

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR)

Informe: EIC-LANAMME-INF-009-2021

Evaluación de las actividades desarrolladas en el proyecto TOPICS: ampliación y rehabilitación del tramo Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia en la Ruta Nacional 32.



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
Enero, 2022



Información Técnica del documento

1. Informe Informe de Auditoría Técnica: EIC-LANAMME-INF-009-2021	2. Copia No. 1	
3. Título y subtítulo: Evaluación de las actividades desarrolladas en el proyecto TOPICS: ampliación y rehabilitación del tramo Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia en la Ruta Nacional 32.	4. Fecha del Informe Enero, 2022	
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias --**--		
9. Resumen <p>El presente informe constituye una evaluación de las actividades desarrolladas en el proyecto: ampliación y rehabilitación del tramo Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia en la Ruta 32.</p> <p>En términos generales este proyecto consistía en la rehabilitación de la carretera existente, construcción de cunetas, ampliación de la vía a un carril adicional por sentido; siendo que, está ampliación implica la realización de movimientos de tierra en sitios específicos donde posteriormente se requiere del análisis de estabilidad y deformabilidad de taludes y diseño de muros.</p> <p>La conceptualización y ejecución de este proyecto se llevó a cabo bajo el marco de los proyectos conocidos como TOPICS, donde una característica es que su ejecución estuvo a cargo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI, mediante el uso de los contratos de conservación vigentes.</p> <p>En cuanto al contratista a cargo de las obras, se identificó que, para este proyecto, por la zona de conservación en la que se encuentra, participaron dos empresas contratistas: MECO para la atención y rehabilitación del pavimento y Hernán Solís para la atención del sistema de drenajes, diseño y construcción de muros.</p> <p>Una particularidad de este informe es que se basa en un proyecto que inició, se suspendió, y hasta la fecha no ha concluido de manera que, la exposición de tramos inconclusos al tránsito y al clima ha provocado un deterioro prematuro de zonas construidas que quedaron suspendidas, situación que representará un sobre costo para la Administración.</p> <p>Como parte del contenido del informe se realizó un análisis sobre la gestión de riesgo del proyecto especialmente sobre el hecho de que cuenta con dos contratistas a cargo que hace difícil la atribución de responsabilidades ante de falla prematura de alguno de sus elementos.</p> <p>Con base en las vistas técnicas realizadas por parte del Equipo Auditor se muestra un recuento de los daños prematuros que han aparecido en el proyecto producto de su suspensión. Además, se observó que la base estabilizada desde un inicio no se ajustó a las especificaciones vigentes, para llevar a cabo su control de calidad.</p> <p>Finalmente, se muestra un resumen de los resultados de los informes LM-PIG-10-2021 y LM-EIC-PIG-I-13-2021 sobre el hecho de que los estudios geotécnicos fueron insuficientes y deficientes para el diseño de taludes y muros de refuerzo.</p>		
10. Palabras clave Conservación vial – Topics – Gestión – Base estabilizada	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 111



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

EIC-LANAMME-INF-009-2021: “Evaluación de las actividades desarrolladas en el proyecto TOPICS: ampliación y rehabilitación del tramo Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia en la Ruta Nacional 32.”

Departamento encargado del proyecto: Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. CONAVI.
Licitación Número: 2014LN-000016-0CV000, 2014LN-000017-0CV000 y 2014LN-000018-0CV000

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

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

Audidores:
Auditor Técnico Líder: Ing. Luis Diego Herra Gómez
Auditores Adjuntos: Ing. Mauricio Salas Chaves
Ing. José David Rodríguez Morera

Expertos técnicos: Ing. Ana Monge Sandí, MSc.
Ing. Gustavo Badilla Vargas, PhD.

Asesora Legal:
Licda. Nidia Segura Jiménez

Alcance del informe:

El alcance de este informe de auditoría técnica se basa en el análisis de la gestión y desarrollo del proyecto TOPICS: Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo.

