de un límite superior en la especificación del material que regule el exceso de resistencia a la compresión.

Se modifica el número del hallazgo del informe preliminar a Hallazgo 3 UNOPS indica que en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto se establece un límite mínimo permitido de cemento para la base estabilizada del 3%, por lo cual no fue posible disminuir la cantidad de cemento y controlar las resistencias. Esta apreciación es correcta, pues porcentajes de cemento menores al 3% pueden generar problemas de homogenización del material, es por esto que en Manual CR-2010 y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto se estableció un contenido mínimo de cemento para la base estabilizada. No obstante, resistencias muy altas de la base estabilizada generan que esta capa se vuelva muy rígida y susceptible al agrietamiento. Además, no se tomaron medidas, con base en los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de la base estabilizada, para mitigar el riesgo de agrietamiento. Por lo tanto, el riesgo de agrietamiento en la capa de base estabilizada se mantiene y se decide mantener el hallazgo.

Se añade al hallazgo que, según menciona UNOPS, se realizará un ensayo de deflectometría de impacto en las secciones de base estabilizada con cemento de mayor resistencia a la compresión, con el propósito de retrocalcular el módulo de rigidez en sitio, valorar la capacidad de carga de la base estabilizada construida y contrastar su capacidad con la realidad de cargas vehiculares sobre el pavimento.

UNOPS también menciona que la tasa de crecimiento de la resistencia a la compresión es baja dado que el porcentaje de cemento es bajo. Sin embargo, según los resultados obtenidos por el laboratorio de verificación y del LanammeUCR, la resistencia obtenida a los 7 días ya de por sí es alta, por lo que una baja tasa de crecimiento de la resistencia a la compresión no disminuye el riesgo de agrietamiento, por lo cual no es de recibo este descargo.

Hallazgo No. 3. La Administración no implementó la actualización disponible sobre los límites de resistencia especificados para la base estabilizada con cemento para controlar el riesgo de agrietamiento del material.

Se modifica el número del hallazgo del informe preliminar a Hallazgo 4 UNOPS indica que, en virtud del acuerdo firmado entre el CONAVI y UNOPS, se tiene a UNOPS como gestor técnico de los proyectos, razón por la cual el CONAVI descansa en este aspecto contractual y no está la Administración dimensionada para ejecutar, en definitiva, modificaciones técnicas como lo solicita el LanammeUCR.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 70 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



No obstante, en el oficio de refrendo identificado como DCA-0717, de fecha 15 de marzo 2016, emitido por la División de Contratación Administrativa de la Contraloría General de la República (CGR), donde se otorga el refrendo al MDA entre CONAVI y UNOPS, se establece que el CONAVI:

- Mantiene en todo momento sus competencias y no delega o transmite las mismas a un tercero.
- A pesar de delegar a un tercero el gerenciamiento del proyecto, las actuaciones de éste deben realizarse a partir de las instrucciones recibidas por parte de la Administración, que tiene una participación activa y determinante durante todo el proceso.
- Mantiene una participación directa y monitoreo detallado en aspectos como: aprobación de las especificaciones técnicas de la obra a construir, y verificación de la calidad de lo diseñado y lo construido.

Por lo cual, el hallazgo se mantiene.

UNOPS también menciona que, al reducir la cuantía de cemento, se estaría poniendo en riesgo la efectividad del proceso de homogeneización del cemento dentro del cuerpo de la base granular, por lo que UNOPS no consideró pertinente sugerir a la Administración llevar a cabo la gestión administrativa de cambio de normativa contractual para la base estabilizada con cemento. No obstante, como se mencionó anteriormente, la Administración no tomó medidas para mitigar el potencial de agrietamiento producto de resistencias altas en la base estabilizada, por lo cual no se considera de recibo este descargo.

Observación 2. Se evidenció la utilización de parámetros de diseño de pavimentos conservadores en relación con los resultados de módulo dinámico de la mezcla asfáltica ensayada en el proyecto

Se modifica el número de observación del informe preliminar a Observación 1.

