



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe Final: EIC-Lanamme-INF-0764-2022

EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE LOS INTERCAMBIOS ENTRE LA INTERSECCIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES NO. 2 Y NO. 236 (TARAS) Y LA INTERSECCIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES NO. 2 Y NO. 10 (CARTAGO), INCLUYENDO EL MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL NO. 2, SECCIÓN: TARAS - LA LIMA.



Informe en versión final
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
Noviembre, 2022





Información Técnica del documento

1. Informe Informe Final de Auditoría Técnica EIC-Lanamme-INF-0764-2022	2. Copia No. 1
3. Título: Evaluación de los estudios preliminares del proyecto Construcción de los intercambios entre la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 236 (Taras) y la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 10 (Cartago), incluyendo el mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, sección: Taras - La Lima.	4. Fecha del Informe Noviembre 2022
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440	
6. Notas complementarias --**--	
7. Resumen <p>El Informe de Auditoría Técnica EIC-Lanamme-INF-0764-2022 recopila hallazgos y observaciones sobre la auditoría externa realizada al proyecto "Construcción de los intercambios entre la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 236 (Taras) y la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 10 (Cartago), incluyendo el mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, sección: Taras - La Lima" durante el periodo comprendido entre los meses de junio 2020 a junio 2022, durante este periodo se enviaron oficios y notas informes a la Administración para comunicar de manera oportuna las observaciones y hallazgos aquí señalados.</p> <p>Sobre los estudios hidrológicos e hidráulicos: En general, se evidenciaron debilidades y oportunidades de mejora en el estudio hidrológico, el análisis hidráulico y los diseños hidráulicos del proyecto. Por ejemplo, el alcance del estudio hidrológico está incompleto al no incluir un análisis del riesgo de desbordamiento del río Taras. Se evidencian oportunidades de mejora en la información solicitada en los Términos de Referencia de los Contratos para Servicios de Consultoría para los estudios hidrológicos e hidráulicos de las obras de drenaje. Por otro lado, los resultados de tiempo de concentración no son claros y faltan referencias bibliográficas para justificar una afirmación sobre la fórmula utilizada. Se identificó falta de claridad en los criterios de aceptación, ya que se aceptan dos criterios distintos para definir el diámetro mínimo de las tuberías pluviales. No se reporta el parámetro básico de coeficiente de escorrentía, necesario para el modelado hidrológico, y se asocia de manera poco clara con el parámetro llamado número de curva. También se observó que la decisión de mantener la alcantarilla Paseo Metrópoli no está completamente justificada pues presentarían velocidades que no son recomendables en una alcantarilla y no se realizó una evaluación de su condición estructural, no se evidencia un procedimiento formal de diseño, con la información presentada, tampoco es posible verificar la efectividad del cuenco disipador a la salida de la alcantarilla.</p> <p>Sobre los estudios geotécnicos: Los estudios geotécnicos presentados se consideran adecuados para esta etapa de diseño. No obstante, se emiten algunas recomendaciones para mejorar el contenido de los estudios geotécnicos presentados y algunas recomendaciones para la etapa constructiva del proyecto. También se evidenció que dos de los laboratorios no contaban con acreditación con la norma INTE-ISO/IEC 17025 en el año en que realizaron los ensayos.</p>	





Sobre la implementación del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) y otros aspectos de seguridad vial:

se evidenció en el proyecto el incumplimiento de los dispositivos aprobados en el plan de manejo de tránsito aprobado y la implementación del mismo, los dispositivos de canalización, como barreras de concreto, estaban colocadas en el proyecto de forma discontinua, sin anclaje entre los elementos y mezcladas con barriles plásticos y conos, incumpliendo lo indicado en el PMT, además se evidenciaron inconsistencias entre las señales verticales que especifican una velocidad reglamentaria de 30 km/h, de acuerdo con el PMT, y la señalización tanto vertical como horizontal original de la vía.

Sobre el diseño geométrico del proyecto: En el diseño geométrico actual se evidencia deficiencias y oportunidades de mejora que podrían ocasionar conflictos entre los diferentes usuarios de la vía.

Sobre el análisis y estimación del tránsito del proyecto: Se evidenciaron en los documentos técnicos del proyecto criterios diferentes para la estimación de la tasa de crecimiento, valor que afecta directamente la estimación de la carga de diseño del pavimento, adicionalmente se evidenció en los documentos del proyecto que en los estudios de tránsito no se realizó una calibración y validación del modelo de tránsito utilizado para estimar la demanda vehicular.

7. Valoración de los resultados

Resultado	Prioridad de atención
Hallazgo 1: El alcance del estudio se considera incompleto al no incluir un análisis del riesgo de desbordamiento del Río Taras.	
Hallazgo 2. No hay evidencia de una evaluación completa de la condición estructural de la alcantarilla de Paseo Metrópoli	
Observación 1. No hay evidencia de un procedimiento formal de diseño del cuenco disipador de energía de la alcantarilla de Paseo Metrópoli.	
Observación 2. Se evidenciaron debilidades en el estudio hidrológico, el análisis hidráulico y los diseños hidráulicos del proyecto.	
Hallazgo 3. Dos de los laboratorios que proveen servicios en el proyecto no contaban con acreditación con la norma INTE-ISO/IEC 17025 en el año en que realizaron ensayos incluidos en el informe.	





<p>Observación 3. La memoria de cálculo del diseño optimizado de las cimentaciones en pilotes está incompleta.</p>		
<p>Hallazgo 4. Se evidenció en el proyecto incumplimiento de los dispositivos aprobados en el plan de manejo de tránsito aprobado y la implementación del mismo.</p>		
<p>Observación 4. En los documentos contractuales no se encontró evidencia de los diseños de sistemas de contención vehicular, ni de los parámetros de desempeño.</p>		
<p>Observación 5: Se evidenció en los documentos del proyecto que no existe un procedimiento formal para la estimación de la tasa de crecimiento</p>		
<p>Observación 6: Se evidenció en los documentos del proyecto que en los estudios de tránsito no se realizó una calibración y validación del modelo de tránsito utilizado para estimar la demanda vehicular.</p>		
<p>Observación 7: Se evidencian oportunidades de mejora relacionadas con el diseño geométrico y la demarcación vial del proyecto.</p>		
<p>En el Anexo C se describe el proceso realizado por el Equipo Auditor para desarrollar esta valoración</p>		
<p>9. Palabras clave Auditoría Técnica, Estudios Preliminares, Estudios hidrológicos, Estudios geotécnicos, Estudios hidráulicos, Diseño de pavimentos, Diseño geométrico</p>	<p>10. Nivel de seguridad Ninguno</p>	<p>11. Núm. de páginas 83</p>





INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

Evaluación de los estudios preliminares proyecto Construcción de los intercambios entre la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 236 (Taras) y la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 10 (Cartago), incluyendo el mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, sección: Taras - La Lima

Departamento encargado del proyecto: Unidad Ejecutora del PIT, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, MOPT

Supervisora del proyecto: Applus Ingelog

Laboratorio de verificación de calidad: LIMPSA

Empresa contratista: Consorcio Hernán Solís-Estrella

Laboratorio de control de calidad: OJM Consultores de calidad y laboratorio S.A.

Montos originales de los contratos: \$ 57.973.229,94 - Cincuenta y siete millones novecientos setenta y tres mil doscientos veintinueve dólares, moneda de curso legal en los Estados Unidos de América, con 94/100- (Monto original del contrato)

Plazo original de ejecución: 28 meses (dato indicado en el contrato original)

Director General LanammeUCR:
Ing. Alejandro Navas Carro, MSc.

Coordinadora de Auditoría Técnica:
Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Auditores:
Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo (Auditora Líder)
Ing. Francisco Fonseca Chaves (Auditor adjunto)
Ing. Mauricio Salas Chaves (Auditor adjunto)
Ing. Mauricio Picado Muñoz (Auditor adjunto)
Ing. Luis Paulino Rodríguez (Auditor adjunto)

Expertos Técnicos
Ing. Luis Carlos Alfaro Monge, MSc. (no labora en el LanammeUCR)
Ing. Ana Monge Sandí, MSc.
Ing. Gustavo Badilla Vargas, D.Sc
Ing. Stephan Rodríguez Shum, M.Sc

Asesor Legal:
Licda. Nidia María Segura Jiménez

Alance del informe:
El alcance de esta Auditoría Técnica consiste en evaluar la calidad de los estudios preliminares utilizados en el diseño del proyecto, se analizó específicamente los estudios geotécnicos, los estudios hidrológicos e hidráulicos, los diseños de pavimento, y estudios de diseño geométrico y seguridad vial y los planos asociados, entre los meses de junio 2020 a junio de 2022.



TABLA DE CONTENIDO

1. Fundamentación 8

2. Objetivo general de las auditorías técnicas..... 8

3. Objetivos del informe 9

 Objetivo General..... 9

 Objetivos Específicos..... 9

4. Alcance del informe 9

5. Metodología..... 10

6. Antecedentes..... 12

7. Descripción del proyecto..... 14

8. Audiencia a la parte auditada para análisis del informe en su versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0764B-2022 15

9. Resultados de la auditoría técnica 16

 A. Sobre la revisión de los estudios de hidrología e hidráulica del proyecto. 17

 Hallazgo 1: El alcance del estudio se considera incompleto al no incluir un análisis del riesgo de desbordamiento del río Taras..... 18

 Hallazgo 2: No hay evidencia de una evaluación completa de la condición estructural de la alcantarilla de Paseo Metropoli 21

 Observación 1: No hay evidencia de un procedimiento formal de diseño del cuenco disipador de energía de la alcantarilla de Paseo Metropoli. 24

 Observación 2: Se evidenciaron debilidades en el estudio hidrológico, el análisis y los diseños hidráulicos del proyecto..... 25

 b. Sobre los estudios geológicos y geotécnicos del proyecto 31

 Hallazgo 3: Dos de los laboratorios que proveen servicios en el proyecto no contaban con acreditación con la norma INTE-ISO/IEC 17025 en el año en que realizaron ensayos incluidos en el informe..... 32

 Observación 3. La memoria de cálculo del diseño optimizado de las cimentaciones en pilotes está incompleta. 33

 c. Sobre la implementación del plan de manejo de tránsito y otros aspectos de seguridad vial 34

 Hallazgo 4. Se evidenció en el proyecto incumplimiento de los dispositivos aprobados en el plan de manejo de tránsito aprobado y la implementación del mismo..... 35

 Observación 4. En los documentos contractuales no se encontró evidencia de los diseños de sistemas de contención vehicular, ni de los parámetros de desempeño. 38





d.	Sobre el análisis del tránsito del proyecto	39
	Observacion 5. Se evidenció en los documentos que no existe un procedimiento formal para la estimación de la tasa de crecimiento.....	40
	Observacion 6. Se evidenció en los documentos del proyecto que en los estudios de tránsito no se realizó una calibración y validación del modelo de tránsito utilizado para estimar la demanda vehicular	42
e.	Sobre el diseño geométrico del proyecto.....	43
	Observacion 8. Se evidenciaron oportunidades de mejora relacionadas con el diseño geométrico y la demarcación vial del proyecto.....	44
10.	Conclusiones.....	47
11.	Recomendaciones	50
12.	Referencias.....	53
13.	Anexos.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Visitas realizadas al proyecto en el periodo de estudio.....	10
Tabla 2.	Resumen de correspondencia enviada y recibida del proyecto Taras-La Lima..	12
Tabla 3.	Metodologías y fuentes de referencia aplicadas para la estimación de tasas de crecimiento vehicular y estimación de la demanda	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del proyecto.....	14
Figura 2.	Inundación en la Ruta Nacional 2, sector La Lima.....	19
Figura 3.	Ubicación alcantarilla Paseo Metrópoli.....	21





INFORME FINAL DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA.

EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE LOS INTERCAMBIOS ENTRE LA INTERSECCIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES NO. 2 Y NO. 236 (TARAS) Y LA INTERSECCIÓN DE LAS RUTAS NACIONALES NO. 2 Y NO. 10 (CARTAGO), INCLUYENDO EL MEJORAMIENTO DE LA RUTA NACIONAL NO. 2, SECCIÓN: TARAS - LA LIMA

1. FUNDAMENTACIÓN

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

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

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

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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



3. OBJETIVOS DEL INFORME

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de los estudios preliminares utilizados en el diseño del proyecto: “Construcción de los intercambios entre la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 236 (Taras) y la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 10 (Cartago), incluyendo el mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, sección: Taras - La Lima”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad y pertinencia de los estudios geotécnicos, el diseño de la estructura de pavimento y los estudios hidrológicos que fueron desarrollados como parte de los estudios preliminares del proyecto.
- Evaluar el manejo temporal del tránsito y la seguridad vial del proyecto.
- Emitir recomendaciones para la etapa constructiva y operativa del proyecto, basadas en las revisiones realizadas de los estudios preliminares.
- Emitir recomendaciones y oportunidades de mejora sobre el contenido de los estudios preliminares desarrollados para el proyecto, de manera que puedan ser atendidos en proyectos a ser desarrollados en el país.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance del estudio consistió en la evaluación de los estudios preliminares, entre ellos los estudios hidrológicos. La evaluación y pertinencia de los estudios geotécnicos; el diseño de la estructura del pavimento tanto la sección nueva como la rehabilitación del tramo existente y la evaluación del manejo temporal del tránsito y seguridad vial del proyecto.

Para la evaluación de los estudios preliminares del proyecto, se analizaron los estudios geotécnicos, los estudios hidrológicos y el diseño de la estructura de pavimento. La evaluación del proceso constructivo de las obras de drenaje y del manejo temporal del tránsito, se realizó mediante visitas a campo y de conformidad con la normativa vigente en el Cartel de Licitación y el Contrato, Plan de Manejo de Tránsito aprobado, los planos y los documentos contractuales del proyecto, así como las buenas prácticas de la ingeniería, que se sustentó con el aporte de expertos técnicos de la Unidad de Seguridad Vial y Transportes (USVT) y del Programa de Ingeniería Geotecnia (PIG) del LanammeUCR.

El periodo de ejecución de esta Auditoría Técnica comprende los meses de junio del 2020 y de junio 2022, durante la fase previa y la etapa constructiva inicial del proyecto.

La Auditoría Técnica que realiza el LanammeUCR no puede compararse, ni considerarse como una actividad de control de calidad, la cual le compete exclusivamente al Contratista como parte de su obligación contractual y que debe ser ejecutada como una labor de



carácter rutinario en el proyecto. Tampoco puede conceptualizarse como una labor de verificación de calidad o supervisión, que es de entera responsabilidad de la Administración. Es función del MOPT analizar, con las partes involucradas, las consecuencias expuestas en los hallazgos y observaciones incluidas en este informe de Auditoría Técnica.

Cabe destacar que este informe, EIC-Lanamme-INF-0764-2022, es la primera entrega de un proceso de Auditoría Técnica que se desarrollara a lo largo de todo el proceso constructivo del proyecto.

5. METODOLOGÍA

La fiscalización que realiza la Auditoría Técnica del LanammeUCR es un proceso independiente, basado en normas y procedimientos establecidos, aplicando criterios objetivos en procura de lograr el cumplimiento del alcance y los objetivos definidos para cada uno de los estudios desarrollados.

Esta labor se efectúa en un proceso de auditoría que 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.

Las actividades que fueron desarrolladas por el Equipo Auditor consistieron en visitar los diversos frentes de trabajo, hacer una revisión de los documentos del proyecto, y análisis de los mismos a lo largo de la ejecución del proyecto.

A continuación, se presenta una tabla que resume las visitas y las actividades realizadas durante el proceso de auditoría.

Tabla 1. Visitas realizadas al proyecto en el periodo de estudio

No	Actividad realizada	Fecha de visita
1	Estado general de avance del proyecto	24/11/2020
2	Visita conjunta USVT	16/02/2021
3	Estado general de avance del proyecto	09/03/2021
4	Estado general de avance del proyecto	23/03/2021
5	Visita conjunta USVT	13/04/2021
6	Visita conjunta PIG	14/04/2021
7	Estado general de avance del proyecto	20/05/2021
8	Estado general de avance del proyecto	10/06/2021
9	Estado general de avance del proyecto	02/07/2021
10	Estado general de avance del proyecto	15/07/2021
11	Visita Técnica de la USVT	10/08/2021
12	Muestreo de tubería de concreto	19/08/2021
13	Estado general de avance del proyecto	01/09/2021
14	Estado general de avance del proyecto	20/09/2021
15	Estado general de avance del proyecto	20/10/2021
16	Estado general de avance del proyecto	08/12/2021
17	Estado general de avance del proyecto	25/01/2022



18	Estado general de avance del proyecto	15/02/2022
19	Estado general de avance del proyecto	10/03/2022
20	Estado general de avance del proyecto	16/03/2022
21	Estado general de avance del proyecto	30/03/2022
22	Estado general de avance del proyecto	02/04/2022
23	Estado general de avance del proyecto	06/04/2022
24	Estado general de avance del proyecto	28/04/2022
25	Estado general de avance del proyecto	16/05/2022
26	Visita conjunta PIG	24/05/2022
27	Estado general de avance del proyecto	02/06/2022

DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

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

- Ley de Contratación Administrativa (Ley No. 7494 del 02 de mayo de 1995) , sus reformas y su respectivo Reglamento (Decreto Ejecutivo número 33411-H del 27 de setiembre del 2006) y sus reformas.
- El cartel de licitación, incluyendo las Especificaciones Especiales, sus aclaraciones y sus enmiendas.
- La oferta adjudicataria.
- Los contratos, ofertas y sus respectivos documentos.
- Los planos constructivos y otros tomos del proyecto como Condiciones Especiales.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos Carreteras y Puentes (CR-2010) y su actualización.
- Buenas prácticas de la ingeniería de carreteras.



6. ANTECEDENTES

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, se emitieron varios oficios y notas informe. En la Tabla 1, se muestran los oficios y las notas informe que han sido enviados durante la ejecución de la auditoría.

Tabla 2. Resumen de correspondencia enviada y recibida del proyecto Taras-La Lima

Oficio enviado por LanammeUCR	Fecha	Asunto	Respuesta del PIT-MOPT
LM-AT-74-18	17/05/2018	Solicitud de información de los proyectos Taras-La Lima y Limonal-Cañas	DM-2018-1904
LM-IC-D-0577-19	29/07/2019	Solicitud de actualización de información sobre proyectos del PIT-MOPT	DM-2019-3107
LM-IC-D-0465-2020	19/06/2020	Convocatoria a reunión inicio de auditoría del proyecto Taras-La Lima	DM-2020-2464
LM-IC-D-0663-2020	10/08/2020	Observaciones y consultas sobre el estudio de hidrología y drenaje del proyecto Taras-La Lima	DM-2020-3831
LM-IC-D-0977-2020	09/11/2020	Solicitud de actualización de información	DM-2020-4440
LM-IC-D-0028-2021	12/01/2021	Solicitud de actualización de información	DM-2020-2076
LM-IC-D-0163-2021	23/02/2021	Construcción de alcantarilla en el proyecto Taras- La Lima	DM-2021-2175
LM-IC-D-0147-2021	26/02/2021	Observaciones a los estudios geológicos y geotécnicos del proyecto Taras-La Lima	DM-2021-2459
LM-IC-D-0169-2021	01/03/2021	Respuesta al oficio DM-2020-3831 sobre los estudios hidrológicos e hidráulicos Taras-La Lima	DM-2021-2460
LM-IC-D-0218-2021	05/03/2021	Seguimiento en temas de seguridad vial al proyecto Tramo Taras-La Lima	DM-2021-2439
LM-EIC-D-0365-2021	05/05/2021	Solicitud de actualización de información	DM-2021-2573
LM-EIC-D-0405-2021	17/05/2021	Respuesta al oficio DM-2021-2459 sobre los estudios geológicos y geotécnicos de Taras-La Lima.	DM-2021-2595
LM-EIC-D-0464-2021	01/06/2021	Seguimiento en temas de seguridad vial al proyecto Tramo Taras-La Lima	DM-2021-3335
LM-EIC-D-0532-2021	28/06/2021	Muestreo de tubo de concreto reforzado	Correo electrónico
LM-EIC-D-0568-2021	08/07/2021	Revisión del diseño de mezcla de concreto para el proyecto Taras-La Lima	DM-2021-3526
LM-EIC-D-0673-2021	13/08/2021	Construcción de alcantarillado pluvial en el proyecto Taras-La Lima	DM-2021-3527
LM-EIC-D-0779-2021	07/09/2021	Consultas sobre el avance físico del proyecto Taras-La Lima	DM-2021-4934
LM-EIC-D-0793-2021	08/09/2021	Seguimiento en temas de seguridad vial al proyecto Tramo Taras-La Lima	-
EIC-Lanamme-864-2021	06/10/2021	Remisión del informe de Ensayo EIC-Lanamme-INF-0024-2021. Falla de tubo de concreto (alcantarilla)	DM-2021-5056
EIC-Lanamme-913-2021	15/10/2021	Observación al diseño del pavimento	DM-2021-5057
EIC-Lanamme-1029-2021	30/11/2021	Solicitud de información, diseños geométricos del proyecto actualizados	DM-2021-6567





EIC-Lanamme-1049-2021	30/11/2021	Solicitud de criterio a Planificación Sectorial del MOPT	SPS-2022-56
EIC-Lanamme-86-2022	18/02/2022	Observaciones de la condición del alcantarillado pluvial. Visitas realizadas los días 08/12/2021 y 25/01/2022	-
EIC-Lanamme-95-2022	09/02/2022	Actualización de información general	DM-2022-0662 y DM-2022-0465
EIC-Lanamme-139-2022	22/02/2022	Solicitud de información, actualización de información de Seguridad Vial y transportes	DM-2022-0894
EIC-Lanamme-192-2022	22/02/2022	Observaciones de los estudios de tránsito y funcionales, USVT	DM-2022-1370
EIC-Lanamme-217-2022	22/03/2022	Observaciones de curado de BE-25	DM-2022-1117
EIC-Lanamme-218-2022	17/03/2022	Recordatorio EIC-Lanamme-192-2022	DM-2022-1024
EIC-Lanamme-262-2022	08/04/2022	Solicitud información de USVT	-
EIC-Lanamme-416-2022	16/05/2022	Respuesta al oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2022-003.	-
EIC-Lanamme-420-2022	17/05/2022	Seguimiento en el tema de seguridad vial al proyecto tramo Taras – La Lima, Ruta Nacional 2	DM-2022-2183
EIC-Lanamme-772-2022	05/09/2022	Solicitud de información. Contrato original del diseño del proyecto	DM-2022-2198
		Remisión de informe preliminar INF-0764-2022	Oficio 0531-2022, DM-2022-420 DM-2022-4890 Oficio 0561-2022

Nota: - No se recibe respuesta por parte de la Administración

En general, se han tratado los siguientes temas mediante la correspondencia:

- Solicitudes de información básica del proyecto incluyendo carteles de licitación, contratos, organigramas, planos e informes de diseño actualizados, entre otros.
- Solicitudes de envío periódico de información sobre órdenes de servicio, órdenes de modificación, informes mensuales de la Supervisión, estimaciones de pago, programa de trabajo, informes de control y verificación de la calidad y avance físico y financiero,
- Revisión de los estudios de hidrología y drenaje,
- Revisión de los estudios geológicos y geotécnicos,
- Verificación de la implementación del Plan de Manejo de Tránsito y otros aspectos de seguridad vial,
- Muestreo de un tubo de concreto reforzado,
- Revisión de los diseños de mezcla del concreto,
- Construcción del alcantarillado pluvial,
- Consultas sobre el avance físico del proyecto.