Como parte de la evaluación en la gestión del proyecto se realiza un análisis de costos y riesgos asociados a la ejecución de este tipo de proyectos mediante el uso de contratos de conservación vial.

Por otra parte, como parte de la evaluación de la ejecución del proyecto se tiene la ejecución de ensayos de control de calidad, específicamente al material de base estabilizada. Así como el análisis del diseño de materiales y elementos que forman parte del proyecto, como lo son los taludes y muros del proyecto.

Adicionalmente, dentro del proceso de auditoría se llevan a cabo visitas al proyecto a partir de las cuales se documenta el proceso constructivo y el desempeño del proyecto. En este caso particular, como el proyecto se suspendió la documentación referente al desempeño se basa en el registro de deterioros prematuros que ocurrieron posterior a la suspensión de las actividades.



TABLA DE CONTENIDOS

1.	FUNDAMENTACIÓN	8
2.	OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS	8
3.	OBJETIVOS DEL INFORME	9
3.1.	OBJETIVO GENERAL	9
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4.	ALCANCE DEL INFORME	9
5.	ANTECEDENTES	10
5.1	CONTRATOS DE CONSERVACIÓN VIAL	10
5.2	CONCEPTUALIZACIÓN Y DEFINICIÓN DE LOS PROYECTOS TIPO TOPICS	14
6.	UBICACIÓN DEL PROYECTO Y OBJETIVOS DEL PROYECTO	15
7.	METODOLOGÍA	17
7.1.	REVISIÓN DOCUMENTAL	17
7.2.	VISITAS AL SITIO	17
7.3.	NOTAS INFORMES	18
7.4.	ESTIMACIONES DE PAGO	19
8.	DOCUMENTOS DE PREVALENCIA	20
9.	AUDIENCIA DE LA PARTE AUDITADA PARA EL ANÁLISIS DEL INFORME EN SU VERSIÓN PRELIMINAR	21
10.	RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	22
10.1.	HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE AUDITORÍA TÉCNICA	22
	HALLAZGO 1. SE EVIDENCIARON DEFICIENCIAS EN LA GESTIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO	22
	HALLAZGO 2. LA SUSPENSIÓN DE LAS LABORES DEL PROYECTO HA FAVORECIDO LA APARICIÓN DE DETERIOROS PREMATUROS Y RIESGOS A LA SEGURIDAD VIAL DE LOS USUARIOS	26
	HALLAZGO 3. LA BASE ESTABILIZADA UTILIZADA EN EL PROYECTO NO SE AJUSTÓ DESDE SU INICIO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIGENTES.	34
	OBSERVACIÓN 1. LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS FUERON INSUFICIENTES Y DEFICIENTES PARA EL DISEÑO DE LOS TALUDES Y MUROS DE REFUERZO	41
11.	CONCLUSIONES	54
12.	RECOMENDACIONES	57
13.	REFERENCIAS	60
14.	ANEXOS	62