Sobre esta observación la ingeniería de proyecto considera que las recomendaciones contenidas son válidas y muy importantes para la Administración, por lo que se toman y se solicita a UNOPS aplicarlas a los proyectos Paso a desnivel en Guadalupe y La Bandera-UCR, por lo tanto, no se modifica el contenido ni naturaleza de la observación.

Sobre la observación realizadas por UNOPS en el oficio 96800/200529/ER/126 sobre que la guía metodología de diseño estructural AASHTO de 1993 no vincula las especificaciones de los materiales con el dimensionamiento de espesores como sí lo hace la metodología mecanística-empírica AASHTO más reciente, se coincide sobre este aspecto. Sin embargo, esto no inhibe al diseñador de tener conocimiento de las propiedades mecánicas de los materiales y vincularlas con el diseño de pavimentos pese a que se utilice una metodología empírica. Por otro lado, tampoco es de recibo justificar en el momento del diseño de pavimentos no se tiene certeza del módulo de rigidez de la mezcla durante el proceso de construcción. Si bien el diseñador no tiene en cuenta la variabilidad del proceso de producción, el valor propuesto del material se debe ajustarse lo más cerca posible a su condición real, sino se estaría incurriendo en la construcción de una estructura de pavimentos totalmente distinta a la diseñada según la demanda de tránsito y calidad de materiales supuesto, por lo que de ninguna manera esta observación es de recibo dentro de las buenas prácticas de ingeniería.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 71 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



De igual manera no es de recibo que UNOPS indique que no tenía elementos de juicio para haber planteado un coeficiente estructural distinto del promedio generalmente aceptado. Sobre este aspecto se debe mencionar que es el mismo diseñador Euroestudios es quien indica que la experiencia en Latino América no permitía alcanzar módulos de rigidez con coeficiente mayor a 0,36 en carpetas asfálticas, por lo que en contraste a lo señalado por UNOPS a nivel nacional no existe referencia alguna que indique este coeficiente estructural sea el valor promedio generalmente aceptada. Además, se debe indicar que debe prevalecer el criterio técnico y no simplemente aprobar un valor si hay desconocimiento del mismo. El LanammeUCR ha publicado numerosos estudios sobre módulos dinámicos o rigidez de mezcla asfáltica, además existe abundantes investigaciones a nivel internacional sobre el tema, por lo que se descarta no se tenía elementos de juicio para proponer un valor menos conservador al indicado.

Hallazgo Nº 4. Sobre el cumplimiento del requerimiento de fatiga y deformación permanente de la mezcla asfáltica Superpave en el proyecto.

Se modifica el número del hallazgo del informe preliminar a Hallazgo 5. El hallazgo se mantiene, pero se realizan observaciones para brindar claridad a su contenido.

La ingeniería de proyecto en el oficio POE-09-2020-0450 recalca la solicitud de UNOPS de que se enfatice en el informe que lo encontrado en una única muestra (la de 18 de noviembre de 2019), no es extensivo a la producción del período analizado. Sobre esta petitoria se debe aclarar que en el informe en ningún momento se hace la generalización de los resultados del informe al periodo de la producción de los meses analizados. Al contrario, en el último párrafo del hallazgo se sobre entiende que se identifica un potencial riesgo en el desempeño a fatiga de la capa asfáltica colocada en el proyecto bajo las condiciones del lote de producción del cual se evidenció el incumplimiento. Por lo tanto, la solicitud no es de recibo.

Por otro lado, positivo que la Administración y UNOPS hayan decidido realizar ensayos de deflectometría en los estacionamientos que contemplaron la colocación de los lotes de mezcla asfáltica producida el 18 de noviembre, además se considera importante brindar monitoreo, en el corto y mediano plazo.