Es importante aclarar que algunos de estos temas serán desarrollados en informes de auditoría técnica posteriores, que se enfocará en el análisis de la calidad de los materiales utilizados en el proyecto y en las prácticas constructivas para tratar los temas por etapas constructivas.





7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción de dos intercambios a desnivel, los cuales serán construidos en las intersecciones de Taras y La Lima, así como el mejoramiento del tramo intermedio entre los intercambios, de aproximadamente 2 km de longitud, debido al alto nivel de congestión y falta de seguridad vial en el tramo.

En Taras se construirá un paso a desnivel entre las Rutas Nacionales Nos. 2 y 236.

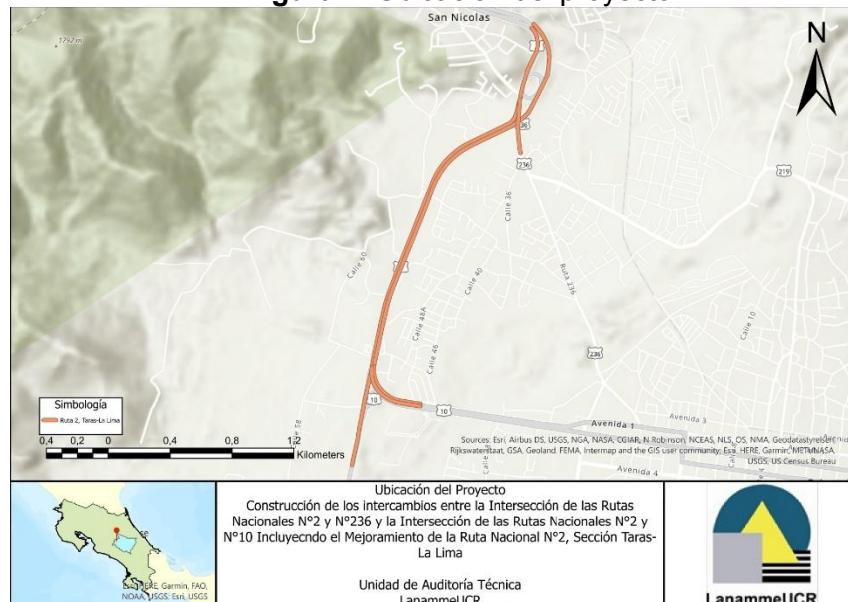
En La Lima se propone implementar los giros izquierdos por medio de rampas a desnivel, en donde el movimiento descrito como "Tejar y zona sur - San José" y "Cartago - Tejar y zona sur" se realizarían a distinto nivel.

En el tramo central del proyecto se plantea también la posibilidad de un intercambio intermedio a la altura de la Av. 23, que ayude a los movimientos de retorno y giros a izquierda en una zona ya densamente urbanizada.

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

- Reconstrucción y ampliación de calzadas existentes.
- Construcción de Paso Elevado Taras (3+3 carriles), Paso Elevado Av. 23 (3+3 carriles), Paso Elevado La Lima No. 1 (2 carriles), Paso Elevado La Lima No. 2 (2 carriles), Paso Elevado La Lima No. 3 (1 carril), Paso Inferior La Lima (2 carriles) y Pórtico La Lima No. 1 (1 carril).
- Construcción de vías marginales.
- Construcción de 2 puentes peatonales.

Figura 1. Ubicación del proyecto





8. AUDIENCIA A LA PARTE AUDITADA PARA ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSION PRELIMINAR EIC-LANAMME-INF-0764B-2022

Como parte de los procedimientos de Auditoría Técnica, mediante el oficio EIC-Lanamme-0772-2021 del 05 de septiembre del 2022, se envió el presente informe en versión preliminar, identificado como EIC-Lanamme-INF-0764-2022, a la parte auditada para su análisis y, en caso de requerirse, se procediera a esclarecer aspectos que no hayan sido considerados durante el proceso de ejecución de la auditoría; para tales efectos se otorgó un plazo de 15 días hábiles posteriores al recibo de dicho informe. Dicho plazo finalizó el 27 de septiembre de 2022, pero se extendió hasta el 13 de octubre del presente año a solicitud de la parte auditada, cuando se recibió el oficio de descargo.

El día jueves 15 de septiembre de 2022, a las 10:00am, se realizó con el auditado la presentación oral de los resultados del informe preliminar por medio de una plataforma virtual con el fin de comentar aspectos relacionados con su contenido. A esta actividad asistieron los siguientes participantes:

Mario Campos Vega	Unidad Asesora PIT y PIV-APP, MOPT
Gustavo Morera Fallas	Unidad Asesora PIT y PIV-APP, MOPT
Sebastián Morales	Unidad Ejecutora
Gerardo Acosta Herrera	Gerencia proyecto
Jose Pernos	Unidad Ejecutora
Gustavo Crosby	Supervisión
Hector Silva	Supervisión
Wendy Sequeira Rojas	Coord. Unidad de Auditoría Técnica LanammeUCR
Mauricio Picado Muñoz	Auditor técnico LanammeUCR
Francisco Fonseca Chaves	Auditor técnico LanammeUCR
Ana Elena Hidalgo Arroyo	Auditora técnica LanammeUCR
Mauricio Salas Chaves	Auditor técnico LanammeUCR
Luis Paulino Rodriguez	Auditor técnico LanammeUCR

El día 13 de octubre de 2022, se recibe el oficio DM-2022-4890 remitido por el Ing. Mario Campos Vega, Subdirector Unidad Asesora PIT y PIV-APP del MOPT, como descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0764B-2022.



Por tanto, en cumplimiento de los procedimientos de auditoría técnica, una vez analizado el documento en cuestión (ver Anexo B) y considerando la evidencia presentada, se procede a emitir el informe **EIC-Lanamme-INF-0764-2022** en su versión final para ser enviado a las instituciones que indica la Ley No. 8114 y sus reformas.

9. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

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

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

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

Por lo tanto, las recomendaciones que se derivan del análisis de los hallazgos y observaciones deben ser atendidas planteando acciones correctivas y preventivas, que prevengan el riesgo potencial de incumplimiento.



A. SOBRE LA REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA DEL PROYECTO.

Como parte del desarrollo de esta Auditoría Técnica se procedió a realizar una revisión y análisis de los estudios hidrológicos e hidráulicos de las estructuras de drenaje del proyecto. La revisión consistió en analizar los requisitos establecidos por la Administración para el estudio hidrológico y los diseños hidráulicos, verificando su cumplimiento por parte de la empresa consultora, además de verificar si los estudios hidrológicos y los diseños hidráulicos cuentan con información suficiente y clara para explicar y justificar los métodos utilizados y también determinar si los resultados obtenidos presentan fundamento técnico que los respalde.

Dicha revisión se centró en los siguientes documentos:

- DOM-DEHC y MOPT-CONAVI (abril, 2017).
- Contrato para Servicios de Consultoría, DOM-DEHC (febrero, 2018).
- Informe Final: 01- Memorias, Informe 08 – Estudio de hidrología y drenaje (R00)
- IDOM-DEHC (abril, 2018).
- Planos: 06 DRENAJE (R01) y MOPT (junio, 2019).
- Documentos de licitación PIT-99-LPI-O-2019.

Los resultados de la revisión fueron transmitidos a la Administración mediante el oficio LM-IC-D-0663-2020 del 10 de agosto de 2020. La respuesta fue recibida el 8 de octubre de 2020 mediante el oficio DM-2020-3831. Adjunto a ese oficio, se recibió el oficio 1447-2020 de la Unidad Ejecutora del Programa de Infraestructura de Transporte (Unidad Ejecutora) que hace referencia al documento “2020-09-28 RNº2 - 001 IDOM-DEHC.pdf”, documento que incluye las respuestas específicas por parte de la Unidad Ejecutora y el Consorcio diseñador a cada observación y solicitud de aclaración.

En este último documento, se indicó que los planos revisados, de abril de 2018, no corresponden a la edición final y que las versiones corresponden a los siguientes documentos, que fueron revisados por el Equipo Auditor:

- Planos A02-PLA-06-01-00-00-000-R03 y siguientes
- A02-MEM-08-R01_Estudio de Hidrología y Drenaje

Además, la Supervisión señaló que, posteriormente y con el fin de reducir al máximo las expropiaciones a realizar, se realizaron nuevos cambios a los planos de drenaje.

Considerando lo anterior, mediante el oficio LM-IC-D-0028-2021 del 12 de enero de 2021, se solicitó el envío de las versiones vigentes (a esa fecha) de los planos e informes de diseño del proyecto.

En respuesta a esa solicitud, la Administración facilitó mediante el oficio DM-2021-2076 del 27 de enero de 2021 las siguientes versiones de los planos de drenaje:



- IDOM-DEHC (mayo, 2020). Conjunto de láminas 06_DRENAJE_A02-PLA-06-04-00-00-000-R02
- IDOM-DEHC (junio, 2020). Conjunto de láminas 06_DRENAJE_A02-PLA-06-01-00-00-000-R05, 06_DRENAJE_A02-PLA-06-02-00-00-000-R05 y 06_DRENAJE_A02-PLA-06-03-00-00-000-R05.
- Además, la Administración adjuntó la siguiente versión del estudio de hidrología y drenaje:
- IDOM-DEHC (abril, 2018). Informe Final: 01- Memorias, Informe 08 – Estudio de hidrología y drenaje (R01).

Del análisis de la documentación indicada y con base a los oficios emitidos por esta Auditoría Técnica y las respuestas recibidas por parte de la Administración y la Supervisión se describen los siguientes hallazgos y observaciones sobre el tema.

HALLAZGO 1: EL ALCANCE DEL ESTUDIO SE CONSIDERA INCOMPLETO AL NO INCLUIR UN ANÁLISIS DEL RIESGO DE DESBORDAMIENTO DEL RÍO TARAS

Durante el periodo de estudio de esta Auditoría Técnica, en el año 2020, el Equipo Auditor realizó una revisión de los estudios de hidrología y drenaje del proyecto y los planos asociados a esos estudios. Los resultados de esa revisión fueron transmitidos a la Administración mediante el oficio LM-IC-D-0663-2020 del 10 de agosto de 2020.

En dicho oficio, se señaló que el informe sobre los estudios de hidrología y drenaje del proyecto (Informe 08: Estudio de Hidrología y Drenaje) no incluyó entre sus objetivos el análisis de inundación del río Taras, a pesar de la cercanía entre el río y la carretera en el tramo del río paralelo a la Ruta Nacional 2, donde el río discurre al este de la vía. Además, el Equipo Auditor señaló que el Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica de SIECA (2016) establece que en los proyectos viales se debe llevar a cabo la identificación de posibles problemas ocasionados por la presencia de áreas de inundación. El Contrato para Servicios de Consultoría (2017), en el Apartado 5. Alcance de los servicios, establecía que los estudios hidrológicos e hidráulicos necesarios para el diseño de la carretera se debían realizar de conformidad con ese manual.

La Administración brindó respuesta a esa observación el 8 de octubre de 2020 mediante el oficio DM-2020-3831, indicando que, en el estudio realizado sí se tuvieron en cuenta los posibles problemas de inundación. Se menciona que se realizó un análisis detallado de la zona de la quebrada Chumico, que es considerada como de las más problemáticas en la zona de actuación y que presenta problemas de inundación frecuentemente.

Mediante el oficio LM-IC-D-0169-2021 del 1° de marzo de 2021, el Equipo Auditor aclaró a la Administración que se está al tanto de que se analizó con detalle el problema de



inundación en la cuenca C3 Chumico, cuenca al oeste de la vía que desagua en el río Taras, y de que se propuso un nuevo sistema de tuberías pluviales para drenar la cuenca C3 Chumico y mitigar el riesgo de inundación en la zona de esa cuenca. Sin embargo, mediante este mismo oficio, el Equipo Auditor explicó que, aparte del problema de inundación provocado por la falta de capacidad del sistema existente que drena la cuenca C3 Chumico (ubicada al oeste de la Ruta Nacional 2), en el informe sobre los estudios de hidrología y drenaje presentado no se encontró un procedimiento para identificar o descartar áreas de inundación en la Ruta Nacional 2 por el desbordamiento del río Taras, río ubicado al este de la vía.

El Equipo Auditor añadió que el río Taras se ubica a menos de 100 metros de la Ruta Nacional 2 en algunos puntos y tiene antecedentes de desbordamiento en la parte baja de su cuenca. Por ejemplo, en 2007, se registró un evento de desbordamiento en La Lima. Se conoce que la inundación afectó la escuela Arturo Volio Jiménez que se ubica a 150 metros del tramo de la Ruta Nacional 2.

Además, en el informe de los estudios geotécnicos y geológicos para el proyecto (Informe Final 04-GEOTECNIA A02-MEM-04-R03), que la Administración tiene a su disposición, se muestran fotografías de la Ruta Nacional 2 inundada tras fenómenos meteorológicos ocurridos en 2017. Se indica en el informe que “al momento de las inundaciones el río Taras se encontraba lleno y al tope de su capacidad hidráulica, por lo cual, el agua que inundó la carretera formó un efecto de remanso y no pudo drenar de forma natural”. La afirmación anterior sugiere que hubo influencia del nivel del agua del río Taras en las inundaciones mencionadas y que, durante el evento, el río se encontraba cerca de una condición de desbordamiento.

En el informe de los estudios geotécnicos y geológicos para el proyecto, se agrega que: “se puede decir que el efecto combinado de las altas precipitaciones, la contaminación con basura que obstruyó las alcantarillas y el efecto del remanso de las aguas que drenan hacia el río Taras provocó la situación de inundación en este sector”. Además, el informe incluye la fotografía de la Figura 2, donde una parte del tramo de la Ruta Nacional 2 se observa inundada.

Figura 2. Inundación en la Ruta Nacional 2, sector La Lima



Fuente. Imagen tomada del Informe Final 04 – GEOTECNIA A02-MEM-04-R03.



Considerando la información presentada, que sugiere la influencia de los niveles de agua del río Taras en una inundación pasada del tramo indicado, y tomando en cuenta que no se encontró en el informe que se haya realizado un procedimiento para identificar o descartar problemas de inundación a lo largo de toda esta sección tramo (de acuerdo con el criterio del Manual de SIECA), se recomendó a la Administración realizar un estudio para determinar, con base en un modelo hidráulico, la extensión de las áreas de inundación por el río Taras en el tramo que discurre cerca de la Ruta Nacional 2, para el evento de período de retorno de 100 años, período de retorno establecido en el informe hidrológico y de drenaje del proyecto. Se recomendó, además, utilizar ese modelo hidráulico como referencia para tomar las medidas de mitigación que sean necesarias.

Mediante el oficio DM-2021-2460 del 5 de abril de 2021, la Administración respondió que *“se han planteado soluciones frente a los problemas de inundación de la infraestructura proyectada”*, sin especificar con claridad las soluciones a las que se hace referencia ni brindar respaldo técnico adicional.

A la fecha de emisión de este informe de Auditoría Técnica, no se conoce con claridad la probabilidad de que ocurran inundaciones por influencia del río Taras, durante la vida útil del proyecto, ni la magnitud de estas posibles inundaciones. No es posible verificar si la probabilidad de inundación es aceptable para una obra de la importancia de una ruta nacional, ni verificar si las medidas de mitigación o soluciones propuestas son suficientes para evitar los problemas de inundación.

Es importante recalcar que muchas de las recomendaciones incluidas en el Oficio 0561-2022 recibido por esta Auditoría Técnica a manera de descargo del informe preliminar, se salen del alcance de la obra contratada, sin embargo, algunas de ellas sí forman parte y afectan directamente el diseño y el trabajo por realizar, recomendaciones que debieron ser detectadas y atendidas en los estudios preliminares, y que en la actualidad permanece pendiente su diseño, así como definir las medidas por ejecutar. Quedaron fuera del estudio hidrológico contratado por la Unidad Supervisora, aspectos tales como los efectos de inundaciones pluviales según señala el oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-359. Entre las recomendaciones que tienen relación con el proyecto, y sin limitarse a éstas, se tuvieron las relacionadas a desfuegos en condiciones sumergidas, obras de protección para márgenes del río y las obras para alcantarilla en Paseo Metrópoli, concluyendo con esto que los estudios previos no brindaron la totalidad de la información requerida para el diseño final. Se han realizado cambios en el diseño original sin incluir un análisis que respalde su desempeño en el proyecto, entre ellos eliminar el trasvase de la quebrada Chumico, ya que no se cuenta con información de la disposición final del agua de esta cuenca, y tal y como se puntualiza dentro del Hallazgo 1, la Administración indicó mediante el oficio DM-2020-3831 que es considerada una de las más problemáticas y se inunda frecuentemente, bajo el esquema de cambios realizados, no se realizaría ninguna modificación a la condición actual, lo cual se detalla en el Anexo B, de este documento.



Por lo que es criterio del Equipo Auditor que el estudio hidrológico presenta deficiencias en cuanto al análisis de desbordamiento del río Taras y el efecto que este tendría en el desarrollo del proyecto y en la vida útil del mismo, no solamente afectando el estado del mismo sino la funcionalidad de este.

HALLAZGO 2: NO HAY EVIDENCIA DE UNA EVALUACIÓN COMPLETA DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE LA ALCANTARILLA DE PASEO METROPOLI

La Alcantarilla de Paseo Metrópoli se encuentra al norte de ese centro comercial y pasa transversalmente bajo la Ruta Nacional 10, en el proyecto Taras-La Lima. La alcantarilla consta de dos tuberías de acero corrugado.

Figura 3. Ubicación alcantarilla Paseo Metrópoli



Fuente: Gira Auditoría Técnica, 20/09/2021

En el modelo hidráulico de la alcantarilla presentado como parte del informe de hidrología y drenaje del proyecto, se identificó que las velocidades dentro de la alcantarilla podrían alcanzar los 8 m/s, sin embargo, según la sección 7.1 del SIECA, la velocidad máxima es 5 m/s. El informe (Informe 08: Estudio de Hidrología y Drenaje) indica que esas velocidades no son recomendables en una alcantarilla, sin embargo, explica que se decidió mantener la obra porque no presenta síntomas de deterioros severos.

En el oficio LM-IC-D-0663-2020 del 10 de agosto del 2020, el Equipo Auditor señaló que, de acuerdo con su criterio, la decisión no está debidamente justificada desde el punto de vista técnico porque no se conocen las velocidades que la alcantarilla ha experimentado hasta la fecha y, por tanto, es una posibilidad que no haya experimentado aún velocidades en la magnitud y frecuencia que producen daño por abrasión. Adicionalmente, no hay





registro de que se haya aplicado alguna metodología para estimar el nivel de abrasión potencial en la alcantarilla en lo que resta de su vida útil, y por último no hay reporte de variables como el espesor de pared de la tubería, cuya característica es uno de los factores determinantes de la vida útil de las tuberías de acero corrugado.

Al respecto, el Equipo Auditor recomendó un estudio para determinar el nivel de abrasión potencial dentro de la alcantarilla, para lo que resta de su vida de servicio. En el mismo oficio, el Equipo Auditor señaló que la decisión de mantener en su estado actual, reparar o sustituir una alcantarilla, debe estar ligada a una evaluación de su capacidad estructural, la cual no se realizó, de acuerdo con el informe de hidrología y drenaje del proyecto.

Mediante el oficio DM-2020-3831 del 08 de octubre del 2020, la Administración respondió que, con base en la inspección realizada por el Consultor y en los cálculos hidráulicos, se decidió mantener la estructura existente. No obstante, la Administración no aportó respaldo técnico adicional como reportes de inspección, metodología o memorias de cálculo para que el Equipo Auditor pueda verificar las condiciones y los criterios que llevaron a tomar esta decisión. La Administración tampoco aportó información adicional sobre la abrasión potencial en la alcantarilla u otros posibles efectos debido a las altas velocidades esperadas.

A la fecha, no se cuenta con documentación sobre la metodología y resultados de la evaluación de la capacidad estructural de la alcantarilla, a pesar de que el Contrato de Servicios de Consultoría indicaba, respecto del diseño de las estructuras de drenaje, que además de considerar las estructuras nuevas, se debía realizar una inspección y mejorar las estructuras existentes.

Debido a la importancia de la alcantarilla, tanto por su función de conducir las aguas del río Taras bajo la Ruta Nacional 10 como por los graves efectos que su colapso podría tener en la operación de la carretera, el Equipo Auditor recabó información adicional sobre los antecedentes de la alcantarilla. La información recopilada fue comunicada a la Administración mediante el oficio LM-IC-D-0169-2021 del 1° de marzo de 2021. Se pudo constatar que, en febrero de 2016, se colocaron losas de concreto en el tramo de la Ruta Nacional 10 que pasa sobre la alcantarilla de Paseo Metrópoli.

Durante una visita de la Unidad de Auditoría Técnica de LanammeUCR al sitio en 2016, tras la colocación de las losas, se evidenció una deformación en la estructura de pavimento producto de un posible hundimiento que coincidía en ubicación con el paso de la alcantarilla bajo la ruta. Lo anterior se comunicó a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI mediante el oficio LM-AT-047-16 del 9 de marzo de 2016. Cabe anotar que el hundimiento mencionado aún es perceptible en el sitio y que en los informes del proyecto Taras-La Lima no se encontró referencia a ese hundimiento.

La Gerencia de Conservación de Vías y Puentes respondió al oficio LM-AT-047-16 mediante el oficio GCSV-09-2016-0969, del 28 de marzo de 2016, indicando que el





hundimiento fue provocado en apariencia por “la pérdida de finos del relleno de dos alcantarillas de acero corrugado” (la alcantarilla Paseo Metrópoli consiste en dos tuberías de acero corrugado). Se explicó que la Ingeniería de Proyecto había detectado la situación en 2015, momento en el cual se realizó mantenimiento preventivo para evitar el colapso de la estructura. Además, se indicó que se había solicitado a la Gerencia de Contrataciones de Vías y Puentes de CONAVI una inspección detallada de las tuberías para determinar si contaban con la capacidad hidráulica y estructural, lo anterior para realizar el adecuado mantenimiento de estas o para solicitar su cambio.