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. DIVISIÓN DE LAS ZONAS DE CONSERVACIÓN VIAL A CARGO DE LA GERENCIA DE CONSERVACIÓN DE VÍAS Y PUENTES.	10
FIGURA 2. UBICACIÓN DEL PROYECTO	15
FIGURA 3. INTERCAMBIO BARRIO SOCORRO.....	16
FIGURA 4. TALUD PARCIALMENTE INTERVENIDO EN EL PROYECTO. UBICACIÓN: RUTA NACIONAL 32, SECCIÓN DE CONTROL 40500. FECHA: 9 DE JUNIO DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.....	24
FIGURA 5. AUSENCIA DE CUNETAS AL BORDE DE LA CALZADA Y AL PIE DEL TALUD. UBICACIÓN: RUTA NACIONAL 32, SECCIÓN DE CONTROL 40500. FECHA: 9 DE JUNIO DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR.	24
FIGURA 6. UBICACIÓN DE LOS DETERIOROS PREMATUROS EN EL PROYECTO	27
FIGURA 7. DETERIOROS EN LA CAPA DE RUEDO EXISTENTE, BAJO CONDICIONES LLUVIOSAS LOS BACHES SE LLENAN CON AGUA Y REPRESENTAN RIESGO PARA LOS USUARIOS, ESTACIONAMIENTO 1+150 (LUEGO DE PASO A DESNIVEL DE BARRIO SOCORRO). FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR.	28
FIGURA 8. LA BASE ESTÁ EXPUESTA Y SE ESTÁ EROSIONANDO PRODUCTO DEL AGUA DE LLUVIA, ESTACIONAMIENTO 1+150, SIN EMBARGO, ESTA CONDICIÓN ES GENERALIZADA HASTA EL ESTACIONAMIENTO 2+280. FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR.....	29
FIGURA 9. AGRIETAMIENTO TRANSVERSAL EN JUNTA DE CONSTRUCCIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA, ESTACIONAMIENTO 1+260. FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR.....	30
FIGURA 10. AUSENCIA DE CABEZALES Y CUNETAS QUE GENERAN EROSIÓN Y SOCAVACIÓN EN LA MARGEN LATERAL DE LA CALZADA. ADEMÁS, REPRESENTA UN RIESGO A LA SEGURIDAD VIAL DE LOS USUARIOS. ESTACIONAMIENTO 1+150, SIN EMBARGO, ESTA CONDICIÓN ES GENERALIZADA HASTA EL ESTACIONAMIENTO 2+360. FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR.	31
FIGURA 11. LA AUSENCIA DE CUNETAS HA CAUSADO EROSIÓN EN LA MARGEN LATERAL DE LA CARRETERA AFECTANDO LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RECIÉN CONSTRUIDA, ESTACIONAMIENTO 1+260. FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR.....	31
FIGURA 12. AUSENCIA DE CUNETAS, QUE PROPICIÓ SOCAVACIÓN Y PÉRDIDAS DE MATERIAL DE LAS CAPAS GRANULARES SUBYACENTES DEL PAVIMENTO, ESTACIONAMIENTO 1+310. FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR.	32



FIGURA 13. ACUMULACIÓN DE MATERIALES GRANULARES SOBRE LA CALZADA QUE SE CONVIERTE EN UN RIESGO PARA LOS USUARIOS, ESTACIONAMIENTO 1+560. FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR. 32

FIGURA 14. SOCAVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO- SE OBSERVA LA SEPARACIÓN ENTRE CAPAS DE BASE ESTABILIZADA Y SUBBASE GRANULAR, ESTACIONAMIENTO 1+660. FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR. 33

FIGURA 15. ACUMULACIÓN DE AGUA A UN LADO DE LA CALZADA Y AFECTACIÓN DEL PIE DEL TALUD, ESTACIONAMIENTO 1+820. FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR..... 33

FIGURA 16. DETERIORO EN LA CAPA DE MEZCLA ASFÁLTICA PRODUCTO DE LA SOCAVACIÓN DE LAS CAPAS SUBYACENTES Y AUSENCIA DE CONFINAMIENTO LATERAL, ESTACIONAMIENTO 2+360. FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE LANAMMEUCR..... 34

FIGURA 17. INICIO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS. SECTOR CRUCE SANTO TOMÁS – CRUCE RN117 (REST. DOÑA LELA). FECHAS: 10 DE SET Y 15 DE OCTUBRE DE 2020, RESPECTIVAMENTE. FUENTE: LANAMMEUCR. 35

FIGURA 18. TRAMO ESTABILIZADO Y CON CAPA ASFÁLTICA. 300M OESTE DEL CRUCE CON RUTA 117. FECHAS: 19 ENERO DE 2021. AMPLIACIÓN EXTERNA SUR DE LA VÍA. FUENTE: LANAMMEUCR..... 38