Sobre los comentarios de UNOPS en el oficio 96800/200529/ER/126

Sobre la duda de UNOPS si la muestra del 30 de mayo de 2019 corresponde a una capa inferior o capa de rodadura, se debe aclarar que los resultados del esquema granulométrico permiten afirmar que la mezcla tiene un Tamaño Máximo Nominal de 12,5 mm, por lo que correspondería a una muestra de la capa inferior. De igual manera, los resultados de la muestra a fatiga del 30 de mayo de 2019 cumplen con los requisitos del Apartado 418(4). En caso de persistir la duda, se recomienda revisar los registros de la Supervisión en la fecha en que se colocó la mezcla asfáltica.

En relación con los resultados de la Tabla 2 del oficio 96800/200529/ER/126, se debe indicar que los resultados del contenido de vacíos y porcentaje pasando la malla Nº 200 de las muestras del 30-05-2019, 07-06-2019 y 18-11-2019 fueron invertidos por UNOPS. Por lo que las aseveraciones del contenido de vacíos más bajo y el mayor porcentaje de finos en la muestra del 18 de noviembre que presentó incumplimientos en comparación con las otras muestras son erróneos.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 72 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Se muestra la tabla con las correcciones pertinentes en caso de que se vuelva plantear un análisis por parte de UNOPS.

Tabla 1: Resultados del ensayo de resistencia al agrietamiento por fatiga para muestras tomadas por LanammeUCR

Deformación unitaria controlada (E-6)	Fecha de muestreo			Especificaciones
	30/05/2019	07/06/2019	18/11/2019	
				418 (4)
400	2 4 Millones	1.4 Millones	70 145	200,000
600	75 179	113498	7 348	40,000
Contenido de ligante (%)	5,72	5,59	5,58	5.50 – 6,50
Porcentaje pasando el tamiz No. 200 (%)	5,7	5,9	5,2	3,5 – 7,5
Contenidos de vacíos	3,6	3,5	4,2	3,0 – 5,0

Fuente: informes de ensayo de mezcla asfáltica de LanammeUCR.

Sobre el tema de vacíos, se debe aclarar que los porcentajes de vacíos a los que UNOPS hace referencia en la Tabla 1 de su nota corresponden al contenido de vacíos de las pastillas Superpave® en la verificación del diseño de mezcla y no al porcentaje de vacíos de los especímenes para la realización del ensayo de fatiga.

Sobre el contenido de vacíos de las pastillas Superpave®, UNOPS lo expone como un factor más para justificar que no existen elementos de juicio para que la muestra del 18 de noviembre no cumpliera con el número de ciclos requerido, ya que en la nota se indica que dada la tendencia de que a menor contenido de vacíos en la mezcla asfáltica mayor resistencia a la fatiga.

En relación con lo expuesto se debe realizar la aclaración que la tendencia enunciada por UNOPS es propia del porcentaje de vacíos obtenidos en sitio durante el proceso de compactación del material. Se debe recordar que, al existir un mayor porcentaje de vacíos durante el proceso de compactación en sitio, existe un mayor riesgo de oxidación de la mezcla y por ende una mayor rigidización del material, en detrimento de la capacidad a fatiga.

Por otro lado, en relación con los vacíos de los especímenes del ensayo de AASHTO T 321-14, se debe indicar que esta tendencia se mantiene, sin embargo, al ser una variable más que podría afectar en los resultados del ensayo, el laboratorio ha estandarizado el contenido de vacíos de los especímenes a 7,0 % ± 0,5 %, para disminuir la variabilidad del mismo.