En los párrafos anteriores, se observa que la condición estructural de la alcantarilla de Paseo Metrópoli ha sido tema de análisis por parte de CONAVI al menos desde 2015. Además, llama la atención del Equipo Auditor que el CONAVI sugiriera la posibilidad de que la deformación del pavimento (hundimiento) haya sido causada por pérdida de finos del relleno sobre la alcantarilla. La pérdida de finos podría deberse al flujo de agua con finos a través de orificios en las tuberías de acero corrugado o espacios en sus juntas, producto de deterioros.

Tomando en consideración la información disponible, que sugiere una posible relación entre un hundimiento en el pavimento y la condición de la alcantarilla de Paseo Metrópoli. Mediante el oficio LM-IC-D-0169-2021 del 01 de marzo del 2021 se consultó a la Administración los trabajos de mantenimiento preventivo realizados por CONAVI en 2015 y cuál es la vida útil de esos trabajos y los resultados y recomendaciones de la inspección de la alcantarilla por parte de la Gerencia de Contrataciones de Vías y Puentes de CONAVI.

En el mismo oficio, se indicó a la Administración que, si se han emitido recomendaciones de mantenimiento y reparación de la alcantarilla por parte de la Gerencia de Contrataciones de Vías y Puentes de CONAVI, lo más recomendable es que se ejecuten las medidas antes de construir las obras proyectadas en ese tramo del proyecto, esto para disminuir el riesgo de afectar a la estructura nueva de pavimento, ya sea porque se siga presentando el hundimiento de las capas inferiores o por labores de reparación posteriores.

En el oficio DM-2021-2460 del 05 de abril del 2021, la Administración no brindó respuesta específica a las observaciones, ni a las interrogantes. Únicamente indicó que mantenía lo manifestado en el oficio DM-2020-3831 del 08 de octubre del 2020.

Es criterio del Equipo Auditor que a la fecha de emisión de este documento no se cuenta con respaldo técnico claramente documentado de la capacidad estructural de la alcantarilla. Además, a la fecha, no está claro si la Administración ha tomado en cuenta los trabajos previos de mantenimiento y evaluaciones anteriores de CONAVI como insumo para determinar la condición de la alcantarilla.



OBSERVACIÓN 1: NO HAY EVIDENCIA DE UN PROCEDIMIENTO FORMAL DE DISEÑO DEL CUENCO DISIPADOR DE ENERGÍA DE LA ALCANTARILLA DE PASEO METROPOLI.

Como parte de la revisión realizada a los estudios hidrológicos e hidráulicos objeto de esta Auditoría Técnica, el Equipo Auditor comunicó mediante el oficio LM-IC-D-0663-2020 del 10 de agosto del 2020, a la Administración, que no hay claridad en la metodología utilizada para el diseño del cuenco disipador de energía a la salida de la Alcantarilla de Paseo Metrópoli, ni los valores de los parámetros del diseño de ese cuenco, que se describe en el informe (Informe 08 – Estudios de hidrología y drenaje) en la sección 3.4. Drenaje transversal mayor del proyecto en mención.

En general, los cuencos disipadores de energía se diseñan y construyen para reducir las velocidades y, por consiguiente, disminuir la energía del flujo que sale de las alcantarillas, para evitar la erosión del fondo del cauce. En general, la erosión del fondo del cauce cerca de las alcantarillas puede aumentar el riesgo de inestabilidad de: los taludes de las márgenes, los taludes del relleno de la carretera y las estructuras de las alcantarillas.

El cuenco disipador a la salida de la alcantarilla de Paseo Metrópoli es una obra de particular importancia en vista de los problemas de erosión severa aguas abajo de la alcantarilla, ocasionados en parte por las altas velocidades del flujo. Los problemas de erosión fueron identificados en el informe de hidrología y drenaje del proyecto.

Ante la falta de información sobre el cuenco disipador, el Equipo Auditor comunicó a la Administración que no fue posible emitir criterio sobre las dimensiones seleccionadas para el cuenco, ni verificar su suficiencia para solucionar el problema de erosión.

Mediante el oficio DM-2020-3831 del 08 de octubre del 2020, la Administración indicó que, por las condiciones topográficas de desnivel, alineamiento y afectación a propiedades del sitio no fue posible implementar una solución convencional. La Administración agregó que el río en general presenta cierta inestabilidad y es de esperar que el proceso erosivo continúe. Además, la Administración indicó que la obra necesaria para la disipación de energía implicaría expropiaciones y obras importantes que incrementarían los costos y plazos esperados de la obra y que, al ser una condición existente, y considerando que los Términos de Referencia indican que se deben aprovechar al máximo las estructuras existentes, se plantea la protección en función de mejorar dicha condición.

En el oficio LM-IC-D-0169-2021 del 01 de marzo del 2021, el Equipo Auditor expresó que no está claro en los informes, cómo la posible afectación a propiedades vecinas ha influenciado el diseño del cuenco disipador y limitado sus dimensiones. Por tanto, se solicitó explicar con mayor detalle la ubicación de esas propiedades y de qué manera limitaron o afectaron el diseño. Sin embargo, a la fecha no se ha obtenido respuesta.

En lo que respecta al comportamiento hidráulico del cuenco propuesto, en ese mismo oficio, el Equipo Auditor reiteró que no se encontraron resultados de las condiciones hidráulicas



estimadas en el cuenco para valorar su efectividad y que la información presentada no es suficiente para verificar en qué medida la protección propuesta será efectiva para mitigar la erosión, para garantizar la integridad y estabilidad de la alcantarilla y de los terrenos aledaños.

Por lo que es criterio del Equipo Auditor que esta información es necesaria para poder realizar un diseño adecuado del cuenco dissipador de energía de la alcantarilla de Paseo Metrópoli.

OBSERVACIÓN 2: SE EVIDENCIARON DEBILIDADES EN EL ESTUDIO HIDROLÓGICO, EL ANÁLISIS Y LOS DISEÑOS HIDRÁULICOS DEL PROYECTO.

Tal y como se indicó al inicio de esta sección del informe de Auditoría Técnica, se procedió a realizar una revisión y análisis de los estudios hidrológicos e hidráulicos de las estructuras de drenaje del proyecto. De este análisis se reportaron en el oficio LM-IC-D-0663-2020 del 10 de agosto de 2020, algunas deficiencias y observaciones las cuales se indican a continuación:

No se encontró evidencia en el Informe presentado por la Administración que fundamente el uso de la ecuación de Kirpich ni referencia al respecto, para estimar el tiempo de concentración.

Mediante el oficio LM-IC-D-0663-2020 se comunicó a la Administración sobre la ausencia de fundamentación para la estimación el tiempo de concentración; específicamente en el informe se indica que *“la ecuación de Kirpich ha mostrado valores razonables de tiempo de concentración para cuencas pequeñas con pendientes relativamente altas, además con base en calibraciones realizadas a partir de modelos de elevación digital de las cuencas se ha determinado que es la más adecuada”*. No fue posible evidenciar en el informe la fuente de esa afirmación y a la fecha, no se conoce un estudio que muestre la validez de la ecuación de Kirpich para Costa Rica.

La ecuación de Kirpich es una ecuación empírica, y es criterio de esta Auditoría Técnica que no es la ecuación más recomendable ya que, de acuerdo con Li y Chibber (2008), la ecuación fue derivada para pequeñas parcelas de uso agrícola, con áreas entre 0,40 ha (0,004 km²) y 45,3 ha (0,453 km²). Las áreas de las cuencas C1-Taras (8,87 km²) y C2-Arriaz (7,07 km²) exceden ampliamente el área de las cuencas analizadas por Kirpich (1940). Además, el uso de la tierra de las cuencas C1-Taras y C2-Arriaz no es exclusivamente agrícola. Considerando lo anterior, los resultados obtenidos mediante esta ecuación no necesariamente son representativos de las cuencas en estudio.

Ante esta observación, la Unidad Ejecutora responde en el oficio 1447-2020, que: *Las fórmulas de tiempo de concentración son muy variables y a nivel de Costa Rica hay muy*



pocos estudios para la validez de las diferentes metodologías. De igual manera la fórmula de Kirpich-Ramser tiene amplia aceptación técnica en el ámbito nacional y se incluye como primera opción en el Manual centroamericano de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas del SIECA (pág. 83, 2016).

Es criterio de esta Auditoría Técnica que la Administración no aporta la fuente o justificación de la afirmación extraída del informe (p. 14), que señala que la ecuación de Kirpich sea la más recomendable en este caso. En cuanto a la ecuación de Kirpich-Ramser (o Kirpich, según se nombra en el informe), el Manual centroamericano de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas de SIECA (2016) indica que la fórmula de Kirpich-Ramser es comúnmente utilizada para calcular el tiempo de concentración (SIECA, 2016, p.83). No obstante, el manual añade que: “En caso de no contar con una expresión desarrollada localmente se puede adoptar alguna desarrollada en otro lugar, *teniendo en cuenta las condiciones en las que fue desarrollada y que mejor aplique al contexto del proyecto*” (SIECA, 2016, p. 83).

Se recomienda a la Administración que para futuros estudios se realice un análisis de la aplicabilidad de otras fórmulas, como las que se muestran en la Tabla 4-9 del manual de SIECA (2016) o la fórmula de “Basso y colaboradores” (ecuación 4-69 del manual), derivada de la fórmula de Kirpich y originada durante la realización del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (1967-1972).

Se evidenciaron oportunidades de mejora en cuanto a la estimación de la precipitación máxima y el cálculo hidrológico con respecto a los resultados presentados.

El estudio hidrológico presentado por la Administración refleja una búsqueda exhaustiva de información meteorológica, lo cual es favorable. Se utilizó información de series de datos anuales de precipitación máxima en 24 horas para diferentes estaciones en un radio aproximado de 10 km alrededor de la cuenca. Se consideraron cinco estaciones con períodos de registro largos, con 40 o más datos (Rancho Redondo, Hacienda Concepción, Avance de Tres Ríos, Recope Ochomogo y Sanatorio Durán). Entre ellas, la estación de RECOPE Ochomogo se encuentra dentro de la cuenca y tiene 49 datos, lo cual es positivo. Sin embargo, se utilizó también la información de cinco estaciones con período de registro relativamente corto, que de acuerdo con UCAR (2010), si es posible, lo mejor es evitar la extrapolación a períodos de retorno mayores que el doble de la longitud del registro. La extrapolación a períodos de retorno altos para las estaciones de Las Nubes (20 datos), Comandancia de Cartago (18 datos), Coop. Tierra Blanca (14 datos), ITCR Cartago (19 datos) y Finca 3 Llano Grande (9 datos) genera una alta incertidumbre. La interpolación espacial presentada en el Anexo I. Hidrología arrastra la alta incertidumbre de las extrapolaciones realizadas con los registros de estas estaciones de registro corto.



El informe indica que: *“para el caso del análisis para altos períodos de retorno, se tiene una gran incertidumbre debido a la extensión relativamente baja del registro en algunas de las estaciones”*. Es criterio de esta Auditoría Técnica que no se tiene la certeza requerida para llevar a cabo el análisis y diseño hidráulico para períodos de retorno altos. A pesar de esto, no se menciona que se tome ninguna consideración especial en el análisis y diseño hidráulico en respuesta a la alta incertidumbre del cálculo hidrológico.

Por lo que el Equipo Auditor recomendó que se caracterice la incertidumbre del cálculo para periodos de retorno altos, además de interpretar los límites superior e inferior del intervalo al 95% de confianza, asociados a la función de distribución acumulada $F(x)$ seleccionada.

La Unidad Ejecutora responde a esta observación en el oficio 1447-2020 del 07 de octubre del 2020, específicamente en la Minuta 2020-09-28 RN°2 - 001 IDOM-DEHC, que: *...” para cada una de las estaciones previamente mencionadas se realizó un análisis de frecuencias empleando el método de momentos lineales descrito en Hosking y Wallis (1997). Se emplea este método no sólo porque disminuye la sensibilidad del modelo a valores inusualmente dispares a la tendencia, sino también porque permite calcular de forma directa los parámetros necesarios para ajustar la distribución generalizada de valor extremo (GEV por sus siglas en inglés). El uso de dicha distribución está fundamentado en la tendencia a ajustarse mejor a los datos gracias a su parámetro adicional a lo que ofrece distribución Gumbel, sin que por dicha flexibilidad se pierda robustez estadística en la estimación de precipitaciones cuyo período de retorno se encuentre más allá del período de medición. Para comprobar que dicha distribución se ajusta a los datos obtenidos en la estación particular, se empleó la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnof (sic) para un nivel de significancia $\alpha=0.05$. El nivel de significancia está relacionado estadísticamente con el nivel de confianza de la función; por lo que no se considera necesaria la recomendación señalada.”*

Es criterio de este Equipo Auditor que en la respuesta recibida no se comenta sobre el uso de registros relativamente cortos de las cinco estaciones con 20 o menos datos anuales de precipitación máxima en 24 horas (Las Nubes, Comandancia de Cartago, Coop. Tierra Blanca, ITCR Cartago y Finca 3 Llano Grande). Por lo que se reitera el criterio que, de acuerdo con el mismo informe y como se cita en esta observación, se tiene una alta incertidumbre en la estimación de la precipitación máxima para períodos de retorno altos en las estaciones mencionadas. A pesar de esto, no se evidencia en el informe presentado por la Administración o la Unidad Ejecutora ni en la respuesta recibida en el oficio 1447-2020 del 07 de octubre del 2020, que se haya tomado ninguna consideración o medida especial en el análisis y diseño hidráulico en respuesta a la incertidumbre del cálculo hidrológico.

Cabe aclarar que la observación de LM-IC-D-0663-2020 se refiere a la incertidumbre por los datos utilizados, no por el método de extrapolación. El método de momentos lineales de Hosking y Wallis (1987) para estimar la función de distribución acumulada de cada estación



es el adecuado, a criterio de esta Auditoría. También es aceptada la selección de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov para verificar que los datos medidos se ajustan a la función de distribución calculada. Sin embargo, para caracterizar la incertidumbre de la extrapolación y estimar el rango de valores más probables que pueden tomar los datos extrapolados, se reitera la recomendación de indicar e interpretar los límites superior e inferior del intervalo al 95% de confianza, asociados a la función de distribución acumulada seleccionada.

Se evidenciaron oportunidades de mejora en la información solicitada en los Términos de Referencia de los Contratos para Servicios de Consultoría para los estudios hidrológicos e hidráulicos de las obras de drenaje.

Como parte de las oportunidades de mejora en la información solicitada en los Términos de Referencia de los Contratos para Servicios de Consultoría para los estudios hidrológicos e hidráulicos de las obras de drenaje, se comunicó en el oficio LM-IC-D-0663-2020 que el diámetro mínimo de la tubería del sistema pluvial se toma como 600 mm. No obstante, el Contrato para servicios de consultoría (MOPT-CONAVI e IDOM-DEHC, 2017) establece un diámetro mínimo de 900 mm para las tuberías pluviales.

En respuesta a esta observación, en el oficio 1447-2020 se menciona que: *“Como se indica en Tabla 17 los diámetros de 600 mm son mayoritariamente utilizados como diámetros mínimos para el diseño del drenaje longitudinal y se colocan en las marginales del proyecto. Tal como se indica en Manual centroamericano de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas del SIECA (pág. 189, 2016), específicamente para Costa Rica el diámetro mínimo de 600 mm aplica entre pozos y tragantes cuando las entradas son por medio de tragantes, tal como es el caso.”*

Por lo que se evidencia que la Administración admite dos criterios distintos para definir el diámetro mínimo de las tuberías pluviales en este proyecto. Por un lado, se indica en el Contrato para servicios de consultoría (MOPT-CONAVI e IDOM-DEHC, 2017) que se deben realizar los estudios hidrológicos e hidráulicos de conformidad con el Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica de SIECA (2016). Como se indica en la respuesta, SIECA (2016) señala que:

El diámetro mínimo para tuberías entre pozos de registro o cabezales, así como en pasos bajo la carretera, será de 80 cm. Entre tragantes y pozos, esta podrá ser de 60 cm de diámetro. Para sistemas de alcantarillado pluvial donde todas las entradas de agua sean mediante tragantes con rejillas o varillas separadas 10 cm entre sí, se podrán utilizar tuberías de 60 cm de diámetro incluso entre pozos, siempre que su capacidad lo permita. (p. 190).



Por otro lado, en el apartado 6. Condiciones Técnicas Generales de la sección 7. Términos de Referencia del Contrato para servicios de consultoría antes citado, se establece que *“para efectos de conservación vial de las estructuras de drenaje, el diámetro mínimo de las tuberías pluviales debe ser de 0.90 metros”* (MOPT-CONAVI e IDOM-DEHC, 2017, p. 71).

Considerando lo anterior, es criterio del Equipo Auditor sugerir a la Administración que se establezca un criterio único para definir el diámetro mínimo de las tuberías pluviales, para futuros proyectos.

Dentro de este mismo aspecto, en el oficio LM-IC-D-0663-2020 se indicó que no se encontraron las condiciones de frontera de salida del modelo hidráulico del río Taras y la alcantarilla Paseo Metrópoli, se mencionaron las opciones, pero no se especificaron las condiciones seleccionadas. Las condiciones de frontera de un modelo hidráulico determinan su solución y deben reportarse para poder verificar los resultados obtenidos.

Como respuesta, la Unidad Ejecutora (oficio 1447-2020) indicó que *“...En los términos de referencia del contrato no se indica que el Consultor deba reportar las condiciones de frontera del modelo. No obstante, si se continúa con la petición por parte de la Administración Contratante, será proporcionado dicho modelo. Adicionalmente, con base en el análisis hidráulico y la visita a sitio se determinó que la alcantarilla se encuentra en buen estado y tiene capacidad hidráulica, de igual manera si se aprecian velocidades importantes y una erosión importante a la salida, por las condiciones topográficas y para no afectar las propiedades vecinas se planteó una protección, pero la misma no obedece a un diseño formal sino una adecuación a las condiciones existentes.”*

En lo que respecta a la observación del oficio LM-IC-D-0663-2020, se indica que uno de los objetivos de la Auditoría Técnica es determinar si los resultados obtenidos tienen fundamento técnico que los respalde. Como se mencionó, las condiciones de frontera de un modelo hidráulico son determinantes para su solución. Por tanto, es criterio de esta Auditoría Técnica que para verificar los resultados presentados en el informe del modelo hidráulico del río Taras y la alcantarilla Paseo Metrópoli (elaborado con el programa Iber) es importante conocer cuáles condiciones de frontera se especificaron tanto, aguas abajo como aguas arriba en el modelo.

Además, esta Auditoría Técnica considera que es recomendable que la Administración considere incluir en los Términos de Referencia de futuros proyectos, describir y justificar las condiciones iniciales y las de frontera (aguas arriba y aguas abajo) utilizadas en modelos hidráulicos de ríos y sistemas de drenaje de aguas pluviales.

En el informe no se encontró evidencia del parámetro básico de coeficiente de escorrentía, necesario para el modelado hidrológico, y se asocia de manera poco clara con el parámetro llamado número de curva.



En la información analizada en esta Auditoría Técnica, no se encontró evidencia del coeficiente de escorrentía utilizado para las cuencas donde se aplicó el método racional.

Al realizar la consulta a la Administración, la respuesta Unidad Ejecutora descrita en el oficio 1447-2020, menciona que: *La tabla 16 muestra un resumen del análisis hidrológico de las subcuencas del río Taras, mostrando el caudal de cada una de ellas. Los coeficientes de escorrentía se estiman con base en la ponderación de número de curva mostrados en la tabla 9.*

Según lo indicado por la Unidad Ejecutora se está realizando una ponderación de número de curva para obtener el coeficiente de escorrentía lo cual parece ser una inconsistencia. Cabe recordar que CN y C son parámetros distintos. El coeficiente C (valor entre 0 y 1) es la razón entre la máxima escorrentía y la precipitación media durante el tiempo de concentración. Por otro lado, el número de curva CN (valor entre 30 y 100) es un parámetro de ajuste utilizado para estimar la máxima retención potencial S y las abstracciones iniciales de acuerdo con el modelo del número de curva de SCS.

A criterio de esta Auditoría Técnica es importante que se aclare en el informe, cómo se determinaron los coeficientes de escorrentía con base en la ponderación del número de curva CN y cuáles fueron los valores obtenidos para los coeficientes de escorrentía C de las cuencas donde se utilizó el método racional.



B. SOBRE LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS DEL PROYECTO

Con el apoyo del Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR, se procedió a revisar la calidad del estudio de suelos y diseños geotécnicos desarrollados para el proyecto. La revisión del PIG se centró en los siguientes documentos:

- A02-MEM-04-R02_Geotecnia
- Anexo I. Registros de sondeos
- Anexo II. Medidas del nivel piezométrico
- Anexo III. Registros de sondeos cortos de vía
- Anexo IV. Registros de penetraciones dinámicas
- Anexo V. Informe investigación geofísica
- Anexo VI. Protocolos de ensayos de laboratorio
- Anexo VII. Fichas inventario observación geológica
- Anexo VIII. Fichas del inventario de taludes
- Anexo IX. Fichas de tajos para materiales
- Anexo X. Cálculos de geotecnia de estructuras
- Plano N° 1 Planta geológica general
- Plano N°2 Planta geológica prospecciones
- Plano N°3 Planta y perfiles geológicos - geotécnicos

Mediante el oficio LM-IC-D-0147-2021 del 26 de febrero de 2021, el Equipo Auditor comunicó a la Administración las observaciones y consultas sobre los estudios geológicos y geotécnicos del proyecto, tras la revisión realizada por el Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR.

La Administración brindó respuesta a las observaciones emitidas mediante el oficio DM-2021-2459 del día 5 de abril de 2021. Posteriormente por medio del oficio LM-EIC-PIG-0006-2021 del 14 de abril de 2021, el PIG transmitió el análisis de dicha respuesta al Equipo Auditor. Los comentarios de ese análisis fueron transmitidos a la Administración mediante el oficio LM-EIC-D-0405-2021 del 17 de mayo de 2021.

El informe de revisión LM-IG-12-2020, elaborado por el PIG, indica que, en general, los informes cuentan con la información geológica y geotécnica requerida para realizar un adecuado diseño de las estructuras. Se concluyó que el informe proporcionado por la Administración es claro en las explicaciones de las metodologías empleadas y los análisis. Adicionalmente, se realizaron análisis con mayor profundidad que en estudios de suelos de otros proyectos auditados por el LanammeUCR.