FIGURA 19. TRAMO EN PROCESO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO. 600M SUROESTE DEL CRUCE CON RUTA 117. FECHAS: 10 FEBRERO DE 2021. AMPLIACIÓN SUR DE LA VÍA. FUENTE: LANAMMEUCR. 38

FIGURA 20. TRAMO EN PROCESO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO. 100M OESTE DEL CRUCE CON RUTA 117, FRENTE A RESTAURANTE DOÑA LELA. CARRILES CENTRALES. FECHA: 3 MARZO DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR. 39

FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS RESISTENCIAS Y PERIODOS DE FALLA DE LA BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE INFORMAS DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD SUMINISTRADOS POR LA ADMINISTRACIÓN. 40

FIGURA 22. UBICACIÓN DE LAS PERFORACIONES REALIZADAS PARA EL ESTUDIO DE SUELOS. FUENTE: BEL INGENIEROS CONSULTORES..... 42

FIGURA 23. EXTENSIÓN DE LOS MUROS DE RETENCIÓN PUENTE RICARDO SAPRISSA – BARRIO SOCORRO Y UBICACIÓN APROXIMADA DE LAS PERFORACIONES REALIZADAS PARA EL ESTUDIO DE SUELOS. 43

FIGURA 24. COMPARACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS CALCULADOS POR EL LABORATORIO BEL INGENIERÍA Y LOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO GEOTÉCNICO REALIZADO POR HERNÁN SOLÍS. FUENTE: INDICADA EN FIGURAS..... 45

FIGURA 25. SE OBSERVARON DISTINTAS INCLINACIONES PARA EL TALUD NO REVESTIDO. FECHA: 7 DE ABRIL DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR 48



FIGURA 26. ETAPAS CONSIDERADAS EN LOS ANÁLISIS DE SOBRECARGAS Y DEFORMACIONES.
FUENTE: OFICIO G-06-2021 50

FIGURA 27. ETAPAS CONSIDERADAS EN LOS ANÁLISIS DE SOBRECARGAS Y DEFORMACIONES.
FUENTE: OFICIO G-06-2021 51

FIGURA 28. DESCARGA DE AGUAS PLUVIALES SOBRE LA CORONA DEL TALUD, POR PARTE DE
VIVIENDAS DEL CONDOMINIO OASIS TOURNÓN. FECHA: 26 DE MARZO DE 2021. FUENTE:
LANAMMEUCR..... 52

FIGURA 29. TUBERÍAS COLOCADAS PARA LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES/JABONOSAS.
FECHA: 23 DE JULIO DE 2021. FUENTE: LANAMMEUCR 53

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS A CARGO DEL MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA
RED VIAL SEGÚN LA ZONA Y EL CONTRATO..... 12

TABLA 2. FECHAS DE SUSPENSIÓN DE CONTRATOS DERIVADOS DE LA LICITACIÓN 2014LN-000018-
OCV00 13

TABLA 3. FECHAS DE SUSPENSIÓN DE CONTRATOS DERIVADOS DE LA LICITACIÓN 2014LN-000017-
OCV00 13

TABLA 4. MONTOS EJECUTADOS EN EL PROYECTO MEDIANTE LA LICITACIÓN 2014LN-000017-
OCV00, FECHA DE ACTUALIZACIÓN: OCTUBRE 2021..... 19

TABLA 5. MONTOS EJECUTADOS EN EL PROYECTO MEDIANTE LA LICITACIÓN 2014LN-000018-
OCV00, FECHA DE ACTUALIZACIÓN: OCTUBRE 2021..... 19

TABLA 6. RESUMEN DE MONTOS EJECUTADOS EN EL PROYECTO MEDIANTE LAS LICITACIONES
2014LN-000017-OCV00 Y 2014LN-000018-OCV00, FECHA DE ACTUALIZACIÓN: OCTUBRE
2021. 20