Sobre el tema del contenido de asfalto, se debe reiterar, que el informe no hace referencia a un incumplimiento en el contenido de asfalto de las muestras señaladas en por UNOPS. Por otro lado,

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 73 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



sobre este mismo tema se enfatiza que la muestra del 18 de noviembre de 2019, registró un menor contenido de asfalto (5,58 %) en relación con el promedio del 6,0 % empleado en el proceso de producción de la mezcla asfáltica entre los meses de mayo 2019 y enero 2020, según los datos recopilados a partir de informes de calidad emitidos por la supervisión del proyecto. Por lo que la disminución del contenido de asfalto en esa fecha, pese a cumplir con los contenidos de asfalto especificados, es un factor aunado a otros que pudieron incidir en los resultados registrados. Lo anterior se respalda con lo indicado en el oficio LM-PI-070-2018 donde se menciona que esta tendencia (contenido asfalto vs fatiga) se acentúa al analizar mezclas con porcentajes de asfalto superiores o iguales al 6%, por lo cual resalta la importancia de este parámetro para el cumplimiento de la especificación de fatiga establecida en el país.

En relación con los resultados del grado de desempeño del asfalto muestreado el día 18 de noviembre de 2019 y contenidos en el informe I-0278-20, se considera válida la observación sobre el enfoque de los resultados del grado intermedio emitida por UNOPS. Por lo que se considera importante incluir un hallazgo adicional sobre este tema, considerando otros resultados de otras muestras. Sobre el resultado del grado intermedio del asfalto modificado ensayado en el informe I-0278-20, se debe indicar que se obtuvo un valor de 28 °C, el cual incumple con la especificación del inciso (e) del apartado 418.07.01.04, donde se indica que, para la mezcla asfáltica Superpave® para resistir el agrietamiento a fatiga 418(4), el grado intermedio no podrá ser mayor a 22 °C. Por lo tanto, fundamentado en dicho resultado, se obtiene un asfalto de mayor rigidez, que justifica aún más los resultados de fatiga obtenidos.

Por lo tanto, se agrega la observación en negrita al párrafo existente en el hallazgo

“El análisis de los resultados obtenidos de los informes I-0278-2020 y I-0279-2020, permiten deducir que el grado desempeño de la muestra del asfalto modificado en planta del 18 de noviembre de 2019, tuvo una afectación por una modificación de la tasa de dosificación del polímero empleada en la producción del material en relación con los porcentajes contemplados en el diseño de mezcla asfáltica o por **variaciones de las propiedades del asfalto base**, o por una inadecuada incorporación del polímero en el proceso de producción de la mezcla asfáltica. Lo cual **posiblemente** incidió en los resultados a fatiga del material ensayado en el informe I-2038-20 **Además, el resultado del grado intermedio obtenido en la muestra del informe I-0278-2020 fue de 28°C cual incumple con la especificación del inciso (e) del apartado 418.07.01.04, por lo que se obtiene un asfalto de mayor rigidez, que justifica aún más los resultados de fatiga obtenidos.**”

Es importante enfatizar que el objetivo del equipo auditor de incorporar los ensayos del grado desempeño en el análisis de fatiga, era evidenciar que una modificación de la tasa de dosificación del polímero contemplada en el diseño, la ausencia del ajuste de la tasa del polímero ante variaciones de las propiedades del asfalto base, así como una inadecuada incorporación del polímero en el proceso de producción del material son factores que podrían haber incidido en la reducción del número de ciclos a fatiga, con base en la evidencia de los resultados del grado desempeño obtenido. Se reiteran los criterios señalados en oficio LM-PI-070-2018 correspondientes al pronunciamiento del LanammeUCR sobre inquietudes realizadas por el CONAVI sobre la

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 74 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



especificación de fatiga en mezclas asfálticas del ensayo AASHTO T 321-14. En dicho documento se menciona la importancia de elementos para determinar la resistencia a fatiga de una mezcla asfáltica, tales como: la selección de la naturaleza del polímero y tasa de dosificación en el diseño de mezcla, así como el correcto procedimiento de modificación e incorporación del polímero al cemento asfáltico durante su producción. **Por lo que se aclara que en ningún momento se busca asociar el grado alto del PG al desempeño a fatiga de la mezcla.**

Además, se debe mencionar que la combinación de los factores mencionados anteriormente podría haber incidido en los resultados obtenidos, sin embargo, deben considerarse otras variables en el proceso de producción, tales como, por ejemplo, un sobrecalentamiento del ligante asfáltico en el proceso de modificación, un error de dosificación del polímero y catalizador, el tiempo de almacenamiento de la mezcla en el silo y la cantidad y propiedades de finos en la mezcla, aspectos que no se consideraron con especial detalle en este análisis.