Aun así, a continuación, se detallan algunas observaciones que se considera relevante que la Administración tome en cuenta para futuros proyectos.



HALLAZGO 3: DOS DE LOS LABORATORIOS QUE PROVEEN SERVICIOS EN EL PROYECTO NO CONTABAN CON ACREDITACIÓN CON LA NORMA INTE-ISO/IEC 17025 EN EL AÑO EN QUE REALIZARON ENSAYOS INCLUIDOS EN EL INFORME.

Una de las principales observaciones comunicadas en el oficio LM-IC-D-0147-2021, fue que se identificó que dos laboratorios que ejecutaron ensayos como parte de los estudios geotécnicos, no contaban con acreditación con la norma INTE-ISO/IEC 17025 (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración) en el año que realizaron los ensayos. Cabe mencionar que para realizar ensayos que estén relacionados con proyectos del Estado costarricense, los laboratorios deben poseer ensayos acreditados. Por tanto, se extendió la recomendación a la Administración de que se verifique que los laboratorios utilizados para realizar ensayos cuenten con las acreditaciones correspondientes.

La Administración respondió al oficio LM-IC-D-0147-2021 mediante el oficio DM-2021-2459 del 5 de abril de 2021, justificando que la contratación de un laboratorio que no cuenta con Alcance de Acreditación para la Norma ISO 22475, se dio porque “... fue el único laboratorio que poseía en el país una metodología de exploración que cumplía con la Norma ASTM D1586 para el caso propio del SPT, asegurando una recuperación continua del material (100% de recuperación que se muestra en los reportes y fotografías de Cajas) y toma de muestras inalteradas sistemáticas a lo largo de toda la perforación hasta la profundidad total solicitada”... y recalca ...“ este criterio fue determinante para asegurar una caracterización físico – mecánica y química completa de todo el perfil geotécnico explorado, que requería el equipo de diseño del proyecto...”

Es criterio del Equipo Auditor que la justificación brindada no se considera válida ya que la Ley 8279 “Sistema nacional para la calidad”, en su Artículo 34, indica que: “Todas las instituciones públicas que, para el cumplimiento de sus funciones, requieren servicios de laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, entes de inspección y entes de certificación, deberán utilizar los acreditados o reconocidos por acuerdos de reconocimiento mutuo entre el ECA y las entidades internacionales equivalentes”.

En este caso en específico, se entiende en que se requería realizar la exploración siguiendo los lineamientos de la norma ISO 22475, pero al final el ensayo utilizado para la exploración fue el ensayo de SPT correspondiente a la norma ASTM D1586, el cual se encontraba acreditado por otros laboratorios desde años anteriores a la fecha en que se realizó el estudio de suelos de este proyecto.

Por tanto, se reitera que, en lo sucesivo, se deben considerar los laboratorios que cuenten con la acreditación con la norma INTE-ISO/IEC 17025. Esto fue notificado a la Administración mediante oficio LM-EIC-D-0405-2021 del 17 de mayo de 2021.



OBSERVACIÓN 3. LA MEMORIA DE CÁLCULO DEL DISEÑO OPTIMIZADO DE LAS CIMENTACIONES EN PILOTES ESTÁ INCOMPLETA.

Para los sectores de Taras, Avenida 23 y La Lima, el consorcio IDOM-DEHC indica que se ha supuesto la cimentación sobre pilotes de 0,65, 0,90 y 1,18 m de diámetro, con profundidades que dependen de la existencia de una capa competente definidas en el modelo geotécnico. Sin embargo, en el apartado 10.6, 10.7 y el Anexo X, solo se observan los resultados del diseño de pilotes contemplando el diámetro de 1,18 m. De acuerdo con el PIG en su informe LM-IG-12-2020, los resultados de las capacidades de soporte para el diámetro de 1,18 m se consideran adecuados, pero no es posible comparar los resultados con los obtenidos para los otros diámetros de los pilotes sugeridos, esto fue comunicado a la Administración en el oficio LM-IC-D-0147-2021.

La Administración respondió mediante el documento DM-2021-2459 del 05 de abril del 2021, donde indicó que se incluyeron los resultados correspondientes al diámetro de 1,18 m, elegido para el diseño de la cimentación. Además, tanto en los apartados 10.6 y 10.7, como en el Anexo X, se incluye una tabla con el análisis detallado de las resistencias unitarias por punta y fuste, en función de la profundidad, para cada columna estratigráfica considerada. De acuerdo con la Administración, con dichas resistencias unitarias, se puede comprobar las resistencias de los pilotes en función de la profundidad, para cualquier diámetro de pilote. Es criterio de este Equipo Auditor que, aunque sea posible calcular y comprobar estos datos como lo menciona la Administración en dicho oficio, es responsabilidad del diseñador realizar y presentar el cálculo y presentar un documento completo y claro, con el objetivo de asegurar que no haya problemas de interpretación de los resultados. Adicionalmente, con los resultados presentados en el informe no fue posible verificar de manera directa que se trata de un diseño optimizado.

Por lo que es criterio de esta Auditoría Técnica que la memoria de cálculo del diseño optimizado de las cimentaciones en pilotes está incompleta y es recomendable que los documentos técnicos que soporten los diseños del proyecto sean lo más claros y explícitos posible.



C. SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO Y OTROS ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL

Como parte importante del desarrollo de esta Auditoría Técnica en coordinación con la Unidad de Seguridad Vial y Transportes del LanammeUCR (USVT), se realizaron durante el periodo de esta Auditoría Técnica varias visitas al proyecto, los días 16 de febrero, 13 de abril y 10 de agosto del 2021, con el objetivo principal de evaluar los aspectos vinculados con la seguridad vial del proyecto considerando que es de vital importancia que se incorporen apropiadamente a todos los usuarios de la carretera, se diseñen las vías según la normativa y buenas prácticas internacionales y se considere la seguridad vial en todas las etapas de los proyectos: anteproyecto, diseño, construcción y puesta en servicio.

De la visita realizada en febrero del 2021, la USVT generó el oficio LM-IC-D-0218-2021 de 05 de marzo del 2021, donde resumen las principales observaciones realizadas durante la visita en relación con el plan de manejo del tránsito. Posteriormente, y a manera de seguimiento se emiten los oficios LM-EIC-D-0464-2021 del 01 de junio y LM-EIC-D-0793-2021 del 08 de septiembre del 2021, correspondientes a las otras dos visitas al proyecto.

A raíz de estas visitas se generaron diferentes documentos, como oficios e informes que fueron comunicados a la Administración de forma oportuna, tal y como se resumen en la Tabla 2 la correspondencia del proyecto, en dichos documentos se analizó la siguiente información:

- A02-MEM-16-R01_Plan de Manejo de Tránsito, Informe 16 – Plan de Manejo de Tránsito y Anexos, febrero 2018
- A02-MEM-17-R00_Auditoría Seguridad Vial Informe 17 – Auditoría de Seguridad Vial y Anexos, febrero 2018
- A02-MEM-10-R02_Seguridad Vial y Equipamiento y Anexos. Informe 10 – Seguridad Vial y Equipamiento, febrero 2018
- Informes de Auditorías de Seguridad Vial, del Consultor Vial Ing. Hernán Otoniel, año 2017.
- A02-MEM-06-R01_Diseño Geométrico. INFORME 06 – Diseño Geométrico, febrero 2018. Donde se incluía Planos, Diseño Geométrico - Original IDOM DEHC, Diseño Geométrico - IDV Paso elevado Av 23



HALLAZGO 4. SE EVIDENCIÓ EN EL PROYECTO INCUMPLIMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS APROBADOS EN EL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO APROBADO Y LA IMPLEMENTACION DEL MISMO.

De acuerdo a lo observado por la Unidad de Seguridad Vial y Transportes del LanammeUCR en las visitas realizadas al proyecto durante el año 2021, se pudo evidenciar algunos incumplimientos en el Plan de Manejo del Tránsito (PMT) aprobado.

Mediante el oficio LM-IC-D-0218-2021 del 5 de marzo de 2021, la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR solicitó aclaraciones sobre varias condiciones evidenciadas durante la gira realizada al proyecto el 16 de febrero de 2021.

En dicha visita, se registraron la velocidad promedio, la velocidad percentil 85, la velocidad máxima y la velocidad mínima en un período de 20 minutos (9:30 am - 9:50 am) como muestra del comportamiento de los usuarios motorizados de la vía. Se evidenció que, para ambos sentidos de circulación, la velocidad percentil 85 rondó los 74 km/h, con un mínimo de 37 km/h y un máximo registrado de 103 km/h; velocidades que superan la velocidad reglamentaria especificada en el Plan de Manejo de Tránsito (PMT) suministrado (30 km/h).

Además, se pudo observar que las barreras de concreto estaban colocadas de forma discontinua y mezcladas con barriles plásticos y conos, incumpliendo lo indicado en el PMT, en el cual se requiere el uso de barreras de seguridad de forma continua como dispositivo de canalización.

Es de vital importancia tomar las medidas necesarias para ajustarse al PMT y al uso adecuado de los dispositivos de seguridad y canalización, y tomar las acciones correctivas necesarias.

También es criterio de esta Auditoría Técnica que, ante la situación observada, se valore si la velocidad reglamentaria es la adecuada para este proyecto y, de ser así, implementar las medidas de pacificación vial para su cumplimiento. En caso de implementar una velocidad reglamentaria superior, se deben utilizar los dispositivos de canalización que brinden mayor seguridad a los usuarios de las vías y al personal del proyecto, y realizar los ajustes formalmente al PMT, con su debida aprobación de la Dirección General de Ingeniería y Tránsito (DGIT).

En caso de utilizar barreras de concreto como dispositivos de canalización ante las altas velocidades de operación y los riesgos de caída en las excavaciones, realizar el diseño apropiado de los sistemas de contención vehicular según el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras e implementar una instalación con anclajes apropiados para las condiciones del proyecto, basado en dispositivos ensayados y certificados para su uso.

Figura 4. Barreras de concreto discontinuas y sin anclaje apropiado para contener una colisión



Fuente: LM-EIC-D-0464-2021 del 01/06/2021

A lo comunicado en este oficio, la Administración mediante el oficio DM-2021-2439 del 22 de marzo de 2021, admitió que se requerían medidas de control de velocidad de operación complementarias a las contempladas a la fecha en el PMT, como lo es el aumento del señalamiento de rotulación de velocidades máximas verticalmente a lo largo de la vía, la solicitud de operativos de control vehicular por parte de la Policía de Tránsito del MOPT, entre otras, las cuales se estaban estudiando para ser sometidas a la consideración de la DGIT. Además, se indicó que se acatarían las demás recomendaciones del Equipo Auditor.

Como seguimiento a la respuesta del oficio DM-2021-2439, el 13 de abril de 2021, la USVT realiza una segunda visita al proyecto, donde se registró nuevamente la velocidad de operación en el tramo entre Taras y La Lima en un período de 40 minutos entre las 11:00 am y las 11:40 am, como una muestra del comportamiento de los usuarios motorizados de la vía. Se registró en ese período una velocidad percentil 85 en ambos sentidos de 80 km/h y velocidad máxima de 101 km/h, evidenciando la ausencia de medidas efectivas para controlar la velocidad de operación. Estos resultados fueron transmitidos a la Administración mediante el oficio LM-EIC-D-0464-2021 del 1 de junio de 2021.

Adicionalmente, en la visita del 13 de abril de 2021, se evidenciaron inconsistencias entre las señales verticales que especifican una velocidad reglamentaria de 30 km/h, de acuerdo con el PMT, y la señalización tanto vertical como horizontal original de la vía, que informa al conductor acerca de la posibilidad de transitar a 80 km/h.



Figura 5. Señalamiento vial inconsistente con el proyecto



Fuente: LM-EIC-D-0464-2021 del 01/06/2021

Con respecto a los dispositivos de canalización, se evidenció nuevamente el incumplimiento de los dispositivos aprobados en el PMT suministrado a la fecha, donde se detalla el uso de barreras de seguridad de forma continua en todo el proyecto. Se observó también que las barreras de concreto no contaban con un anclaje a la superficie, ni vinculación entre elementos consecutivos, sumado a la ausencia de continuidad entre elementos, condiciones necesarias para contener y redireccionar de forma segura un vehículo, por lo que estas representan un riesgo para los usuarios de la vía y trabajadores del proyecto.

Lo anterior también fue comunicado a la Administración mediante el oficio LM-EIC-D-0464-2021 (01/06/2021), junto con cuatro recomendaciones reiterativas, si se comparan con las emitidas en el oficio LM-IC-D-0218-2021 (05/03/2021).

La Administración respondió mediante el oficio DM-2021-3335 del 14 de junio de 2021, indicando que, sin que sea una justificación, se ha confirmado el constante hurto de señales y rótulos de control del tránsito a lo largo del proyecto, lo que demanda su continua reposición. Además, la Administración indicó que, revisado lo indicado por el Equipo Auditor, retirarían de la obra las señales de tránsito preexistentes para que no resulten contrarias o poco claras respecto al PMT aprobado.

En ese oficio, la Administración coincidió con el Equipo Auditor en que se requieren medidas adicionales y más efectivas para controlar la velocidad de operación como pueden ser reductores físicos de velocidad y controles coordinados con la Dirección General de la Policía de Tránsito.

Mediante el oficio LM-EIC-D-0793-2021 del 8 de setiembre de 2021, la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del LanammeUCR, comunicó las condiciones evidenciadas en el proyecto durante la visita del 10 de agosto de 2021. Como seguimiento a la respuesta del oficio DM-





2021-3335, ese día se registró nuevamente la velocidad de operación, esta vez en un período de 30 minutos (9:00 am a 9:30 am). Se registró una velocidad percentil 85 superior a 80 km/h en ambos sentidos y una velocidad máxima en ambos sentidos de 101 km/h. Por lo tanto, nuevamente se evidenció la ausencia de medidas efectivas para controlar la velocidad de operación en el sitio.

Además, nuevamente se evidenciaron inconsistencias entre las señales verticales que especifican una velocidad reglamentaria de 30 km/h y la demarcación horizontal original de la vía, condición que informa al conductor acerca de la posibilidad de transitar a 80 km/h.

Una vez más, se evidenció el incumplimiento de los dispositivos aprobados en el PMT suministrado a la fecha, donde se detalla el uso de barreras de seguridad de forma continua en todo el proyecto. Además, se mantuvo el uso de barreras de concreto sin anclaje a la superficie ni vinculación entre elementos consecutivos.

Por lo tanto, es criterio de esta Auditoría Técnica que en el proyecto se observa una debilidad importante en cuanto a la implementación y puesta en servicio del PTM y que esto repercute en la seguridad de los usuarios de la vía.

OBSERVACIÓN 4. EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES NO SE ENCONTRÓ EVIDENCIA DE LOS DISEÑOS DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR, NI DE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO.

La Unidad de Seguridad Vial y Transportes del LanammeUCR, en su memorando LM-USVT-05-2022 del 01 de marzo del 2022, realizó un análisis del Informe 10 Seguridad Vial y Equipamiento (IDOM y DEHC, 2018), donde se describe la condición de márgenes de carretera y diseño de sistemas de contención vehicular. En este documento no se evidencian los dispositivos específicos que utilizaron para realizar los diseños, con sus parámetros de desempeño (deflexión, ancho de trabajo, zona de intrusión), características constructivas, así como certificados de cumplimiento de las normativas NCHRP 350, MASH o EN 1317.

Cabe recalcar que, al realizar un diseño general, sin conocer los dispositivos reales que serán instalados ni valorar las condiciones específicas de cada sitio, se incurre en el riesgo de generar condiciones geométricas que no serán compatibles con el comportamiento dinámico de los dispositivos, condición que incidirá en el correcto funcionamiento de los dispositivos de contención vehicular o en la frecuencia de mantenimiento posterior a colisiones.

Por lo que esta Auditoría Técnica solicitó en el oficio EIC-Lanamme-192-2022 del 22 de marzo del 2022, los diseños de los sistemas de contención vehicular, donde se detalle de forma específica las condiciones del entorno que se valoraron para cada diseño, así como las fichas técnicas de cada dispositivo de contención vehicular, con su respectiva deflexión, ancho de trabajo, zona de intrusión, longitud mínima, requisitos de la superficie para su vinculación con el suelo, método de vinculación entre elementos consecutivos, así como

Informe Final EIC-Lanamme-INF-0764-22	noviembre , 2022	Página 38 de 83
---------------------------------------	------------------	-----------------



los certificados o documentos probatorios que validen el cumplimiento de alguna de las normas NCHRP 350, MASH o EN 1317.

A lo que la Administración en el oficio DM-2022-1370 del 05 de abril del 2022, indica que esta Unidad Asesora no cuenta con la información solicitada. También señala que las observaciones de Unidad de Seguridad Vial y Transportes del LanammeUCR han sido trasladadas al Diseñador, teniendo que, el tiempo de respuesta a éstas se ha demorado, razón por la cual se procede a brindar respuesta con los insumos con los que se cuenta, para así cumplir con el plazo de atención establecido en el oficio EIC-Lanamme-192-2022, y no interferir con la labor de fiscalización del LanammeUCR, siendo que, una vez se cuente con los insumos del Diseñador se profundizará en la atención de las observaciones.

A la fecha de emisión de este informe, no se ha recibido la información solicitada, por lo que es criterio de esta Auditoría Técnica que es de suma importancia que la Unidad Asesora cuente con toda la información necesaria para realizar el proceso de supervisión para el cual fue contratado, garantizando así el adecuado desarrollo del proyecto vial y de la inversión pública.

D. SOBRE EL ANÁLISIS DEL TRÁNSITO DEL PROYECTO

En el tema del análisis de la estimación del tránsito y con la colaboración de la Unidad de Seguridad y Tránsito del LanammeUCR se generó el oficio EIC-Lanamme-192-2022 del 22 marzo del 2022 donde se analizan los documentos:

- Informe 06 – Estudios de tránsito (IDOM y DEHC, 2018)
- Estudio funcional de los intercambios Taras y La Lima. Propuesta de ingeniería de valor (Valverde, 2021)
- Informe funcional de supervisión No. 01, Periodo Febrero – Marzo. (Applus Norcontrol S.L.U e INGELOG Costa Rica S.A., 2021)

A manera de respuesta se recibió el oficio DM-2022-1370 el 05 de abril del 2022, mediante el cual la Administración hace referencia a las observaciones descritas en el oficio EIC-Lanamme-192-2022 basadas que en el memorando de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del LanammeUCR, LM-USVT-05-2022 del 01 de marzo del 2022.

A partir del análisis de dichos documentos se desprenden observaciones enfocadas en el análisis de tránsito en general.



OBSERVACION 5. SE EVIDENCIÓ EN LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO QUE NO EXISTE UN PROCEDIMIENTO FORMAL PARA LA ESTIMACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO.

Durante el proceso de revisión de los estudios básicos del proyecto de ampliación de la Ruta Nacional 2: Tramo Taras– La Lima, realizada por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del LanammeUCR (USVT) se identificó que la estimación de tasas de crecimiento a partir de series históricas de tránsito, población y producto interno bruto, sin embargo, se proveen tres documentos distintos, generados por tres partes distintas del proyecto, que calculan tres tasas de generación lineales, constantes y distintas entre sí, esto para un plazo de 20 años. Valor que incide a nivel de los análisis funcionales de tránsito, así como el diseño de la estructura de pavimento. Se resume la fuente de referencia, metodología aplicada y la tasa de crecimiento en la Tabla 3.

Tabla 3. Metodologías y fuentes de referencia aplicadas para la estimación de tasas de crecimiento vehicular y estimación de la demanda

Referencia	Metodología	Tasa de crecimiento
Informe 06 – Estudios de tránsito (IDOM y DEHC, 2018)	Relación de crecimiento poblacional de Cartago y del TPDA. Se asumen escenarios con capacidad normal, pesimista y optimista, así como escenarios tendenciales asociados al comportamiento de la Zona Industrial.	Variable por año y escenario, oscila entre 2,04 % y 0,22 %.
Estudio funcional de los intercambios Taras y La Lima. Propuesta de ingeniería de valor (Valverde, 2021)	Modelo econométrico basado en población y producto interno bruto (PIB). No detalla escenarios asociados a Zona Industrial.	3 % anual y uniforme.
Informe funcional de supervisión No. 01, Periodo Febrero – Marzo. (Applus Norcontrol S.L.U e INGELOG Costa Rica S.A., 2021)	Modelo econométrico basado en población y producto interno bruto (PIB). No detalla escenarios asociados a Zona Industrial.	Calcularon 5,64 % anual, pero indican no es razonable por los efectos en la economía causados por la COVID, por lo que consideran prudente el valor de 3,00 % propuesto por Valverde (2021).

Fuente: Memorando M-USVT-05-2022

Es de conocimiento de esta Auditoría Técnica que a nivel país ha habido una debilidad en este tema y existe una falta de claridad en cuanto a criterios y procedimientos en esta materia y, por ello, en proyectos de nueva obra vial se observa regularmente criterios que no están bien fundamentados y también se pueden observar otras inconsistencias.

Debido a lo anterior, la USVT solicitó mediante el oficio EIC-Lanamme-1049-2021 del 30 de noviembre del 2021, a la Dirección de la Secretaría de Planificación Sectorial del Ministerio de Obras Públicas y Transportes los criterios y procedimientos técnicos establecidos por la Secretaría específicamente para la:

Informe Final EIC-Lanamme-INF-0764-22	noviembre , 2022	Página 40 de 83
---------------------------------------	------------------	-----------------





- Estimación de la demanda de viajes vehiculares y de pasajeros de transporte público.
- Proyección futura para un proyecto de ampliación de vía existente para un corto plazo (1-5 años) y largo plazo (20 años).

La Secretaría de Planificación Sectorial emitió su criterio sobre las metodologías empleadas para estimar la tasa de crecimiento y demanda de viajes del proyecto en cuestión, en el oficio SPS-2022-56, con fecha del 4 de febrero de 2022, e indica las siguientes recomendaciones para estimar la demanda de viajes de transporte privado y público:

... “Si el proyecto en cuestión implica una mejora significativa en la oferta vial, generando una redistribución de los flujos vehiculares en los arcos de la red vial, modificando el sistema de actividades y proyectando un cambio en la distribución modal de los viajes. Se requiere una modelación macro de demanda-oferta que considere las distintas modalidades de transporte presentes.”

“En el caso de la construcción de intercambios viales complejos en intersecciones viales con corredores interurbanos de alto volumen, es necesario realizar modelaciones para determinar los flujos asociados a los diferentes arcos en los intercambios”

“Las proyecciones de demanda corresponden a un área de especialidad de la Ingeniería de Transportes, y debe ser realizada por un especialista en el campo, que, entre otras cosas, asume la responsabilidad de tales proyecciones tanto a nivel de diseño como a otros niveles...”