TABLA 6. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES CONSIDERADAS PARA EL DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN
DEL PROYECTO: TOPIC PUENTE SOBRE EL RÍO VIRILLA – CRUCE DE DOÑA LELA. FUENTE:
OFICIO ITP-GTC-071-2020 36

TABLA 8. VALORES DE COHESIÓN TOMADOS EN EL DISEÑO VRS LOS MOSTRADOS EN LAB-GEO-
001 45



INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA

EIC-LANAMME-INF-009-2021: Evaluación de las actividades desarrolladas en el proyecto TOPICS: ampliación y rehabilitación del tramo Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia en la Ruta Nacional 32.

1. FUNDAMENTACIÓN

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

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

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

2. OBJETIVO GENERAL DE LAS AUDITORÍAS TÉCNICAS

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

3. OBJETIVOS DEL INFORME

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la gestión y desarrollo del proyecto TOPICS: ampliación y rehabilitación del tramo Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia en la Ruta Nacional 32.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar un resumen de antecedentes, contexto y normativa que dio paso a la elaboración de este y otros proyectos considerados como TOPICS.
- Evaluar la gestión en el desarrollo del proyecto.
- Evaluación del desempeño del proyecto.
- Evaluar la calidad y diseño de algunos de los materiales utilizados en el proyecto.
- Evaluar la calidad y alcance de los estudios geotécnicos realizados en el proyecto.

4. ALCANCE DEL INFORME

El alcance de este informe de auditoría técnica se basa en el análisis de la gestión y desarrollo del proyecto TOPICS: Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo.

Como parte de la evaluación en la gestión del proyecto se realiza un análisis de costos y riesgos asociados a la ejecución de este tipo de proyectos mediante el uso de contratos de conservación vial.

Asimismo, como parte de la evaluación de la ejecución del proyecto se tiene la ejecución de ensayos de control de calidad, específicamente al material de base estabilizada. Así como el análisis del diseño de materiales y elementos que forman parte del proyecto, como lo son los taludes y muros del proyecto.

Adicionalmente, dentro del proceso de auditoría se llevan a cabo visitas al proyecto a partir de las cuales se documenta el proceso constructivo y el desempeño del proyecto. En este caso particular, como el proyecto se suspendió la documentación referente al desempeño se basa en el registro de deterioros prematuros que ocurrieron posterior a la suspensión de las actividades.