Por otra parte, los resultados obtenidos en el ensayo de fatiga contemplado en el informe I-0238-2020 son consecuentes con los resultados de los ensayos de módulo dinámico y fatiga semicircular realizados para la misma muestra del 18 de noviembre de 2019 indicando una mezcla asfáltica más rígida, por lo que se descarta que los resultados no fueran consistentes con las otras muestras ensayadas.

Ahora, se analizan las observaciones realizadas por la UNOPS en el apartado **“Sobre el ensayo de resistencia a agrietamiento por fatiga para la mezcla asfáltica muestreada el 18 de noviembre”**

En cuanto a la inquietud emitida por UNOPS sobre que la normativa del ensayo AASHTO T 321-14 ha sido desarrollado para mezcla asfáltica de laboratorio, es importante aclarar que la elaboración de la especificación de fatiga incluida en el CR-2010, implicó un proceso de varios años de investigación con mezclas de laboratorio y planta donde se llegó a definir el tipo de ensayo, el criterio de falla, las deformaciones unitarias a evaluar, el proceso de compactación y curado de los especímenes, entre otros factores. Se debe indicar que se consideró una base de datos de más de 350 resultados de evaluaciones de fatiga a muestras de planta como parte de los insumos para la definición de los límites de la especificación. Por lo tanto, con base en lo anterior no es de recibo la inquietud planteada por UNOPS de que el ensayo AASHTO T 321-14 ha sido desarrollado para mezcla asfáltica preparada en laboratorio a partir de la dosificación del diseño de la mezcla y la materia prima sin pasar por el quemador de la planta.

Sobre este mismo tema se considera de relevancia que la Administración deba dar un estricto seguimiento al desempeño y calidad de los materiales durante la ejecución del proyecto y su operación y no limitarse únicamente a un ensayo que se presente con el diseño de mezcla asfáltica de laboratorio. De igual manera se considera pertinente que la Administración justifique sus resultados con la realización de ensayos propios, realizados por la supervisión del proyecto y no únicamente con los ensayos de autocontrol y descargos del contratista.

Por otra parte, en cuanto a la desviación de los resultados del ensayo de fatiga AASHTO T 321-14, se debe mencionar que, en cuanto a los criterios de exactitud y precisión de este ensayo, los ensayos de fatiga realizados en el LanammeUCR han evidenciado tener una alta dispersión de los resultados

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 75 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



(alta variabilidad). Sin embargo, este comportamiento tiene correspondencia con ensayos realizados internacionalmente y continúa siendo uno de los ensayos más utilizados para medir fatiga. Además, las desviaciones de los ensayos fueron consideradas en la elaboración de la especificación del CR-2010. Incluso se debe mencionar que la actualización del CR-2010 contempla valores de especificación más rigurosos a los contemplados en esta especificación.

Sobre los comentarios emitidos por UNOPS referentes a la sensibilidad de la mezcla asfáltica con polímeros debido a periodo de almacenamiento, procesos de recalentamiento previos al cuarteo, cambios químicos del material y separación de los aditivos incorporados al ligante asfáltico; se debe indicar que la muestra para realización del ensayo de fatiga del informe I-0238-2020 fue tomada el 18 de noviembre de noviembre de 2019, mientras el proceso de cuarteo se realizó el 9 de diciembre de 2019, la elaboración de especímenes y falla de las vigas fueron realizados en el mes de febrero 2020 y no así el 10 de marzo de 2020 como se indica en la No. 96800/200601/ER/130, ya que este fue el día que se remitieron los informes de ensayo a la Administración. Por lo tanto, el tiempo transcurrido entre el muestreo y la realización del ensayo no corresponde al indicado por UNOPS.