Del análisis de los criterios de la Secretaría de Planificación Sectorial, indicados en el oficio SPS-2022-56, se identifican las siguientes observaciones a la metodología aplicada en el proyecto en cuestión.

Para proyectos viales donde cambien las condiciones geométricas y afecten las condiciones de transitabilidad en corredores interurbanos, no se recomienda el uso de metodologías como las implementadas en el proyecto, ya que no consideran los efectos de cambio de ruta, causado por las mejoras en los tiempos de viaje, esto al basarse en tendencias históricas de tránsitos promedios diarios. Cabe recalcar que no es recomendable, para un periodo de análisis amplio, asumir una tendencia lineal de crecimiento.

Por otro lado, las variadas tasas de crecimiento evidencian los distintos criterios de diferentes actores del proyecto, sin embargo, en ningún caso se observa la implementación de un modelo de demanda de transporte urbano, tal y como lo recomienda la Secretaría de Planificación Sectorial, por lo que no se evidencia la aplicación de metodologías apropiadas para las características del proyecto y su efecto en la vialidad circundante, así como acorde a la vida útil esperada del proyecto.



Ante estas observaciones, la estimación, análisis o diseño, generado a partir de los datos determinados, pueden presentar inconsistencias. Esto a pesar de incorporar parámetros como el PIB, población u otros, no son apropiados para analizar de forma correcta la demanda de viajes. Por lo que se recomienda generar un modelo de demanda de transporte urbano para la zona de estudio y su periferia, de forma que puedan captarse los distintos patrones de movilidad y puedan realizarse estimaciones confiables para los escenarios futuros del proyecto.

En el oficio DM-2022-1370 del 05 de abril del 2022, la Administración indica que los documentos mencionados en la recomendación del LanammeUCR no forman parte de los documentos contractuales. No se hace mención sobre la recomendación de realizar un estudio de movilidad peatonal ni se aclaran las observaciones realizadas por la USVT en el oficio EIC-Lanamme-192-2022.

Si bien es cierto y como menciona la Administración en su oficio DM-2022-1370 del 05 de abril del 2022 la normativa recomendada por la USVT del LanammeUCR no forma parte de los documentos contractuales del proyecto, ya que este tiene fecha de inicio en el año 2018, se considera de suma importancia generar un modelo de demanda de transporte urbano para la zona de estudio y su periferia, que permita captar los distintos patrones de movilidad y puedan realizarse estimaciones confiables para los escenarios futuros del proyecto y a partir de ello diseñar un proyecto que contemple este escenario.

OBSERVACION 6. SE EVIDENCIÓ EN LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO QUE EN LOS ESTUDIOS DE TRÁNSITO NO SE REALIZÓ UNA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO DE TRÁNSITO UTILIZADO PARA ESTIMAR LA DEMANDA VEHICULAR

La Unidad de Seguridad y Transporte del LanammeUCR observó en los documentos analizados registros de aforos vehiculares durante el periodo de 6:00 a.m. a 8:00 p.m. Se evidencia la necesidad de realizar los registros antes de este periodo, ya que al ser Cartago una ciudad dormitorio, presenta flujos de vehículos desde periodos previos a las 6:00 a.m., necesarios para simular condiciones de precarga en la red y esta Auditoría Técnica considera importante para la determinación del escenario base.

También esta Unidad del LanammeUCR observó que los estudios de tránsito estaban basados en simulaciones generadas a partir del programa *Vissim*, sin embargo, no hay evidencia concreta del proceso de calibración y validación del modelo para el escenario base, donde se comparen los datos obtenidos en campo contra los generados por el programa.

En el documento analizado, se recopilaron datos de colas y tiempos de viaje en la zona de estudio, sin embargo, no se presenta una comparación directa de estos, con los resultados de la modelación. Se observa en el estudio que los datos de colas, se recopilaron durante 3 días, pero únicamente en 3 instantes durante el periodo de la mañana y la tarde, condición que no se considera que represente un tamaño de muestra significativo para el análisis.



Al implementar el uso de programas de microsimulación de tránsito, como *Vissim* o *Traf-Netsim*, es de vital importancia calibrar y validar los modelos a partir de información de campo, condición que permitirá conocer la confiabilidad del modelo y de los escenarios valorados. Al no realizar este proceso, no se tendrá certeza de que el análisis efectuado para el escenario base y escenario de alternativas sea válido para realizar la toma de decisiones, por ende, no se tendrá certeza de que la infraestructura construida responda realmente a las necesidades de los usuarios.

Se recomienda realizar un proceso de calibración y validación de los modelos de tránsito, a partir de la recolección confiable de los parámetros e indicadores de desempeño, que permita confirmar que los escenarios analizados para el proyecto respondan a las necesidades de los usuarios. Cabe destacar que es necesario utilizar una metodología que permita realizar simulaciones de tránsito y analizar a nivel de red los efectos de la congestión, ya que metodologías como las del Highway Capacity Manual se enfocan en un análisis aislado de la infraestructura, por lo que no son apropiados para captar el rebote de colas o la aleatoriedad de los usuarios, como lo hace un programa de micro simulación.

Al igual que en la observación anterior en el oficio DM-2022-1370 del 05 de abril del 2022, la Administración señala que no se va a considerar la propuesta de Ingeniería de Valor presentada por el Contratista, lo que este Equipo Auditor considera que no resuelve el problema evidenciado por la USVT en el Memorando LM-USVT-05-2022, donde menciona que los estudios de tránsito estaban basados en simulaciones que no tienen evidencia concreta del proceso de calibración y validación del modelo para el escenario base, donde se comparen los datos obtenidos en campo contra los generados por el programa y resalta que al no realizar este proceso, no se tendrá certeza de que el análisis efectuado para el escenario base y escenario de alternativas sea válido para realizar la toma de decisiones, por ende, no se tendrá certeza de que la infraestructura construida responda realmente a las necesidades de los usuarios.

E. SOBRE EL DISEÑO GEOMÉTRICO DEL PROYECTO

Mediante el oficio EIC-Lanamme-1029-2021 del 30 de noviembre del 2021, se solicitó a la Administración los planos de los diseños geométricos actualizados a la fecha, con el objetivo de realizar una revisión de los mismos, esto con la colaboración y apoyo de la Unidad de Seguridad Vial y Transportes. En atención a este oficio, la Administración envía el documento DM-2021-6567 del 16 de diciembre del 2021, donde se adjunta la siguiente información.

- Diseño geométrico - Original IDOM DEHC
Carpeta con 38 elementos de Planos CAD
Carpeta con 37 elementos de Planos PDF
- 02. Diseño geométrico - IDV Paso elevado Av. 23
Carpeta con 15 elementos de Planos CAD



Carpeta con PDF - AV23_Secciones Transversales; con 12 láminas de secciones transversales.

Carpeta con Informe PDF - AV23 Memoria Descriptiva Geometrica_06-Julio-202

Dicha información fue analizada por la Unidad de Seguridad Vial y Transportes (USVT) del LanammeUCR, a partir de ello se emitió el oficio EIC-Lanamme-416-2022 enviado a la Administración el día 16 de mayo del 2022 en relación al seguimiento en el tema del diseño geométrico del proyecto de Taras - La Lima.

La Unidad Ejecutora envía el oficio DM-2022-2417 del 06 de junio 2022 dando respuesta a este oficio de la USVT, en dicho documento se adjunta el enlace del oficio 0296-2022, fechado 31 de mayo de 2022, para dar por atendido lo de interés y se adjunta también un enlace donde se presenta toda la información de respaldo.

A manera general en el oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2022-292 del 30 de mayo del 2022, la Supervisión del contrato contesta a cada una de las diferentes observaciones realizadas por la USVT lo siguiente:

... Por tratarse de un tema referido específicamente a los estudios y diseños, en estricta atención a las responsabilidades contractuales contraídas tanto por el diseñador original como por esta Supervisión, este cuestionamiento corresponde absolverlo al diseñador original quien es el único responsable de los diseños presentados. La Supervisión por su parte estará atenta, en este como en todos los casos, a acoger las modificaciones o ajustes que se realicen a los diseños originales recibidos de la administración, siempre y cuando se hagan con la oportunidad y formalidad requeridas para su implementación oportuna en el proyecto..."

Así las cosas, fue trasladado el oficio para obtener el criterio del Consultor en Seguridad Vial: Respuesta Ing. Hernán Otoniel Fernández, el cual describe las observaciones en el documento "Comentarios sobre las observaciones presentadas por la Unidad de Seguridad Vial y Transporte al proyecto tramo Taras – La Lima, Ruta Nacional 2. EIC-Lanamme-416-2022". A partir del análisis de este documento, se emiten la siguiente observación.

OBSERVACION 8. SE EVIDENCIARON OPORTUNIDADES DE MEJORA RELACIONADAS CON EL DISEÑO GEOMÉTRICO Y LA DEMARCACIÓN VIAL DEL PROYECTO.

La Unidad de Seguridad Vial y Transportes del LanammeUCR realizó una revisión de los informes y planos del diseño geométrico del proyecto sobre la Ruta Nacional No 2, sección Taras - La Lima. A partir de esa revisión se generó el oficio EIC-LanammeUCR-416-2022 donde se detallan algunas deficiencias observadas y oportunidades de mejora en cuanto al tema específico del diseño geométrico y demarcación vial.

Velocidad de diseño: En el diseño del proyecto las velocidades demarcadas oscilan entre 50km/h y 80km/h, pero no hay evidencia de un estudio de velocidades que las justifique.



Acceso marginal: Se observa en los planos de diseño geométrico, la posibilidad que el carril externo, funcione como carril de desaceleración y genera un punto de conflicto entre los usuarios de la marginal y de la vía principal, condición que podría propiciar colisiones en el punto de convergencia de los flujos vehiculares.

Intercambio La Lima: No se logró determinar la justificación técnica para una disminución de velocidad en el túnel del intercambio La Lima, ya que este, posee una geometría favorable y continuidad del flujo de circulación.

Secciones transversales de marginales: Otra oportunidad de mejora detectada por la Unidad de Seguridad Vial, indica que la vía marginal es superior a los anchos de la vía principal, que oscilan entre 3,30 m y 3,60 m, por lo que no se considera técnicamente razonable la velocidad reglamentaria y la presencia de un carril amplio. También se evidencia una distribución desproporcionada del espacio vial, en detrimento de los peatones.

Continuidad en aceras y ciclovía: También se evidencian discontinuidades en la infraestructura ciclista en ambos márgenes (posibilidad de generar conflictos entre los peatones y ciclistas). Y una omisión en la presencia de infraestructura peatonal y ciclista, por lo que la movilidad entre el sector de La Lima y el Parque Industrial queda desvinculada a nivel de infraestructura para los usuarios más vulnerables.

Conectividad de aceras y usuarios: Se evidencia al menos en dos puntos un trayecto peatonal denominado “forzado”, al utilizar las zonas donde se provee de infraestructura peatonal, el cual presenta trayectorias más extensas. Si se considera un trayecto peatonal denominado “más probable”, con un recorrido directo, que conecta de forma rápida los puntos de interés, sin embargo, expone a los usuarios a transitar por sectores sin infraestructura peatonal adecuada.

Carril de aceleración y bahía de autobús: Se evidencia un posible conflicto en la ubicación de la bahía de autobús con respecto al carril de aceleración, el que podría ocasionar conflictos o colisiones.

Conectividad entre paradas de autobús y usuarios: No se evidencia infraestructura que permita su conectividad, por lo que se obliga a los usuarios a caminar hasta el Intercambio de Taras para pasar de un extremo a otro.

Bahías de autobús: Solo tienen capacidad para un vehículo sin presentar la evidencia que valide la funcionalidad de la bahía para un autobús, esto a partir del estudio de las frecuencias, paradas permitidas y rutas de todos los servicios de transporte público colectivo que transitarán por el proyecto.

Señalización para ciclistas: La demarcación ciclista no cumple con lo especificado en la Guía técnica de diseño para infraestructura ciclista (MOPT-03-05-01-0917-2019). Se observa la falta de continuidad de la infraestructura ciclista en los accesos y rotondas.



Demarcación horizontal en rotondas: En los planos existe deficiencia en la demarcación horizontal, la rotonda no cuenta con la demarcación que divida los carriles internos y también la ausencia de demarcación horizontal y señalamiento vertical para indicar a los vehículos que deben realizar la maniobra de parada previo a los cruces peatonales.

De manera generalizada en el diseño geométrico se evidencian deficiencias que pueden producir conflictos entre los diferentes usuarios de la vía, así como oportunidades de mejora que permitirían minimizar los accidentes de tránsito con el objetivo principal de salvaguardar la vida y reducir los daños materiales. También se identificaron diseños desactualizados que no cumplen con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería, así como la falta de un estudio de movilidad peatonal y ciclista que permita evidenciar las necesidades de los usuarios y sus trayectorias, y de esta forma justificar la ubicación de la infraestructura peatonal y ciclista provista, o un análisis de las rutas de transporte público colectivo que transitarán por el proyecto, así como la frecuencia de los servicios y paradas permitidas, esto en aras de brindar infraestructura que responda a la capacidad necesaria para cada una de las bahías.

Es importante recalcar que en los comentarios proporcionados por la Administración en el oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2022-292 del 30 de mayo del 2022, la Supervisión del contrato deja claro que por tratarse de un tema referido específicamente a los estudios y diseños, en estricta atención a las responsabilidades contractuales contraídas tanto por el diseñador original como por esta Supervisión, e indica que la Supervisión estará atenta, a acoger las modificaciones o ajustes que se realicen a los diseños originales recibidos de la administración.

Por otra parte, el criterio del consultor en seguridad vial, coincide en la mayoría de las ocasiones con las observaciones y recomendaciones realizadas por la USVT, por lo que se mantienen las observaciones por parte del Equipo Auditor.

Es criterio de esta Auditoría Técnica que se debe recalcar la importancia de que la Administración exponga su criterio al respecto y proponga las medidas correctivas o las acciones que ayuden a mitigar este tipo de situaciones con el objetivo de mejorar el desempeño funcional del proyecto.



10. CONCLUSIONES

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

- **Sobre la calidad de los estudios hidrológicos e hidráulicos del proyecto.**

En general se evidenciaron debilidades y oportunidades de mejora en el estudio hidrológico, el análisis hidráulico y los diseños hidráulicos del proyecto.

El alcance del estudio hidrológico se considera incompleto porque no incluye un análisis del riesgo de desbordamiento del río Taras en el tramo que fluye cerca de la vía.

En los resultados de tiempo de concentración faltan referencias bibliográficas para justificar una afirmación sobre la fórmula utilizada.

Se tiene una alta incertidumbre en la estimación de la precipitación máxima para períodos de retorno altos en las estaciones con período de registro corto. A pesar de esto, no se evidencia en el informe, ni en la respuesta que se haya tomado ninguna consideración o medida especial en el análisis y diseño hidráulico en respuesta a la incertidumbre del cálculo hidrológico.

No se reporta el parámetro básico de coeficiente de escorrentía, necesario para el modelado hidrológico, y se asocia de manera poco clara con el parámetro llamado número de curva.

Falta claridad en los criterios de aceptación, ya que se aceptan dos criterios distintos para definir el diámetro mínimo de las tuberías pluviales.

La decisión de mantener la alcantarilla Paseo Metrópoli no está completamente justificada pues presentaría velocidades que no son recomendables en una alcantarilla y no se realizó una evaluación de su condición estructural. Además, no se presentan los criterios para determinar la longitud del enrocado, aguas abajo del cuenco disipador.

No está clara la metodología utilizada para la estimación del nivel de agua en el río Taras, a la salida de los sistemas pluviales. La información no es suficiente para verificar los resultados mostrados.

Existen oportunidades de mejora en la información solicitada en los Términos de Referencia de los Contratos para Servicios de Consultoría para los estudios hidrológicos e hidráulicos de las obras de drenaje.



- **Sobre la calidad de los estudios geotécnicos del proyecto.**

El informe elaborado por el consorcio IDOM-DEHC es explicativo y claro sobre las metodologías empleadas para realizar los análisis y diseños geotécnicos, de acuerdo con el criterio del Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR.

Las recomendaciones y conclusiones obtenidas de los resultados de los ensayos y del análisis realizado para obtener los modelos, en su mayoría se consideran adecuados, de acuerdo con el criterio del Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR.

Los valores de las propiedades geomecánicas de los materiales establecidos en las zonas y los parámetros geomecánicos para el cálculo de estructuras, se consideran adecuados, según criterio del PIG.

Para los sectores de Taras, Avenida 23 y La Lima, IDOM-DEHC, los resultados de las capacidades de soporte se consideran adecuadas, pero no es posible comparar los resultados con los obtenidos con los otros diámetros de los pilotes sugeridos y así verificar que se trata del diseño optimizado de la cimentación de los 3 sectores.

Los laboratorios IIG Laboratorio y Elabora no contaban con acreditación con la norma INTE-ISO/IEC 17025 en el año en que realizaron los ensayos. Para realizar los ensayos que estén relacionados con proyectos del Estado Costarricense, los laboratorios que los ejecuten deben poseer ensayos acreditados.

- **Sobre la implementación del Plan de Manejo de Tránsito y otros aspectos de seguridad vial.**

En tres mediciones realizadas en el proyecto, para determinar el comportamiento de los usuarios motorizados de la vía, se evidenció que la velocidad percentil 85, la velocidad máxima y la velocidad mínima, para ambos sentidos de circulación superan la velocidad reglamentaria especificada en el Plan de Manejo de Tránsito (PMT) suministrado.

Los dispositivos de canalización, como barreras de concreto, estaban colocadas en el proyecto de forma discontinua, sin anclaje entre los elementos y mezcladas con barriles plásticos y conos, incumpliendo lo indicado en el PMT, por lo que estas representan un riesgo para los usuarios de la vía y trabajadores del proyecto.

Se evidenciaron inconsistencias entre las señales verticales que especifican una velocidad reglamentaria de 30 km/h, de acuerdo con el PMT, y la señalización tanto vertical como horizontal original de la vía, que informa al conductor acerca de la posibilidad de transitar a 80 km/h.



- **Sobre el análisis del tránsito del proyecto**

Se evidenció que, en los documentos técnicos del proyecto, que no existe un procedimiento formal para la estimación de la tasa de crecimiento. Este valor afecta directamente la estimación de la carga de diseño del pavimento, lo que influye no solo en el cálculo y diseño estructural del pavimento, sino en el diseño funcional de la carretera.

Se evidenció en los documentos del proyecto que en los estudios de tránsito no se realizó una calibración y validación del modelo de tránsito utilizado para estimar la demanda vehicular. Por lo tanto, no hay certeza de que el análisis efectuado para el escenario base y escenario de alternativas sea válido para realizar la toma de decisiones, por ende, no se tendrá certeza de que la infraestructura construida responda realmente a las necesidades de los usuarios.

- **Sobre el diseño geométrico y la demarcación vial del proyecto**

En el diseño geométrico actual se evidencia deficiencias y oportunidades de mejora que pueden reducir conflictos entre los diferentes usuarios de la vía y de esta forma minimizar los accidentes de tránsito con el objetivo principal de salvaguardar la vida y reducir los daños materiales.



11. RECOMENDACIONES

A continuación, se listan algunas recomendaciones para que sean consideradas por la Unidad Ejecutora del PIT, Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), con el propósito de que se definan e implementen soluciones integrales en los proyectos que ejecuta esta Unidad.

Sobre los estudios hidrológicos e hidráulicos de las estructuras de drenaje del proyecto

Se recomienda seguir las buenas prácticas de análisis y diseño de FHWA, incluso aquellas que no están referenciadas en SIECA (2016).

Se recomienda incluir la referencia de todos los criterios técnicos asumidos y utilizados en los diferentes análisis y estudios, con el objetivo de aclarar cualquier criterio técnico que se haya utilizado en los diseños, así como se establezca un criterio único para definir el diámetro mínimo de las tuberías pluviales, para futuros proyectos.

Se recomienda a la Administración que para futuros estudios se realice un análisis de la aplicabilidad de otras fórmulas, como las que se muestran en la Tabla 4-9 del manual de SIECA (2016) o la fórmula de “Basso y colaboradores” (ecuación 4-69 del manual), derivada de la fórmula de Kirpich.

Se recomienda a la Administración que sugiera que se incluya en los Términos de Referencia de futuros proyectos que se deben describir y justificar las condiciones iniciales y las de frontera (aguas arriba y aguas abajo) utilizadas en modelos hidráulicos de ríos y sistemas de drenaje de aguas pluviales.

Se recomienda a la Administración que, para futuros proyectos:

- En los estudios hidrológicos donde se reconoce la alta incertidumbre, se recomienda cuantificar la incertidumbre o tomar consideraciones especiales en el diseño (asumir un enfoque conservador).
- En cuanto a los Términos de Referencia, se recomienda se incluya más detalle con respecto a la información que se requiere de los estudios de los consultores.
- Es importante presentar suficiente información para verificar los resultados de los estudios hidrológicos y los análisis hidráulicos y las características de las estructuras o componentes mostrados en el informe y planos.
- Es recomendable que la Administración tome acciones ante la identificación de riesgos para la población por zonas de inundación.
- De ser posible, es recomendable evitar la extrapolación a períodos de retorno mayores que el doble de la longitud del registro. La extrapolación a períodos de retorno altos genera una alta incertidumbre y arrastra esa incertidumbre de las



extrapolaciones realizadas con los registros de estaciones de registro corto, por lo que afecta la estimación realizada.

- Las obras hidráulicas deben ser dimensionadas mediante procedimientos formales de diseño. Debe estar clara su función y su efectividad. Es recomendable implementar un programa de capacitación y control a los técnicos de campo que permita identificar este tipo de desviaciones y corregirlas.

Sobre los estudios geotécnicos del proyecto

Es recomendable considerar parámetros geotécnicos propios de cada sitio en lugar de los obtenidos de manera generalizada, resultado de los ensayos totales del proyecto.

Se recomienda revisar las propiedades establecidas para el modelo geológico – geotécnico cuando se realicen los análisis y diseño específicos en cada zona.

Analizar la estabilidad de taludes que se vayan presentando durante la construcción del proyecto y que quizá no fueron contemplados en el documento revisado. Se debe realizar el análisis de estabilidad propia para cada talud con las propiedades específicas y con ello determinar su comportamiento, utilizando los factores de seguridad que establece el Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica.

Se deben indicar con claridad en las memorias de cálculo, las metodologías y resultados del análisis de asentamientos y del proceso de diseño de pilotes.

Verificar en lo sucesivo que los laboratorios cuenten con las acreditaciones requeridas por ley.

Sobre la implementación del Plan de Manejo de Tránsito y otros aspectos de seguridad vial.