Además, se realiza la aclaración que el tiempo transcurrido entre la entrega de resultados mediante el oficio LM-IC-D-0295-20 del 30 de marzo de 2020 obedece a que en el informe I-0238-2020, no solo contempla ensayos de fatiga de la mezcla asfáltica, por lo que fue necesario completar otros ensayos para facilitar el informe completo.

Sobre el proceso de almacenamiento de muestras de mezcla asfáltica en el LanammeUCR, se debe indicar que las mismas son conservadas bajo condiciones libres de humedad y exposición al sol en cajas de cartón selladas dentro de nuestro laboratorio. Además, se debe señalar que no es de nuestro conocimiento algún estudio, que indique que bajo las condiciones en las que se almacenan las muestras en el LanammeUCR haya un proceso de oxidación del material en un periodo menor a dos meses.

En relación con el cuarteo, se debe indicar que es un procedimiento acreditado en nuestro laboratorio. La mezcla se calentó a 110 °C por 3 horas, se realizó el cuarteo y se procedió con el proceso de confección de los especímenes según data en la bitácora del laboratorio, aclarando que este mismo procedimiento fue el utilizado para las muestras previas y posteriores a la mencionada, incluyendo las que hace referencia el descargo y que cumplieron con los requerimientos de fatiga. Por lo tanto, se descarta al cuarteo como un factor que influyera en los resultados obtenidos, además se evidencia que no existe un eventual recalentamiento repetitivo de la muestra tal como lo señala UNOPS en su nota.

Por otro lado, en relación con la teoría de que el polímero se separe de la mezcla asfáltica durante el proceso de calentamiento de la muestra para la realización del cuarteo y elaboración de especímenes, no se tiene evidencia o estudio alguno que respalde dicha observación. En relación con este aspecto, el LanammeUCR ha comprobado que a nivel del ligante asfáltico modificado con polímeros TER y adición de catalizador PPA bajo condiciones de temperatura más extremas no hay evidencia de separación de las fases, razón por la cual sería poco probable que esto ocurra en la mezcla asfáltica modificada a temperatura ambiente.

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 76 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Por último, se debe señalar que una vez confeccionados y condicionados los especímenes o vigas de fatiga, estos fueron ensayados en el menor tiempo posible según el registro de la bitácora del laboratorio. Por lo cual se descarta el efecto “Skin Effect” señalado por UNOPS en su nota, así como un aumento en la rigidez inicial de los especímenes.

Hallazgo Nº 5. Se evidenciaron oportunidades de mejora en la metodología empleada por la Administración para la aceptación o rechazo de la mezcla asfáltica ante incumplimientos de los requisitos de compactación en campo

Se modifica el número del hallazgo del informe preliminar a Hallazgo 6.
La ingeniería de proyecto en el oficio POE-09-2020-0450 no emite ningún criterio sobre lo indicado en el hallazgo.
Se agrega el siguiente párrafo al hallazgo.

UNOPS en el oficio 96800/200529/ER/126, aclara que siempre se utilizó el núcleo extraído del pavimento, para aprobar la mezcla asfáltica colocada y no la utilización de factor de pago, sin embargo, en el informe mensual de calidad no se refleja lo indicado. En el oficio adjuntan el factor de pago por los meses de Enero, Febrero y Marzo del 2020 siendo estos 92,5% para mezcla con tamaño máximo nominal de 19,0 mm y 85% para la mezcla asfáltica de 12,5mm. Además, se indica que se basa el factor de pago se basan en la metodología que se encuentra en el Pliego de Descripciones Técnicas Particulares, sin embargo, no aseguran que factor de pago se aplicó o no en las estimaciones de pago.

Por lo tanto, las observaciones realizadas no modifican el contenido ni naturaleza del hallazgo.

Hallazgo Nº 6. Las prácticas constructivas observadas durante la colocación de mezcla asfáltica evidencia debilidades técnicas en la ejecución y control de los trabajos.

Se modifica el número del hallazgo del informe preliminar a Hallazgo 7.
La ingeniería de proyecto en el oficio POE-09-2020-0450 no emite ningún criterio sobre lo indicado en el hallazgo.

Sobre las observaciones realizadas por UNOPS, en el oficio 96800/200529/ER/126, en el apartado de riego de liga sobre si se logró la densificación de la carpeta dentro de los valores que establece la norma, se debe indicar que la densificación de la carpeta no está asociada a la aplicación del riego de liga.

Por otro lado, es de recibo la observación realizada por UNOPS sobre la diferenciación de riegos de liga y riegos de imprimación, por lo que se procede a realizar una aclaración en el tipo de riego de emulsión asfáltica realizado en cada caso. Sin embargo, la condición de riegos de liga e imprimación no uniformes y tasas de dosificación para riegos de liga por encima del valor establecido en el CR2010 se mantiene. En virtud de lo anterior se realizan las siguientes modificaciones a la sección denominada Aplicación de riego de liga en el hallazgo 6 del informe preliminar

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 77 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



Aplicación del riego de liga e imprimación: En la visita realizada el día 7 de junio, se observó que el riego de **imprimación** realizado en el eje 12 del proyecto no contaba con una cobertura total de la superficie y a la vez el riego no era uniforme debido a la falta de calibración y limpieza del equipo, tal como se observa en la Figura 10. **De igual manera en la visita realizada el día de 18 de junio de 2019 se observó la aplicación de un riego de liga no uniforme producto de la falta de calibración del camión dosificador, tal como se observa en la Figura 11.**

El camión dosificador presenta obstrucciones en algunas boquillas, además la configuración del ángulo de las boquillas es distinta a lo largo de la barra dosificadora lo cual resulta en que el patrón de riego sea variable y no se logra abarcar la cobertura total del área donde se aplica el riego.



Figura 10. Camión dosificador de emulsión asfáltica sin un adecuado patrón de rocío utilizado en el Eje 12.

Fecha: 07/06/2019. Fuente: LanammeUCR, 2019.

El día 18 de junio de 2019 se observó que las boquillas del camión dosificador se encontraban obstruidas y algunas de ellas estaban orientadas con diferentes ángulos lo cual resulto en un riego de liga no uniforme en líneas



Figura 11. Aplicación de riego de liga no uniforme Fecha: 18/06/2019.

Fuente: LanammeUCR, 2019

Adicionalmente en la visita del 16 de enero de 2020 se observó el problema de arrastre de emulsión asfáltica en el riego de imprimación realizado en el eje 1, tal como se observa en la Figura 12.

El día 16 de enero 2020, se evidenció que el riego de **imprimación** no penetró ni se adhirió a la superficie de la base estabilizada. Adicionalmente, observó la colocación de “traba” o polveado, previo a la colocación de la mezcla asfáltica, la cual se levantó durante las maniobras de acomodo de las vagonetas dejando la superficie de la base estabilizada sin riego. A pesar de ello se continuó con la colocación de mezcla sin volver a aplicar el riego.

Esta situación representa una condición de riesgo alto para que las capas al no quedar adheridas y funciones de forma separada cuando el proyecto se abra al tránsito.

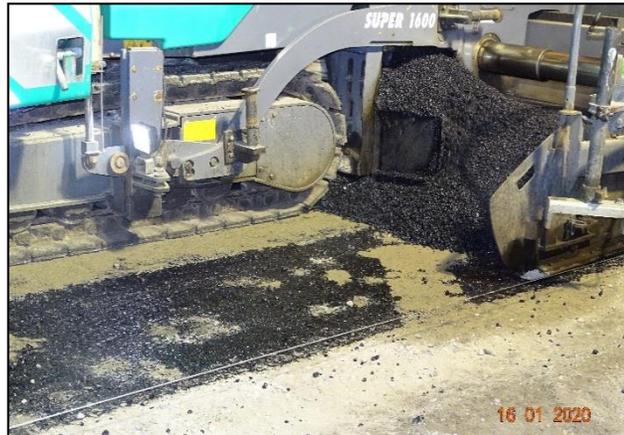


Figura 12. Superficie de la base estabilizada sin cobertura del riego de liga.