Es de vital importancia tomar las medidas necesarias para ajustarse al PMT y al uso adecuado de los dispositivos de seguridad y canalización y tomar las acciones correctivas necesarias para salvaguardar la integridad de todos los usuarios de la vía y de los trabajadores.

También se considera recomendable que se valore si la velocidad reglamentaria es la adecuada para este proyecto y, de ser así, implementar las medidas de pacificación vial para su cumplimiento. En caso de implementar una velocidad reglamentaria superior, se deben utilizar los dispositivos de canalización que brinden mayor seguridad a los usuarios de las vías y al personal del proyecto, y realizar los ajustes formalmente al PMT, con su debida aprobación de la Dirección General de Ingeniería y Tránsito (DGIT).



Se recomienda en caso de utilizar barreras de concreto como dispositivos de canalización ante las altas velocidades de operación y los riesgos de caída en las excavaciones, realizar el diseño apropiado de los sistemas de contención vehicular según el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras, e implementar una instalación con anclajes apropiados para las condiciones del proyecto, basado en dispositivos ensayados y certificados para su uso.

Sobre el análisis del tránsito del proyecto

Se recomienda a la Administración para el diseño de futuros proyectos de obra vial nueva, definir los criterios y procedimientos técnicos para estimar la tasa de crecimiento vehicular de acuerdo con los criterios de la Dirección de Planificación Sectorial.

Se recomienda para futuros proyectos generar un modelo de demanda de transporte urbano para la zona de estudio y su periferia, de forma que puedan captarse los distintos patrones de movilidad y puedan realizarse estimaciones confiables para los escenarios futuros del proyecto.

Es de vital importancia para el desarrollo adecuado de un proyecto realizar un proceso de calibración y validación de los modelos de tránsito, a partir de la recolección confiable de los parámetros e indicadores de desempeño, que permita confirmar que los escenarios analizados para el proyecto respondan a las necesidades de los usuarios.

Sobre el diseño geométrico y la demarcación vial del proyecto

Se recomienda realizar cambios en el diseño geométrico que permitirían mejorar la movilidad y seguridad del proyecto.

Se recomienda realizar un estudio de movilidad peatonal y ciclista que permita evidenciar las necesidades de los usuarios y sus trayectorias, y de esta forma justificar la ubicación de la infraestructura peatonal y ciclista provista.

Es recomendable implementar pasos peatonales a nivel de acera o aceras continuas en los sitios demarcados con cruces peatonales, con el objetivo de visibilizar a los peatones, generar cruces con mayor accesibilidad y propiciar entornos más seguros para los peatones.

Analizar las rutas de transporte público colectivo que transitarán por el proyecto, así como la frecuencia de los servicios y paradas permitidas, en aras de brindar infraestructura que responda a la capacidad necesaria para cada una de las bahías.



12. REFERENCIAS

- AyA (2017). *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*. Disponible en: <https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf>
- Badilla, G. (2021). *LM-EIC-PIG-I-22-2021: Informe de visita de campo: Proyecto Taras-La Lima*. San José, LanammeUCR.
- CNE (2002). *Problemática de la cuenca del río Reventado-Cartago: Los aspectos de ocupación en área de amenaza natural múltiple y los conflictos de uso del suelo en áreas con regulaciones preventivas*. Disponible en: <https://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/CEDO-CRID%20v2.0/CEDO/pdf/spa/doc14438/doc14438.pdf>
- Decreto Ejecutivo N° 38799-MOPT. (2015). *Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías*. San José: La Gaceta N° 121.
- FHWA (2006). *HEC-14 Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels*.
- FHWA (2009). *HEC-22 Urban Drainage Design Manual*.
- FHWA (2012a). *Project Development and Design Manual, Section 7.3 Hydraulics*. Disponible en: <https://flh.fhwa.dot.gov/resources/design/pddm/>
- FHWA (2012b). *HDS-5 Hydraulic Design of Highway Culverts*.
- Gamboa, R. (1969). *Diseño hidrológico e hidráulico de drenajes menores de carreteras*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
- González, C. (4 de octubre de 2007). *Inundaciones en Lima, Cartago*. *La Nación*. Recuperado de: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/handle/123456789/488;jsessionid=C6B25BF89622B19C4DE51B5017D7AB13>
- http://www.nacion.com/multimedia/2007/octubre/lima/slides/Nd05_inundacion_cgonga010.html
- INTE-ISO/IEC 17025 (2017). *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. INTECO
- Ley 8279 “Sistema nacional para la calidad”, Artículo 34. Servicio a las Entidades Públicas. Asamblea Legislativa.
- Li, M. y Chibber, P. (2008). *Overland Flow Time of Concentration on Very Flat Terrains*. *Journal of the Transportation Research Board*. No. 2060: 133-140.



- Monge, A. (2021). *LM-EIC-PIG-I-18-2021: Revisión del diseño de mezcla de concreto para las obras del Proyecto: Taras-La Lima*. San José, LanammeUCR.
- Monge, A. (2021). *LM-IG-I-12-2020. Informe de revisión del documento "Diseño de los intercambios entre la intersección de las Rutas Nacionales N° 2 y 236 (Taras) y la intersección de las Rutas Nacionales N°2 y 10 (Cartago), incluyendo el mejoramiento de la Ruta Nacional N°2, sección: Taras-La Lima, en la provincia de Cartago*. San José, LanammeUCR.
- MOPT. (2010). *Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes*. San José.
- MOPT. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de Caminos, Carreteras y Puentes CR-2010*. San José.
- MOPT. (2015). *Manual Técnico de Dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos*. Costa Rica.
- Ohtsu et al. (2004). *Flow Characteristics of Skimming Flows in Stepped Channels*. *Journal of Hydraulics Engineering*, 860-867.
- Oreamuno, R., & Bonilla, R. (2019). CIEDES-055-2019. San José: CIEDES-UCR.
- Rojas, N. (2011). *Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones automáticas*. IMN, Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas, San José.
- Samuels. (1989). *Backwater length in rivers*. *Proc.Instn. Civ. Eng.*, Part 2, 571-582.
- SIECA (2016). *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica*. Disponible en:
- SIECA. (2000). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito*. Guatemala.
- SIECA. (2016). *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica*. El Salvador: Primera Edición.
- UCAR (2010). *Flood Frequency Analysis*. Disponible en: http://ftp.comet.ucar.edu/memory-stick/hydro/basic_int/flood_frequency/print.htm
- USACE. (1995). *Flow Transitions in Bridge Backwater Analysis*. Obtenido de <https://www.hec.usace.army.mil/publications/ResearchDocuments/RD-42.pdf>
- Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.



EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Ana Elena Hidalgo Arroyo Auditora Técnica	Revisado por: Ing. Francisco Fonseca Chaves Auditor Técnico	Revisado por: Ing. Mauricio Picado Muñoz Auditor Técnico
Preparado por: Ing. Mauricio Salas Chaves Auditor Técnico	Revisado por: Ing. Luis Paulino Rodriguez Auditor Técnico	
Revisión Legal: Lic. Nidia Segura Jiménez Asesora Legal Externa LanammeUCR	Revisado y aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	Aprobado por: Ing. Alejandro Navas Carro, MSc. Director General LanammeUCR



13. ANEXOS

Anexo A. Oficio DM-2022-4890 del 13/10/2022, descargo al Informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0764B-2022



Despacho del Ministro

Unidad Asesora
Comité de Administración y Supervisión
PIT y PIV-APP

San José, 13 de octubre de 2022

Al contestar, refiérase al oficio número
DM-2022-4890

Ingeniero
Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Director
LanammeUCR

URGENTE

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

Estimado ingeniero e ingeniera:

Sirva el medio para saludar, y a la vez brindar atención a su oficio EIC-Lanamme-772-2022, fechado 5 de setiembre de 2022, mediante el cual han remitido el Informe Preliminar de Auditoría Técnica Externa LM-EIC-D-0764B-2022 titulado "Evaluación de los estudios preliminares del proyecto Construcción de los intercambios entre la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 236 (Taras) y la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 10 (Cartago), incluyendo el mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, sección: Taras - La Lima.", para lo cual, mediante oficio DM-2022-4209, fechado 6 de setiembre de 2022, se le solicitó a la Unidad Ejecutora del Programa (UEP) aportar toda la información, lo cual ha efectuado por medio del oficio [0561-2022](#) fechado 7 de octubre de 2022.

Así las cosas, una vez verificado lo respectivo con la UEP, se pone a disposición en el siguiente [enlace](#) lo requerido para dar por atendido lo solicitado.

Esperando haber dado respuesta satisfactoria a lo solicitado, me despido

MARIO
GUILLERMO
CAMPOS
VEGA (FIRMA)

Firmado
digitalmente por
MARIO GUILLERMO
CAMPOS VEGA
(FIRMA)
Fecha: 2022.10.13
14:10:41 -06'00'

Subdirector
Unidad Asesora

Ci: Ing. Alejandro Guillén Guardia, Director Unidad Asesora – PIT y PIV-APP
Ing. Gustavo Morera Fallas, Consultor Unidad Asesora – PIT y PIV-APP
Ing. Gerardo Acosta Herrera, Gerente de Proyecto
Archivo/ Copiador




(506) 2523-2739
mario.campos@mopt.go.cr





Anexo B. Análisis del descargo al informe en versión preliminar EIC-Lanamme-INF-0764B-2022

 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 1/24	

1. Nombre Informe

EIC-Lanamme-INF-0764-2022: Informe de Auditoría Técnica: Evaluación de los estudios preliminares del proyecto: “Construcción de los intercambios entre la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 236 (Taras) y la intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y No. 10 (Cartago), incluyendo el mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2, sección: Taras - La Lima”.

2. Descargo

Oficio 0531-2022, DM-2022-4209 Solicitud de ampliación de plazo al 30/09/2022.

DM-2022-4890 Oficio 0561-2022 del 13/10/2022. Respuesta Parcial EIC-Lanamme-772-2022 e Informe Preliminar EIC-Lanamme-INF-0764-2022. Recibido por la UAT el día 13/10/22

En este documento se adjunta un enlace con el contenido que se desglosa a continuación:

- Hallazgo No 1 (Carpeta): Información Hidrológica y de drenajes. Oficios 0111-2022, 0211-2022 y 0223-2022
- Hallazgo No 3 (Carpeta): Oficios 0430-2022 y 0474-2022
- Observación No 2 (Carpeta): Oficios 0430-2022 y 0474-2022
- Observación No 3 (Carpeta): Oficios 0430-2022 y 0474-2022
- Observación No 6 (Carpeta): Oficios 0430-2022 y 0474-2022
- Oficio 0521-2022: Solicitud de revisión del informe preliminar a Sr. Gerardo Acosta Herrera
- Oficio 0522-2022: Solicitud de revisión del informe preliminar a Ing. Jorge Miguel Rodríguez Duarte y Eva Martínez Simón
- Oficio 0523-2022: Solicitud de revisión del informe preliminar a Ing. Hernán Otoniel Fernández Ordoñez (SV)
- Oficio 0531-2022: Solicitud de ampliación de plazo
- Oficio 0538-2022: Fechas máximas para revisiones y aprobaciones a las propuestas de optimización.

Adicionalmente se revisaron los siguientes enlaces adjuntos en los documentos mencionados anteriormente:





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 2/24	

Documento	Fecha
A+_INGELOG_PIT-26-SBCC-CF-2019_2021-293	7/8/2021
Informe técnico: Estudio hidrológico e hidráulico fluvial del tramo del río Taras	10/8/2021
A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-302	11/8/2021
A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-321	19/8/2021
UEP 1823-2021	26/8/2021
A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-359	2/9/2021
A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-490	17/11/2021
UEP 0133-2021	1
A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2022-094	23/11/2021
UEP 0111-2022	1
DM-2022-1283	3/3/2022
Acuerdo Municipal	9/3/2022
UEP 0211-2022	12/4/2022
A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2022-207	6/4/2022
DM-2022-4209	12/4/2022
	20/4/2022
	6/9/2022

Fuente: Lanamme, 2022

Adicionalmente en el oficio 0561-2022 se indica que:

- *Diseñador: mediante oficio 0522-2022 fechado el 16 de septiembre de 2022 para el Diseños originales, **sin respuesta a la consulta al día de hoy.***
- *Consultor de Seguridad Vial: oficio 0523-2022 fechado el 16 de septiembre de 2022, en referencia a las actividades propias de ejecución, **atendido por este el día 21 de septiembre de 2022.***
- *Unidad Supervisora: 0521-2022 fechado el 16 de septiembre de 2022 en referencia a las actividades propias de ejecución, **atendido por esta unidad el día 22 de septiembre de 2022***
- *Especialista de estructuras Unidad Asesora: 0538-2022 fechado el 28 de septiembre de 2022, **aún sin respuesta.***

(...)



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 3/24	

Y hoy a pesar de solicitarle al Diseñador aclarar las consultas el día 21 de septiembre de 2022, no contamos con la respuesta del Diseñador. Por tanto, y, dado que no se celebró la reunión programada los días 28 y 29 de septiembre de 2022 con el Diseñador se brinda una respuesta parcial, con los criterios de supervisión y consultor de seguridad vial... (lo subrayado no forma parte del texto original).

Por lo que es importante recalcar que, a la fecha de elaboración de este documento, la Auditoría Técnica no cuenta con la respuesta del diseñador ni del experto en estructuras.

3. Análisis del descargo

A continuación, se desglosa el análisis del oficio 0561-2022 realizado por esta Auditoría Técnica

A. SOBRE LA REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA DEL PROYECTO.

Hallazgo 1: El alcance del estudio se considera incompleto al no incluir un análisis del riesgo de desbordamiento del río Taras

Respuesta US: *El estudio hidrológico elaborado por Idom-Dehc, entregado por la administración para la construcción del proyecto en referencia, menciona la propensión del área de proyecto a inundaciones cíclicas, sin ahondar en un estudio de riesgos.*

Conocedora de este riesgo, la gerencia del proyecto en referencia propuso la contratación de un especialista en hidrología e hidráulica para que realizara un diagnóstico del río Taras en su paso por el proyecto solamente. Dentro de las conclusiones del estudio se ratifica la posibilidad de nuevas inundaciones, toda vez que el cauce del río Taras es la cuenca que recoge la mayor cantidad de aguas de la vertiente; el estudio que fue presentado y entregado por el especialista a la administración y presentado a la comunidad; no realizó diseños hidráulicos nuevos para proyecto, limitando su accionar a dar algunas recomendaciones a la administración respecto al manejo del río, las mismas que dado su alcance desbordan los alcances y posibilidades del contrato en referencia, empezando porque se requieren estudios mucho más específicos de todo el río y no solo de la parte evaluada en este diagnóstico puntual.

"(...)

Así también, mediante oficio 0211-2022, del día 12 de abril de 2022 la Unidad Ejecutora solicitó aclarar a la Unidad Supervisora una consulta presentada por la Unidad Asesora en su oficio DM-2022-1523 y estas fueron atendidas mediante oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2022-207 y Anexos indicando las apreciaciones respectivas al Río Taras.

Informe Final EIC-Lanamme-INF-0764-22	noviembre , 2022	Página 59 de 83
---------------------------------------	------------------	-----------------





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 4/24	

Respuesta UEP: *En el oficio 0223-2022 del 20 de abril de 2022 se brindó respuesta a la consulta emitida por la Unidad Asesora acerca del Río Taras, la cual indica:*

(...)

El día 9 de marzo de 2022 se remitió a la Unidad Asesora el Oficio 0111-2022 cuyo asunto responde a "Situación actual comunidad de Taras referente al Estudio Hidrológico e Hidráulico fluvial del tramo del río Taras." En la cual se explica a profundidad el tema relacionado con el Río Taras. Del cual a su vez la Unidad Asesora a realizado mediante oficio DM-2022-1283 del 1 de abril de 2022, una comunicación formal a la Municipalidad de Cartago. Expresando entre otras cosas lo siguiente:

(...)

1. Debido a lo anterior, se les aclaró que corresponde gestionar con las instituciones competentes la atención de los problemas de inundación que ha sufrido la comunidad desde hace varios años, estando el proyecto imposibilitado para variar sus diseños, y comprometer recursos de éste, por cuanto la situación no corresponde al alcance de las obras; siendo que, en atención a los resultados del Estudio Hidrológico, se procedió a eliminar el trasvase que recolectaba las aguas de la Quebrada Chumico y que las desfogaba hacia el Río Taras, por lo que actualmente, no se está sumando caudal al Río Taras. Según los cambios realizados, el proyecto únicamente drenará hacia el Río Taras las aguas provenientes del área de proyecto y así se ha informado a los ciudadanos.

Así las cosas, se manifiesta que el proyecto, por medio de la OGAS y la Unidad Supervisora, y otros actores, han atendido en reiteradas ocasiones consultas y reuniones de a la comunidad, sin embargo, los mismos mantienen su postura y solicitud de la presencia de tomadores de decisión, que conozcan y avalen su propuesta referente a la recolección y desfogue de aguas.

Es en razón de lo anteriormente indicado, que se apela a sus buenos oficios para la atención de las peticiones de Comité de Vecinos como Gobierno Local, en aras de generar las posibles soluciones a lo manifestado por la comunidad, esto debido a que, a pesar de haberseles expuesto el Estudio Hidrológico, realizado siete (7) reuniones con la comunidad para revisar los alcances de éste y del proyecto, y que la solicitud realizada se encuentra fuera del alcance del proyecto, somos conscientes que, desde el punto de vista técnico, existen afectaciones de carácter antrópico que han llevado al colapso que hoy en día presenta el río Taras.

"(...)

A su vez la alcaldesa de la Municipalidad de Cartago ha enviado de manera física a la UEP el 18 de abril de 2022 el oficio sin numeración, cuya referencia es el Acta 148-2022 de la Sesión Ordinaria celebrada el día 29 de marzo de 2022, la cual entre los acuerdos solicitados se indica lo siguiente:

(...)

Informe Final EIC-Lanamme-INF-0764-22	noviembre , 2022	Página 60 de 83
---------------------------------------	------------------	-----------------





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 5/24	

2. Solicitar un informe detallado relacionado a los temas antes mencionados a la Unidad Ejecutora del Programa de Infraestructura de Transporte (PIT) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, que esta a cargo de las obras, con el fin de conocer, analizar y eventualmente tomar acciones respectivas como Gobierno Local en caso de que no se estén considerando las previsiones ante eventuales inundaciones, derrumbes y relacionados, con los poblados aledaño a los ríos Arriaz y Taras hasta el centro comercial."
(...)

El cual se comparte mediante el presente oficio a la Unidad Asesora la siguiente información, para que pueda ser trasladada a la Municipalidad si así lo considera oportuna:

- Estudio del Diseñador: A02_MEM_08_Estudio de Hidrología y Drenaje
 - Planos de drenaje: 06_DRENAJE
 - Estudio hidrológico Unidad Supervisora: Informe Final Taras-La Lima-Grupo SACH_2021
- Por lo tanto, se ha presentado a la Unidad Asesora toda la información con la que cuenta el proyecto acerca del Estudio del Río Taras.

Criterio UAT

El descargo realizado por la Unidad Supervisora, indica que el informe elaborado por IDOM-DEHC en 2018, menciona la propensión del área de proyecto a inundaciones, por tanto, conoedora del riesgo la gerencia contrató un especialista, quien elaboró el informe llamado "Estudio hidrológico e hidráulico fluvial del tramo del río Taras", estudio que entre sus conclusiones ratifica la posibilidad de nuevas inundaciones en el área del proyecto. El estudio no realizó diseños hidráulicos nuevos para el proyecto, limitando su accionar a recomendaciones respecto al manejo del río, mismas que según argumenta la Unidad Supervisora desbordan el alcance de la obra contratada.

Siendo ahora conocimiento del Equipo Auditor que, ante el riesgo de inundación se contrató un especialista para el análisis del río Taras, y tras realizar la revisión de los documentos aportados en el descargo, se considera correcto que de acuerdo con el alcance contractual no se puede resolver de forma integral el problema de inundaciones en la zona. Sin embargo, es criterio del Equipo Auditor que, pese a que se limitó su alcance a recomendaciones para el manejo del río, el estudio si contiene recomendaciones que competen al proyecto, tal y como se puntualiza a continuación, medidas que dentro de la documentación aportada Auditoría Técnica de Lanamme aún no cuentan con su diseño formal.





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 6/24	


El 7 de agosto de 2021 Applus Ingelog en su oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-293, responde algunas inquietudes presentadas por la Gerencia del proyecto, y realizadas al profesional encargado del informe hidrológico e hidráulico del río Taras. Entre las respuestas brindadas por el especialista contratado, se destaca la siguiente información:

1. El grado de incremento en el caudal del río Taras producto de los pasos transversales es cercano al 14 %. Esta condición va a provocar inundaciones, ya que, la zona sufre problemas de inundación y el proyecto tal cual está diseñado no mitiga el problema.
2. La zona con o sin el proyecto se inundará, debido a factores que el proyecto no puede solventar. De no implementar las obras recomendadas se aumentaría sin duda el riesgo de inundaciones, ya que, aunque el proyecto no brindará una solución definitiva, tampoco lo mitiga.
3. Según las modelaciones del río, se tiene una alta probabilidad de sumergir la salida de las alcantarillas, evitando que funcionen adecuadamente y probabilidad de provocar flujo inverso en el sistema pluvial.
4. El especialista realiza varias recomendaciones, entre ellas, el encauzamiento del río en un tramo del proyecto, desviar el caudal de la quebrada Chumico de forma que no descargue en el río Taras, mejorar el diseño hidráulico de los puentes P6, P7 y P8, realizar obras de protección a los márgenes para controlar los efectos críticos de la erosión, e instalar dispositivos antirretorno en los pasos sumergidos. Referente a la alcantarilla del Paseo Metropoli, recomendó diseñar un elemento de protección contra erosión aguas arriba de la sección de entrada, y un dissipador de energía a la salida, además recomendó realizar un estudio estructural y de potenciales filtraciones en la alcantarilla.

Finalmente, en el oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-293, utilizando las respuestas del consultor, la US deduce aspectos por tener en cuenta, entre ellos se cita que de parte del proyecto se están adelantando los estudios y el diseño de uno de los muros para proteger la margen del río, según las indicaciones del especialista en el eje 15 del proyecto. También indican que, además de varias intervenciones específicas y puntuales en el lecho y laderas del río Taras y las estructuras que lo atraviesan, se requieren estudios adicionales para soluciones a mediano y largo plazo.





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 7/24	

Según la información del oficio del 7 de agosto de 2021, el consultor brindó recomendaciones que sí involucran directamente el proyecto, entre ellas las referentes a mejoras para desfuegos de pasos transversales que podrían operar en condiciones sumergidas (condición ya detectada en los estudios preliminares), obras de protección a los márgenes del río junto a la carretera, así como la necesidad de un estudio estructural y el diseño de las obras de protección por altas velocidades para la alcantarilla en Paseo Metrópoli (los estudios preliminares también detectaron velocidades altas en esta zona). A la fecha de elaboración de este documento, la Auditoría Técnica de LanammeUCR no cuenta con el diseño ni documentos que describan como se atenderán dichas recomendaciones del consultor, pese a que dicha unidad reconoce son puntos por tomar en cuenta en el proyecto.

El informe hidrológico e hidráulico fue entregado el 10 de agosto de 2021, estudio a cargo de Grupo Sach. Posteriormente, la Unidad Supervisora mediante el oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-321 comunica que en atención al estudio hidrológico se decidió eliminar el trasvase de la quebrada Chumico hasta el río Taras.

El 26 de agosto de 2021 la UEP solicitó correcciones al estudio hidrológico, mismas que recibieron respuesta a través del oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-359, oficio en el que se definen algunos aspectos que quedaron fuera del estudio debido al tipo de consultoría contratada, entre ellos el diseño de la intervención de la Quebrada Chumico, diseño de protección de los márgenes, cuantificación y clasificación de riesgos, y además indica que no se consideraron las inundaciones pluviales. Además, aclara que, si bien las recomendaciones no solventarán el problema por completo, sí aportan a dicho objetivo.

Es criterio del Equipo Auditor que desde el punto de vista técnico es correcto eliminar el aporte adicional de la quebrada Chumico al río Taras, ya que, con esta medida se evitarán los efectos negativos que tendría desfugar dicho caudal adicional a la cuenca del río Taras, sin embargo, tras eliminar el trasvase de la quebrada Chumico, quedan sin atender en el estudio las aguas de esta subcuenca, mismas que fueron consideradas en el diseño original, y que forman parte de las aguas que podrían afectar la carretera. Esta modificación en el diseño genera la incertidumbre de lo que ocurrirá con el agua pluvial de la cuenca Chumico, su desfogue y la interacción con el proyecto en desarrollo, ante la ausencia de un estudio que evalúe el comportamiento de la subcuenca sin realizar ninguna intervención.





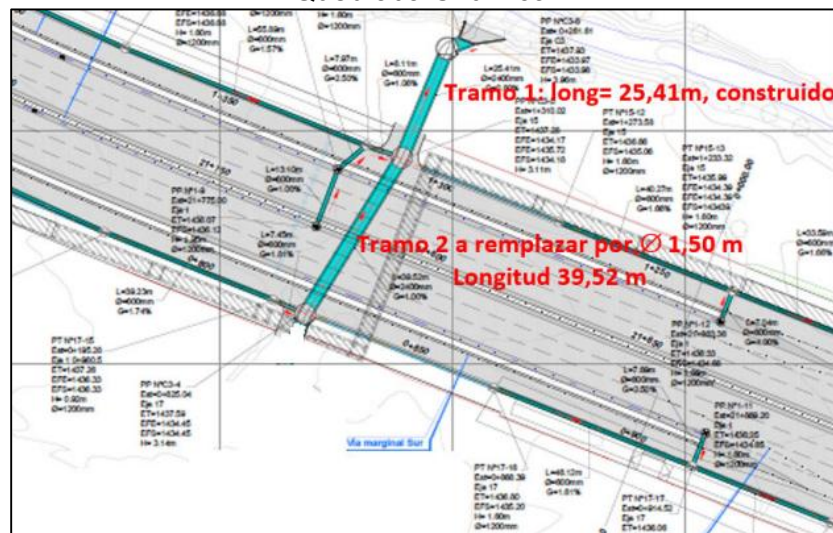
 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo	Referencia: ANEXO 21
	Consecutivo:	Página: 8/24

Asimismo, se indica que permanece pendiente el diseño de la protección de los márgenes, la cuantificación de riesgos, y considerar las afectaciones de las inundaciones pluviales, siendo parte de los intereses del proyecto su análisis, como mínimo delimitado a la carretera e intercambios viales contratados. Por lo que se considera que, a raíz de estas recomendaciones, permanecen incompletos los estudios previos.

A través del oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-490, el 17 de noviembre de 2021 la Unidad de Supervisión confirmó que se ajustaría el diseño del paso transversal de la Avenida 29 (Quebrada Chumico), conservando únicamente los tramos 1 y 2, con tubería de 1,5 m de diámetro en el tramo 2 y de 2,44 m de diámetro en el tramo 1, además de que el especialista de supervisión diseñó el empalme para el paso transversal (ver

Figura A6 en la que se eliminan los tramos 3 y 4 del diseño original). Se señala que permanece pendiente el tratamiento de las aguas de quebrada Chumico y su estudio hidráulico.

Figura A6. Modificación del paso transversal que anteriormente captaba las aguas de Quebrada Chumico.



Fuente: Applus Ingeolog, 2021





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 9/24	

En atención a las modificaciones realizadas a planos, y considerando que el Equipo de Auditoría Técnica no ha recibido una versión que incluya dichas actualizaciones, siendo la última versión de planos recibida correspondiente a abril de 2018. Se destaca nuevamente que este documento reitera que es de conocimiento de la Unidad Supervisora que permanece pendiente definir lo que ocurrirá con las aguas provenientes de quebrada Chumico ahora que no se dispondrán en el río Taras.

Mediante el oficio 0133-2021 la UEP realizó entrega del estudio al MOPT el día 23 de noviembre de 2021, incluyendo los documentos con las correcciones solicitadas y respuestas recibidas. El 3 de marzo de 2022 mediante el oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2022-094 la US comunica conclusiones y recomendaciones adicionales del estudio hidrológico del río Taras, incluyendo la limpieza y recuperación del cauce, la protección de los taludes contra la erosión, la reubicación de las viviendas más afectadas, la definición de la franja de protección del río, el diseño y canalización del río en su paso por el centro urbano, la eliminación del estrangulamientos en puentes, la construcción de los cerramientos para evitar se arroje basura, y el adelantamiento del estudio de la Quebrada Chumico para transportar su caudal sin desfogar en el río Taras, la realización de un estudio integral y más amplio del río Taras y la atención de las conclusiones y recomendaciones del estudio hidráulico realizado para el proyecto. Esta información, así como problemas por desfogues de aguas sanitarias, de las viviendas al río, fueron notificadas a la Unidad Asesora el día 9 de marzo de 2022 mediante el oficio 0111-2022.

De las recomendaciones adicionales del oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2022-094, es criterio del Equipo Auditor que muchas de ellas se encuentran por fuera del alcance de la obra contratada, con excepción de evaluar los efectos al proyecto de no realizar el trasvase de la quebrada Chumico, protección de taludes junto a la obra vial, así como atender recomendaciones del estudio citadas anteriormente.

El 1 de abril de 2022 la Unidad Asesora mediante el documento DM-2022-1283 comunica a la Municipalidad de Cartago sobre los acercamientos que se han sostenido con la comunidad, y las recomendaciones del estudio hidrológico que implican realizar obras en la zona fuera del alcance del proyecto. La Unidad Asesora comunica a la Municipalidad de Cartago que se requiere la atención de las instituciones competentes para solventar los problemas de inundaciones presentados, indicando que tras eliminar el desfogue de Quebrada Chumico en el Río Taras, el proyecto no aporta caudal adicional al río. El 6 de abril el Concejo Municipal de Cartago acordó solicitar un informe detallado al MOPT para tomar las medidas respectivas.

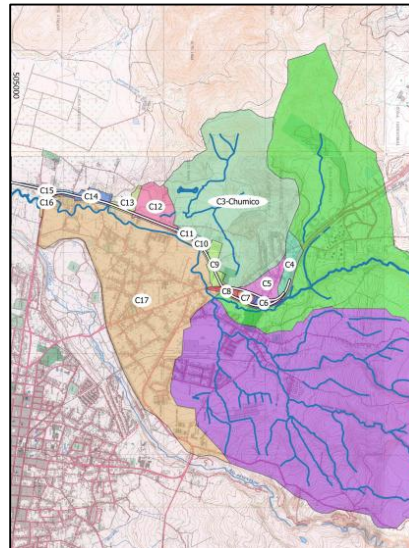




 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 10/24	

Sobre la afirmación de que tras la modificación realizada, el proyecto no aporta caudal adicional al Río Taras, es criterio del Equipo Auditor que es correcto que se reduce significativamente el caudal adicional para dicho cauce tras eliminar el trasvase de la quebrada Chumico; sin embargo, se aclara que, existe un aporte de menor magnitud propio del tipo de obra contratada, que mantiene su desfogue, que según los anexos del Informe 08-Estudio de Hidrología y Drenaje de IDOM-DEHC, correspondería a las subcuencas de la C9 a la C15 (ver Figura A7), ya que, se delimitaron en función del diseño del sistema pluvial, todas estas subcuencas desfogan utilizando pasos transversales y que en menor magnitud aportan caudal al río Taras, siendo subcuencas que ocupan el sector oeste del proyecto, misma ubicación de la quebrada Chumico, cuya cuenca es independiente a estas.

Figura A7. Cuencas consideradas en el diseño original



Fuente: Idom-Dehc, 2018

El oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2022-207 del 20 de abril de 2022, indica que en consideración a consultas realizadas mediante el oficio UEP 0211-2022, generado en atención a las inquietudes que la comunidad les transmitió, se han realizado diversas reuniones en conjunto con la comunidad, en las que se les ha informado que la administración decidió no construir el trasvase de la quebrada Chumico, además de que por razones eminentemente técnicas remplazaron los diámetros menores a 1 m con el fin de quitar presión a las salidas existentes y permitir el fácil mantenimiento.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 11/24	

La documentación de respuesta fue enviada por parte de la UEP a la Unidad Asesora mediante el oficio UEP 0223-2022.

Es criterio del Equipo Auditor que la decisión de ampliar el diámetro de tubería a 1m en todos aquellos casos que se indicara en planos un tubo de menor denominación, favorece el acceso para el mantenimiento del sistema. Dada la modificación en la tubería de lo que antes sería el trasvase Chumico, y todos los cambios de diámetro mencionados en este documento, se solicita entregar la memoria de cálculo que respalda el funcionamiento apropiado del sistema, memoria de cálculo que debe coincidir con los planos de obra en su última versión.

Concluyendo con la totalidad de la documentación aportada referente al análisis de desbordamiento del río Taras, se mantiene el hallazgo realizado, ya que, dentro de los estudios preliminares evaluados en el informe EIC-Lanamme-INF-0764B-2022, el estudio Idom-Dehc de 2018 con el que se diseñó el sistema pluvial del proyecto, y con el que se evaluaron las necesidades de infraestructura en cuanto a prevención de inundaciones, omitió el riesgo de desbordamiento del Río Taras. No fue hasta el año 2021, tres años más tarde y durante la ejecución del proyecto, que se realizó un estudio hidrológico para evaluar el riesgo de desbordamiento, estudio en el que se realizan una serie de recomendaciones para el manejo del río, y que señala se requieren estudios adicionales para temas específicos, algunos de ellos sí forman parte de los intereses del proyecto y debieron ser identificados durante la etapa de estudios preliminares.

Es criterio del Equipo Auditor que muchas de las recomendaciones se salen del alcance de la obra contratada, sin embargo, tal y como se indicó anteriormente algunas de ellas sí forman parte y afectan directamente el diseño y el trabajo por realizar, recomendaciones que debieron ser detectadas y atendidas en los estudios preliminares, y que en la actualidad permanece pendiente su diseño, así como definir las medidas por ejecutar. Permanece pendiente también aspectos que quedaron fuera del estudio hidrológico contratado por la Unidad Supervisora, tales como los efectos de inundaciones pluviales según señala el oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-359. Entre las recomendaciones que tienen relación con el proyecto, y sin limitarse a, se tuvieron las relacionadas a desfuegos en condiciones sumergidas, obras de protección para márgenes del río y las obras para alcantarilla en Paseo Metropoli, concluyendo con esto que los estudios previos no brindaron la totalidad de la información requerida para el diseño final. Se han realizado cambios en el diseño original sin incluir un análisis que respalde su desempeño en el proyecto, entre ellos eliminar el trasvase de la quebrada Chumico, ya que no se cuenta con información de la disposición final del agua de esta cuenca, y tal y como se puntualiza en el Hallazgo 1.

Informe Final EIC-Lanamme-INF-0764-22	noviembre , 2022	Página 67 de 83
---------------------------------------	------------------	-----------------





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 12/24	

La Administración indicó mediante el oficio DM-2020-3831 que es considerada una de las más problemáticas y se inunda frecuentemente, sin embargo, bajo el esquema de cambios realizados, no se realizaría ninguna modificación a la condición actual.

Hallazgo 2: No hay evidencia de una evaluación completa de la condición estructural de la alcantarilla de Paseo Metrópoli

Respuesta UEP: *A la espera de la respuesta a las consultas del oficio 0522-2022 solicitado al Diseñador los cuales aún no han sido atendidos a pesar de haberse solicitado respuesta para el día 21 de septiembre de 2022.*

Sin embargo, la optimización de La Lima según indica el Ingeniero FIDIC en la reunión del día 4 de octubre de 2022, se estará presentando la solución de la alcantarilla con las estructuras Lima No.1 (Eje 1 y 2) y Lima 2 (Ejes 6 y 7), al cierre del presente oficio aún no se presenta esta optimización para revisión de la Supervisión, cuando se cuente con esta se estará compartiendo los resultados.

Respuesta US: *En efecto lo que los estudios y diseños recomiendan para esta obra de drenaje es la construcción de una losa de protección apoyada en pilotes, sin embargo el diseño que debería contener las memorias de cálculo, planos, presupuesto, etc., no están incluidos en la documentación recibido por la Supervisión y por el Contratista de obra para la construcción del proyecto, lo cual obligó a los responsables de la ejecución física del proyecto a plantear soluciones, las cuales están en desarrollo en este momento y que tienen que ver con aumentar en dos, el número de vanos del puente a cambio de la losa sobre pilotes no diseñada, con el propósito de despojar de cualquier carga adicional a la estructura hidráulica existente.*

Criterio UAT

Se destaca que en el oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-293, la Supervisión indica que referente a la alcantarilla de Paseo Metrópoli, el especialista contratado para el segundo estudio hidrológico recomendó realizar un estudio estructural y de potenciales filtraciones. Estos estudios no fueron entregados al Equipo Auditor dentro de la respuesta al informe preliminar, y se desconoce si ya fueron realizados.



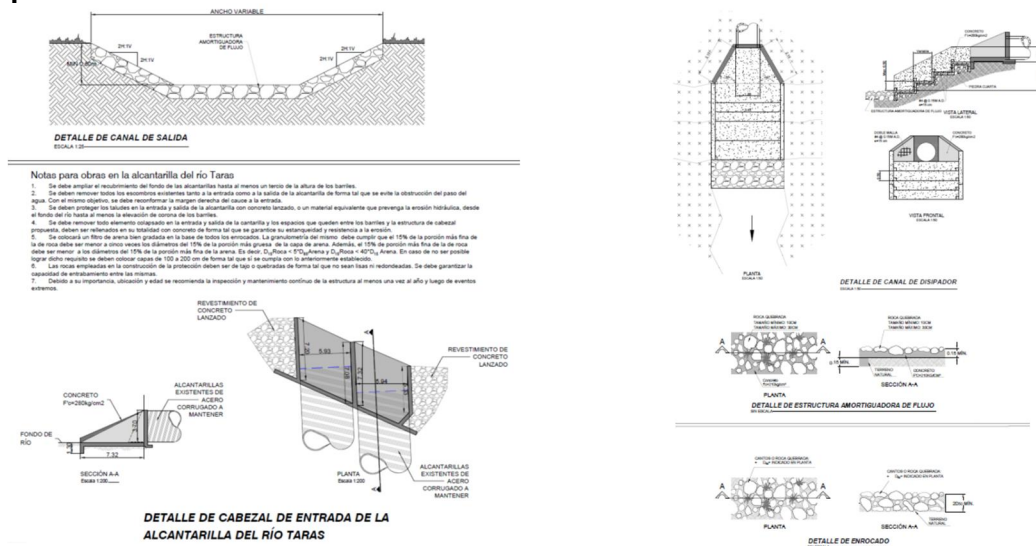


 <p>LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES</p>	<p>Universidad de Costa Rica</p> <p>Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales</p> <p>Unidad de Auditoría Técnica</p> <p>Análisis del Descargo</p>	<p>Referencia: ANEXO 21</p>
	<p>Consecutivo:</p>	<p>Página: 13/24</p>

En el descargo tanto la UEP como la US afirman las soluciones se encuentran en desarrollo. Sin embargo, no se aporta documentación sobre la metodología y resultados de la evaluación de la capacidad estructural de la alcantarilla en los estudios preliminares, a pesar de que el Contrato de Servicios de Consultoría indicaba, respecto del diseño de las estructuras de drenaje, que además de considerar las estructuras nuevas, se debía realizar una inspección y mejorar las estructuras existentes, por lo tanto, se mantiene el hallazgo.

Observación 1: no hay evidencia de un procedimiento formal de diseño del cuenco disipador de energía de la alcantarilla de Paseo Metrópoli

Respuesta UEP: *Se consulta si se ha revisado la Lámina A02-PLA-06-04-00-00-000-R02*



Criterio UAT

En efecto el Equipo Auditor cuenta con la lámina A02-PLA-06-04-00-00-000-R02, sin embargo, la observación hace referencia a la ausencia de un apartado dentro del informe de los estudios preliminares, que contenga la metodología y parámetros de diseño de estos elementos. Mediante el oficio DM-2020-3831 del 08 de octubre del 2020, la Administración indicó que, por las condiciones topográficas de desnivel, alineamiento y afectación a propiedades del sitio no fue posible implementar una solución convencional, sin aportar resultados de las condiciones hidráulicas estimadas en el cuenco, para valorar su efectividad, ya que la información presentada no es suficiente para verificar en qué medida la protección propuesta será efectiva para mitigar la erosión, para garantizar la integridad y estabilidad de la alcantarilla y de los terrenos adyacentes.





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 14/24	

Como complemento a lo anterior se debe señalar que mediante el oficio 0430-2022 la UEP registró no contar con memoria de cálculo de los elementos disipadores (ver Figura A8), y que mediante el oficio A+/INGELOG/PIT-26-SBCC-CF-2019/2021-293, la Unidad Supervisora incluyó dentro de las recomendaciones del consultor del segundo estudio hidrológico el diseño de estos elementos.

Debido a que el descargo no aporta información adicional se mantiene la observación.

Figura A8. Revisiones realizadas durante periodo de diseño

<p>5. No hay detalles de amortiguadores de energía o bloques disipadores. <i>Respuesta: Se agrega el detalle de canal gradeado, cuenco disipador y enrocado.</i></p> <p style="color: green;"><i>Se verifica en planos. Sin embargo, no se observó memoria de cálculo que demostrara la eficacia de esos elementos disipadores.</i></p>
<p>Lámina de perfiles:</p> <p>1. En planos no se especifican elementos de canalización del flujo de agua de forma segura, es decir no se detallan bajantes escalonados o canales de salida, que permitan conducir el caudal hacia los cuerpos de agua cercanos, controlando el correcto desfogue (En planos se hacen observaciones). <i>Respuesta: Se agrega en los casos pertinentes.</i></p> <p style="color: green;"><i>Se verifica en planos. Sin embargo, no se observó memoria de cálculo que demostrara la eficacia de esos elementos disipadores.</i></p>

Fuente: UEP, 2022


Observación 2: Se evidenciaron debilidades en el estudio hidrológico, el análisis y los diseños hidráulicos del proyecto.

Respuesta UEP: *Considerar que se ha remitido en 2 oportunidades a la Unidad Asesora (UA) acerca de los 3 ingenieros que formaron parte de la coordinación, avances y revisión de los diseños originales propuestos por el Diseñador, presentando informes cada mes de los avances en los diseños finales durante el periodo de la consultoría (Oficio 0430-2022 el día 8 de agosto de 2022 y 0474-2022 del 30 de agosto de 2022), los cuales aún hoy forman parte de la Unidad Asesora, por lo cual convendría consultar a estos sobre las cuestiones que no puedan ser aclaradas hoy en día.*

	Universidad de Costa Rica	Referencia:
Informe Final EIC-Lanamme-INF-0764-22	noviembre , 2022	Página 70 de 83





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
Consecutivo:		Página: 15/24	

Respuesta US: Dentro de las falencias que se lograron evidenciar de primera mano en los diseños hidráulicos, dado que el contrato en referencia ni el de la Supervisión tienen dentro de sus alcances y obligaciones la revisión de la calidad de los estudios y diseños iniciales, ni el personal necesario para tales efectos, sí se logró identificar que varios tramos del drenaje pluvial incumplían las directrices dadas por el SIECA desde 2010, respecto al diámetro mínimo de tuberías de drenaje, el cual establece que por consideraciones de mantenimiento, dicho diámetro no debe ser inferior a 36”.

Por otra parte, la Orden de Modificación No. 2 la Supervisión hace una modificación a las secciones hidráulicas de la tubería para el tronco central con la finalidad de mantenimiento de obra.

Criterio UAT

Tras realizar una revisión al descargo de la US y los oficios indicados por la UEP, no se encontró información adicional para fundamentar el cálculo del tiempo de concentración, las oportunidades de mejora para el cálculo de precipitación máxima y los términos de referencia para los contratos de servicios de consultoría, no se aporta tampoco información de coeficientes de escorrentía. Debido a que el descargo no contiene información que modifique lo señalado en la observación, esta se mantiene.

B. SOBRE LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS DEL PROYECTO

Hallazgo 3: dos de los laboratorios que proveen servicios en el proyecto no contaban con acreditación con la norma INTE-ISO/IEC 17025 en el año en que realizaron ensayos incluidos en el informe.

Respuesta UEP: Considerar que se ha remitido en 2 oportunidades a la Unidad Asesora (UA) acerca de los 3 ingenieros que formaron parte de la coordinación, avances y revisión de los diseños originales propuestos por el Diseñador, presentando informes cada mes de los avances en los diseños finales durante el periodo de la consultoría (Oficio 0430-2022 el día 8 de agosto de 2022 y 0474-2022 del 30 de agosto de 2022), los cuales aún hoy forman parte de la Unidad Asesora, por lo cual convendría consultar a estos sobre las cuestiones que no puedan ser aclaradas hoy en día.

Criterio UAT


El oficio 0430-2022 del 08/08/2022: Contiene las revisiones que fueron en su momento realizadas por parte de la Unidad Asesora a los diseños IDOM-DEHC

- Revisión de planos constructivos de estructuras de puentes SP No. 01-2016 MOPT-BID-PIT1.