Fecha: 16/01/2020. Fuente: LanammeUCR, 2020.

En relación con los riegos de **emulsión asfáltica** no uniformes con cobertura parcial, se debe considerar que el objetivo de **la emulsión asfáltica** es aportar la adherencia entre las capas existentes con la capa asfáltica nueva para que actúen eficientemente como un solo paquete estructural ante las cargas que pasarían sobre él. Por lo que un riego de emulsión asfáltica no uniforme o sin cobertura **ya sea imprimación o de liga** no garantiza una adherencia óptima en la interfaz entre la base estabilizada y la nueva capa asfáltica, pudiendo afectar de forma directa la transmisión y disipación de los esfuerzos al pavimento, así como la aparición de deterioros prematuros

Por otra parte, es importante señalar que durante la visita realizada por el equipo auditor el día 20 de junio de 2019, se observó un frente de colocación de sobrecapa asfáltica con una tasa de dosificación de riego de liga de 0,8 l/m², además se colocaba mezcla asfáltica encima de la emulsión asfáltica sin romper.

El día 20 de junio de 2019, el equipo auditor observó la colocación de un riego de liga, con una tasa de 0,8 l/m², sobre una superficie perfilada, previo a que el riego de liga rompiera, se colocó sobre éste una geomalla y “traba o polveado” (ver Figuras 11 y 12), impidiendo de esta manera la evaporación completa del agua en la emulsión y la correcta adherencia entre la geomalla, la capa existente y la capa a colocar.



Figura 13. Colocación de traba (mezcla asfáltica con polímero), sobre emulsión sin romper.

Fecha: 20/06/2019. Fuente: LanammeUCR, 2019

El Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR2010, en la sección 414 Riego de liga asfáltica indica en relación con la tasa de dosificación que:

“Se aplicará la emulsión asfáltica de conformidad con la Subsección 411.08 a una tasa de dosificación de 0,15 a 0,70 litros por metro cuadrado.”

Informe LM-AT-044-19	Fecha de emisión: Julio 2020	Página 79 de 80
----------------------	------------------------------	-----------------



El empleo de una tasa de riego de emulsión asfáltica excesiva puede aumentar el riesgo de ocurrencia de deterioros puntuales como desplazamientos, deformaciones y exudación en la carpeta asfáltica

Hallazgo N° 7. Se evidenciaron inconsistencias en la información básica utilizada para el dimensionamiento de las estructuras de pavimento.

Se modifica el número del hallazgo del informe preliminar a Hallazgo 8.

La ingeniería de proyecto en el oficio POE-09-2020-0450 no emite ningún criterio sobre lo indicado en el hallazgo.

Por otro lado, los comentarios emitidos por UNOPS, no modifican el contenido del hallazgo ya que en la mayoría no se coincide con el criterio técnico emitidos por el equipo auditor, en los especial lo relacionado con el tránsito de diseño y el retrocálculo de módulos de la actualización. Los criterios del equipo auditor fueron claramente desarrollados en la nota informe LM-IC-D-0591-2019 del 30 de julio de 2019.

Sin embargo, se considera pertinente aclarar que los incisos c, d y f fueron atendidos en la actualización del diseño. Por lo tanto, se agrega el siguiente párrafo al final del hallazgo

Los señalamientos de los incisos c, d y f fueron atendidos por la Administración mediante POE-09-2019-0384 del 04 de junio de 2019, correspondiente a la actualización del diseño de pavimentos.