	Universidad de Costa Rica	Referencia:
Informe Final EIC-Lanamme-INF-0764-22	noviembre , 2022	Página 71 de 83





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
Consecutivo:		Página: 16/24	

- *Informe Mensual de actividades realizadas: Consultoría Individual Especialista en Estructuras para apoyar la Unidad Asesora del Comité de administración y Supervisión (CAS) en la Revisión de Diseños Ejecutivos para los proyectos del Programa de Infraestructura de Transporte MOPT/BID periodo del 03 de diciembre de 2017 al 02 de enero de 2018. A ninguno de estos enlaces tuvo acceso la Unidad de Auditoría Técnica.*

El oficio 0474-2022 del 30/08/2022: Contiene aclaraciones al Documento ID: EZSHARE-1854815960-164 Análisis de obra, avance en pilotajes y plano

En la documentación adjunta y en la respuesta que da la UEP al hallazgo en específico, no se justifica ni se presenta evidencia que aclare este hallazgo por lo que es criterio de esta Unidad de Auditoría Técnica que el hallazgo No 3 se mantiene sin cambios.

Observación 3. La memoria de cálculo del diseño optimizado de las cimentaciones en pilotes está incompleta

Respuesta UEP: *A la espera de la respuesta a las consultas del oficio 0522-2022 solicitado al Diseñador los cuales aún no han sido atendidos a pesar de haberse solicitado respuesta para el día 21 de septiembre de 2022.*

En el oficio 0538-2022 del 28 de septiembre se le solicitó al Ingeniero Mario Loria Galarza de la Unidad Asesora aclarar el Informe Preliminar EIC-Lanamme-INF-0764-2022, el cual se encuentra actualmente sin respuesta.

Actualmente se encuentra en revisión las optimizaciones del Intercambio Taras y La Lima por parte de la Unidad Supervisora y Unidad Asesora.

Considerar que se ha remitido en 2 oportunidades a la Unidad Asesora (UA) acerca de los 3 ingenieros que formaron parte de la coordinación, avances y revisión de los diseños originales propuestos por el Diseñador, presentando informes cada mes de los avances en los diseños finales durante el periodo de la consultoría (Oficio 0430-2022 el día 8 de agosto de 2022 y 0474-2022 del 30 de agosto de 2022), los cuales aún hoy forman parte de la Unidad Asesora, por lo cual convendría consultar a estos sobre las cuestiones que no puedan ser aclaradas hoy en día.

Criterio UAT

Tal y como se menciona en el extracto del oficio 0561-2022, no se presenta a la fecha de elaboración de este documento una respuesta a esta observación. Por lo tanto, es criterio de esta UAT que se mantiene la Observación No 3 sin cambios.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 17/24	

C. SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO Y OTROS ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL

Hallazgo 4. Se evidenció en el proyecto incumplimiento de los dispositivos aprobados en el plan de manejo de tránsito aprobado y la implementación del mismo.

Respuesta US: *El Contratista de obra del proyecto en referencia presentó para aprobación de la DGIT, el PMT considerando dos fases, las cuales luego de observaciones y correcciones fueron aprobadas pese a lo cual, al momento de su implementación en efecto el Contratista presentó algunas deficiencias, las cuales están acertadamente identificadas en el informe en asunto. Hay que decir que a la fecha la gran mayoría de las falencias entonces registradas, se han corregido satisfactoriamente.*

Un asunto que no obstante no ha sido posible controlares el exceso de velocidad de algunos vehículos, a cualquier hora del día o de la noche. Acorde con el PMT se le ordenó al Contratista que, junto con la señalización horizontal y vertical para la restricción de la velocidad, se instalaran reductores físicos de velocidad, sin embargo, las presas se incrementaron de manera que a solicitud del tránsito y de la gerencia del proyecto se ordenó su retiro. A la fecha, el control de velocidad corre por cuenta de las canalizaciones de tránsito, que ha sido necesario implementar en el área de proyecto, específicamente en el tronco central.

El PMT aprobado y vigente es permanente objeto de revisión de cumplimiento por parte de la Supervisión.

Criterio UAT

Tal y como se confirma en la respuesta de la US, durante el proceso constructivo del proyecto desarrollado en el año 2020 está Auditoría Técnica junto con la colaboración de la USVT del LanammeUCR, detectó incumplimientos del PMT y la implementación del mismo, los cuales fueron comunicados a la Administración de forma oportuna durante el proceso en los oficios: LM-IC-D-0218-2021 del 5 de marzo de 2021, LM-EIC-D-0464-2021 del 1 de junio de 2021 y LM-EIC-D-0793-2021 del 8 de setiembre de 2021.

Si bien es cierto y la US confirma sobre la existencia de algunas deficiencias, las cuales como se indica están acertadamente señaladas en el informe preliminar INF-0764-2022, se menciona que, a la fecha de emisión de este documento, la gran mayoría de las falencias entonces registradas, se han corregido satisfactoriamente.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 18/24	

Esta UAT realizó una visita al proyecto los días 18/10/2022 y 25/10/2022 donde se corroboró la situación actual de los dispositivos de canalización. Y se pudo evidenciar que existen secciones del proyecto como por ejemplo en la sección del intercambio de La Lima (ver Figura A 4) donde a la fecha se observó que las barreras de concreto no contaban con un anclaje a la superficie, ni vinculación entre elementos consecutivos, sumado a la ausencia de continuidad entre elementos, condiciones necesarias para contener y re direccionar de forma segura un vehículo, por lo que estas representan un riesgo para los usuarios de la vía y trabajadores del proyecto, dato que se señaló en el hallazgo 4 del informe preliminar EIC-Lanamme-INF-0764-2022.

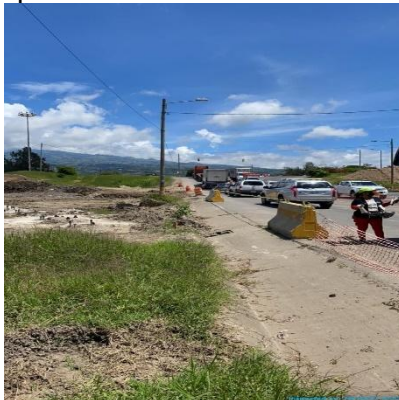



Figura A 4. Deficiencias en la canalización vial, Intercambio La Lima
Fuente: UAT 18/10/2022

En cuanto al tema de la velocidad, la US admite que existen problemas en el cumplimiento de la velocidad máxima aprobada en el PMT y en la utilización de los dispositivos o señalización al respecto.

Por lo tanto, es criterio de esta Auditoría Técnica, que pese a que se observan algunas mejoras en cuanto a la canalización vial del proyecto, en términos generales todavía se observa una debilidad en cuanto a la implementación y puesta en servicio del PTM y el uso correcto de los sistemas y dispositivos de canalización vehicular, lo que repercute en la seguridad de los usuarios de la vía y los trabajadores del proyecto, , por lo que se mantiene el Hallazgo No 4 sin cambios.

Observación 4. En los documentos contractuales no se encontró evidencia de los diseños de sistemas de contención vehicular, ni de los parámetros de desempeño.



 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 19/24	

Respuesta UEP: *En el oficio 0538-2022 se le solicitó al Ingeniero Mario Loria Galarza de la Unidad Asesora considerar el tema de las barreras de contención el cual se encuentra actualmente en análisis de este junto con la optimización de Taras.*

Criterio UAT

A la fecha de elaboración de este documento no se ha recibido respuesta. Y debido a que se considera este como un tema importante en la calidad del proyecto vial, ya que al realizar un diseño general, sin conocer los dispositivos reales que serán instalados ni valorar las condiciones específicas de cada sitio, se incurre en el riesgo de generar condiciones geométricas que no serán compatibles con el comportamiento dinámico de los dispositivos, condición que incidirá en el correcto funcionamiento de los dispositivos de contención vehicular o en la frecuencia de mantenimiento posterior a colisiones.

Es criterio de esta Auditoría Técnica que es de suma importancia que la Unidad Asesora cuente con toda la información necesaria para realizar el proceso de supervisión para el cual fue contratado, garantizando así el adecuado desarrollo del proyecto vial y de la inversión pública, por lo que se mantiene la Observación No 4 sin cambios.

D. SOBRE EL ANÁLISIS DEL TRÁNSITO DEL PROYECTO

Observación 5. Se evidenció en los documentos del proyecto tres criterios diferentes para la estimación de la tasa de crecimiento

Respuesta US: *Los datos consignados en el Informe 06 – Estudios de tránsito (IDOM y DEHC, 2018), son los únicos datos de partida dado que el Contratista ni la Supervisión realizaron conteos adicionales a los que contenían los Estudios iniciales.*

El estudio funcional adelantado por el Contratista a solicitud de la Unidad Asesora, como requisito para el análisis de las propuestas de ingenierías de valor que adelantaba en su momento el Contratista, arrojó resultados que fueron sopesados por el especialista en tránsito del Contratista y que luego de varias disertaciones, explicaciones y discusiones acogió la Supervisión, a instancias de la Gerencia del proyecto.


La Unidad Supervisora no formuló criterios ni recomendaciones respecto a la tasa de crecimiento a emplear, simplemente y en cumplimiento de sus obligaciones revisó los resultados y recomendaciones del Contratista.

Las Ingenierías de Valor, motivo del estudio de funcionalidad que adelantó el Contratista para los intercambios de Taras y La Lima, no se aceptaron por parte de la administración.

Informe Final EIC-Lanamme-INF-0764-22	noviembre , 2022	Página 75 de 83
---------------------------------------	------------------	-----------------





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 20/24	

Criterio UAT

Esta Auditoría Técnica considera que por la importancia de este tema en cuanto a los estudios preliminares en al desarrollo de los proyectos viales, esta observación y las recomendaciones derivadas de esta se mantengan. Se realiza el siguiente cambio en la redacción de la misma tomando en cuenta la respuesta de la US.

Observación 5. Se evidenció en los documentos del proyecto que no existe un procedimiento formal para determinar la tasa de crecimiento.

Esto con el objetivo de que quede registro de la recomendación emitida por la Secretaria de Planificación Sectorial para futuros proyectos y de las implicaciones que puede tener en este proyecto las inconsistencias que pueden presentar la estimación, análisis o diseño, generado a partir de los datos determinados a partir de esta tasa de crecimiento. Esto a pesar de incorporar parámetros como el PIB, población u otros, no son apropiados para analizar de forma correcta la demanda de viajes. Por lo que se recomienda generar un modelo de demanda de transporte urbano para la zona de estudio y su periferia, de forma que puedan captarse los distintos patrones de movilidad y puedan realizarse estimaciones confiables para los escenarios futuros del proyecto.


Observación 6. Se evidenció en los documentos del proyecto que en los estudios de tránsito no se realizó una calibración y validación del modelo de tránsito utilizado para estimar la demanda vehicular

Respuesta UEP: *A la espera de la respuesta a las consultas del oficio 0522-2022 solicitado al Diseñador los cuales aún no han sido atendidos a pesar de haberse solicitado respuesta para el día 21 de septiembre de 2022.*

Considerar que se ha remitido en 2 oportunidades a la Unidad Asesora (UA) acerca de los 3 ingenieros que formaron parte de la coordinación, avances y revisión de los diseños originales propuestos por el Diseñador, presentando informes cada mes de los avances en los diseños finales durante el periodo de la consultoría (Oficio 0430-2022 el día 8 de agosto de 2022 y 0474-2022 del 30 de agosto de 2022), los cuales aún hoy forman parte de la Unidad Asesora, por lo cual convendría consultar a estos sobre las cuestiones que no puedan ser aclaradas hoy en día.





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 21/24	

Criterio UAT

Tal y como se menciona en el extracto del oficio 0561-2022, no se presenta a la fecha de elaboración de este documento una respuesta a esta observación. Por lo tanto, es criterio de esta UAT que se mantiene la Observación No 6 sin cambios.

E. SOBRE EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO Y LA PROPUESTA DE REHABILITACIÓN.

Observación 7. Se utilizó un factor camión diferente al propuesto en la literatura de referencia

Respuesta US: *La definición y utilización del factor camión utilizado para la determinación del refuerzo del pavimento, está explicada en los informes del especialista contratado por la administración a instancias de la Supervisión para el efecto, Dr. Pedro Luis Castro, quien hace alusión a un documento de su autoría, publicado años atrás, en el cual explica las razones para la adopción de dicho factor camión. Respetuosamente se sugiere revisar.*


Criterio UAT

Después de revisar los documentos

- “Optimización de diseño estructural para pavimentos nuevos de eje principal, intercambiador para ejes con elevado tráfico e intercambiador para ejes con bajo tráfico y vías marginales para el tramo Taras – La Lima” (de fecha 06/05/2021)
- “Diseño estructural para rehabilitación de pavimentos de eje principal, intercambiador para ejes con elevado tráfico e intercambiador para ejes con bajo tráfico y vías marginales del tramo Taras – La Lima” (de fecha 16/07/2021), ambos elaborados por el Ing. Pedro Castro Fernández.
- Contrato para servicios de consultoría. Suma Global. 3- Diseño Funcional de los Intercambios entre la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 236 (Taras), Préstamo No. BID 2007 /OC-CR y la Intersección de las Rutas Nacionales No. 2 y 10 {Cartago, incluyendo el Mejoramiento de la Ruta Nacional No. 2. Sección: Taras-La Lima, en la Provincia de Cartago.
- PLCF Respuesta a Oficio EIC-Lanamme-913-2021.pdf y sus anexos: Documento con respuestas al oficio del LanammeUCR y documentos en Excel (Cálculo EEQ Taras - La Lima FINAL y Diseño AASHTO Pavimentos Nuevos)





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 22/24	

Se observa que el criterio utilizado por el diseñador para determinar los factores camión utilizados en el diseño de la estructura de pavimento son los valores promedio del documento del “Diseño de los intercambios entre la intersección de las Rutas Nacionales N° 2 y 236 (Taras), y la intersección de las Rutas Nacionales N° 2 y 10 (Cartago), incluyendo el mejoramiento de la Ruta Nacional N° 2, sección: Taras - La Lima, en la provincia de Cartago, INFORME 07 – DISEÑO DE PAVIMENTOS”. De acuerdo con este documento dichos valores están fundamentados en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos y en los lineamientos del MOPT establecidos en el documento DVOP-5170-07.

Por lo que, para vehículos livianos, lo cual representa la mayoría de la flotilla vehicular, y que en todos los casos es mayor al 70%, se utiliza un factor camión de 0,015, el cual es el valor encontrado en la referencia mencionada.

Es criterio de este Equipo Auditor que la Observación No 7 se elimine, de acuerdo con la justificación técnica presentada.


SOBRE EL DISEÑO GEOMÉTRICO DEL PROYECTO

Observación 8. Se evidenciaron oportunidades de mejora relacionadas con el diseño geométrico y la demarcación vial del proyecto.

Respuesta US: *En consideración a la disponibilidad predial y al cambio en la intervención definida para la vía existente, la cual cambia el proyecto de reconstrucción por el de refuerzo, los ajustes realizados a la geometría de la vía se han dado principalmente en el diseño de rasantes, armonizando este aspecto a las realidades del proyecto; en el caso de las marginales por ejemplo, fue necesario el ajuste de las rasantes en función de los accesos existentes a predios, mayoritariamente comerciales y que requieren del ingreso de vehículos con insumos para diferentes industrias. En general la configuración en planta se ha mantenido de acuerdo al diseño original. La modificación de parámetros de diseño definidos por el diseñador original, no es una posibilidad en este momento, ya que el contrato actual no solo no tiene esos alcances, sino que la construcción ya está muy definida y avanzada en varios sectores del proyecto.*





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 23/24	

Dentro de las posibilidades actuales de mejora para el proyecto geométrico y en línea con lo expresado por esta Supervisión semanas atrás, cabe la revisión del proyecto de demarcación horizontal y vertical, para lo cual se estará atento a las indicaciones de la administración.

Criterio UAT

Es criterio de esta Auditoría Técnica que de manera generalizada en el diseño geométrico se evidencian deficiencias que pueden producir conflictos entre los diferentes usuarios de la vía, así como oportunidades de mejora que permitirían minimizar los accidentes de tránsito con el objetivo principal de salvaguardar la vida y reducir los daños materiales. También que existen diseños desactualizados que no cumplen con la normativa nacional y las buenas prácticas de la ingeniería, así como la falta de un estudio de movilidad peatonal y ciclista que permita evidenciar las necesidades de los usuarios y sus trayectorias, y de esta forma justificar la ubicación de la infraestructura peatonal y ciclista provista, o un análisis de las rutas de transporte público colectivo que transitarán por el proyecto, así como la frecuencia de los servicios y paradas permitidas, esto en aras de brindar infraestructura que responda a la capacidad necesaria para cada una de las bahías, por esta razón se mantiene la Observación No 8.





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 24/24	

Aspecto	No	Hallazgo/Observación	Criterio
Hidrología e hidráulica	Hallazgo 1	El alcance del estudio se considera incompleto al no incluir un análisis del riesgo de desbordamiento del río Taras	Se mantiene el hallazgo, sin cambios.
	Hallazgo 2	No hay evidencia de una evaluación completa de la condición estructural de la alcantarilla de Paseo Metrópoli	Se mantiene el hallazgo, sin cambios.
	Observación 1	No hay evidencia de un procedimiento formal de diseño del cuenco dissipador de energía de la alcantarilla de Paseo Metrópoli	Se mantiene la observación, sin cambios.
	Observación 2	Se evidenciaron debilidades en el estudio hidrológico, el análisis y los diseños hidráulicos del proyecto.	Se mantiene la observación, sin cambios.
Geología y Geotecnia	Hallazgo 3	Dos de los laboratorios que proveen servicios en el proyecto no contaban con acreditación con la NORMA INTE-ISO/IEC 17025 en el año en que realizaron ensayos incluidos en el informe	Se mantiene el hallazgo, sin cambios.
	Observación 3	La memoria de cálculo del diseño optimizado de las cimentaciones en pilotes está incompleta	Se mantiene la observación, sin cambios.
PMT y SV	Hallazgo 4.	Se evidenció en el proyecto incumplimiento de los dispositivos aprobados en el plan de manejo de tránsito aprobado y la implementación del mismo.	Se mantiene el hallazgo, sin cambios.
	Observación 4.	En los documentos contractuales no se encontró evidencia de los diseños de sistemas de contención vehicular, ni de los parámetros de desempeño.	Se mantiene la observación, sin cambios.
Análisis de Tránsito	Observación 5.	Se evidenció en los documentos del proyecto tres criterios diferentes para la estimación de la tasa de crecimiento	Se mantiene la observación con cambios
	Observación 6.	Se evidenció en los documentos del proyecto que en los estudios de tránsito no se realizó una calibración y validación del modelo de tránsito utilizado para estimar la demanda vehicular	Se mantiene la observación, sin cambios.
Diseño estructural	Observación 7	Se utilizó un factor camión diferente al propuesto en la literatura de referencia.	Se elimina la observación.
Diseño Geométrico	Observación 8	Se evidenciaron oportunidades de mejora relacionadas con el diseño geométrico y la demarcación vial del proyecto.	Se mantiene la observación, sin cambios.





 LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES	Universidad de Costa Rica Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales		Referencia: ANEXO 21
	Unidad de Auditoría Técnica Análisis del Descargo		Versión: 1
	Consecutivo:	Página: 24/24	

	Nombre y Puesto	Firma	Fecha
Preparó:	Ing. Ana Elena Hidalgo Auditor Líder	Firmado digitalmente por ANA ELENA HIDALGO ARROYO (FIRMA) Fecha: 2022.10.31 16:54:46 -06'00'	24/10/2022
Revisó:	Ing. Francisco Fonseca Chaves Auditor Adjunto	FRANCISCO FONSECA CHAVES (FIRMA) Firmado digitalmente por FRANCISCO FONSECA CHAVES (FIRMA) Fecha: 2022.11.01 10:27:54 -06'00'	27/10/2022
	Ing. Mauricio Picado Muñoz Auditor Adjunto	Firmado digitalmente por MAURICIO ESTEBAN PICADO MUÑOZ (FIRMA) Fecha: 2022.11.01 07:53:54 -06'00'	25/10/2022
	Ing. Mauricio Salas Auditor Adjunto	Firmado digitalmente por MAURICIO JOSE SALAS CHAVES (FIRMA) Fecha: 2022.10.31 16:33:58 -06'00'	26/10/2022
	Ing. Luis Paulino Rodríguez Solano Auditor Adjunto	Firmado digitalmente por LUIS PAULINO RODRIGUEZ SOLANO (FIRMA) Fecha: 2022.10.31 16:53:31 -06'00'	10/10/2022
Aprobó:	Ing. Wendy Sequeira Rojas, M.Sc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica	Firmado digitalmente por WENDY SEQUEIRA ROJAS (FIRMA) Fecha: 2022.10.31 14:59:04 -06'00'	26/10/2022





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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

Hallazgo/observación	Cumplimiento Contractual	Impacto	Urgencia	Promedio
Hallazgo 1: El alcance del estudio se considera incompleto al no incluir un análisis del riesgo de desbordamiento del Río Taras	3	5	3	3,7
Hallazgo 2. No hay evidencia de una evaluación completa de la condición estructural de la alcantarilla de Paseo Metrópoli	5	5	5	5,0
Observación 1. No hay evidencia de un procedimiento formal de diseño del cuenco dissipador de energía de la alcantarilla de Paseo Metrópoli.	1	1	1	1,0
Observación 2. Se evidenciaron debilidades en el estudio hidrológico, el análisis hidráulico y los diseños hidráulicos del proyecto	1	1	1	1,0
Hallazgo 3. Dos de los laboratorios que proveen servicios en el proyecto no contaban con acreditación con la norma INTE-ISO/IEC 17025 en el año en que realizaron ensayos incluidos en el informe	5	1	1	2,3
Observación 3. La memoria de cálculo del diseño optimizado de las cimentaciones en pilotes está incompleta.	1	1	1	1,0
Hallazgo 4. Se evidenció en el proyecto incumplimiento de los dispositivos aprobados en el plan de manejo de tránsito aprobado y la implementación del mismo.	3	5	5	4,3
Observación 4. En los documentos contractuales no se encontró evidencia de los diseños de sistemas de contención vehicular, ni de los parámetros de desempeño.	1	3	5	3,0
Observación 5: Se evidenció en los documentos del proyecto que no existe un procedimiento formal para la estimación de la tasa de crecimiento	1	1	1	1,0
Observación 6: Se evidenció en los documentos del proyecto que en los estudios de tránsito no se realizó una calibración y validación del modelo de tránsito utilizado para estimar la demanda vehicular.	1	1	1	1,0
Observación 7: Se evidencian oportunidades de mejora relacionadas con el diseño geométrico y la demarcación vial del proyecto.	1	3	1	1,7