5. ANTECEDENTES

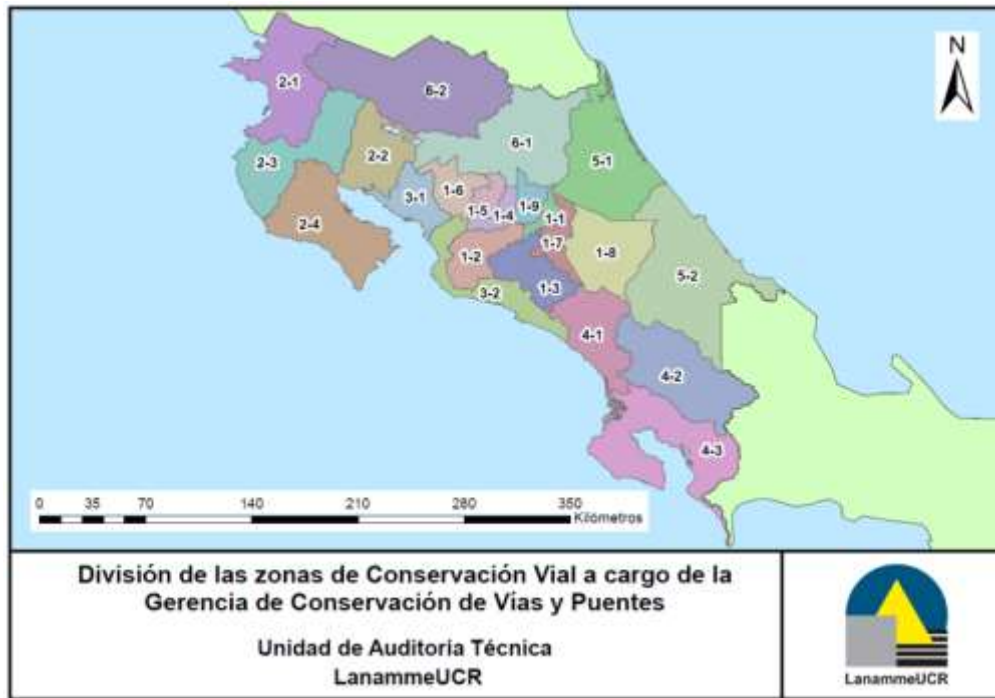
5.1 CONTRATOS DE CONSERVACIÓN VIAL

El esquema de mantenimiento conocido como conservación vial en Costa Rica, se basa en el pago por actividades mediante precios unitarios, donde empresas privadas concursan para optar por el mantenimiento de cada una de las zonas de conservación que dividen al país (ver Figura 1). Estos contratos de conservación vial, tienen definido un listado de actividades para el mantenimiento vial, por ejemplo: construcción de muros de contención, colocación de sobrecapas asfálticas, tuberías, entre otros; cuyo precio y unidad de pago fueron acordados con la Administración previo al inicio de cada contrato.

El esquema de conservación vial de la red vial nacional pavimentada en Costa Rica actualmente se lleva a cabo mediante tres contrataciones: 2014LN-000018-OCV00, 2014LN-000017-OCV00 y 2014LN-000016-OCV00; cada una de ellas con un objetivo específico, por ejemplo, la atención del sistema de drenajes o el corte de vegetación en los márgenes de las vías.

Por otra parte, cada una de estas contrataciones está subdividida en líneas que lo que buscan es atender una o varias de las zonas de conservación que se muestran en la Figura 1. Lo anterior significa que, por ejemplo, la licitación 2014LN-000018-OCV00 está compuesta por 10 líneas las cuales salieron a concurso por separado y pudieron haber sido adjudicadas a distintos contratistas para la atención de diferentes zonas del país.

Figura 1. División de las zonas de Conservación Vial a Cargo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes.





Licitación 2014LN-000018-0CV00:

Denominada Mantenimiento Periódico y Rehabilitación del Pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada, se divide en 10 contratos o líneas, cada una de estas líneas permite atender entre 1 y 3 zonas de conservación vial.

- a) Mantenimiento periódico: se enfoca principalmente en el fresado controlado del pavimento y la colocación de sobrecapas (sin alterar la estructura de las capas subyacentes del pavimento) (CONAVI, 2016)
- b) Rehabilitación: es una reparación selectiva o refuerzo del pavimento que implica la demolición parcial de la estructura existente, con el objetivo de restablecer la solidez estructural y la calidad de rueda originales (CONAVI, 2016)

Licitación 2014LN-000017-0CV00:

Denominada Mantenimiento Rutinario con Equipo y Rehabilitación del Sistema de Evacuación Pluvial de la Red Vial Pavimentada, se divide en contratos para cada una de las 22 zonas de conservación del país.

- a) Mantenimiento rutinario con equipo: conjunto de labores de limpieza de drenaje y reparaciones menores y localizadas del pavimento (CONAVI, 2016).
- b) Rehabilitación del sistema de evacuación pluvial: incluye la construcción o reconstrucción del sistema de drenaje que no implique construir puentes o alcantarillas mayores (CONAVI, 2016).

Adicionalmente, dentro de los alcances de este contrato también se encuentra un apartado de contingencias que considera los siguientes aspectos: remoción de derrumbes que obstaculicen cualquier componente de la carretera, reparación y/o sustitución y/o colocación de barandas de seguridad (pasarelas de puentes peatonales), sistemas de contención vehicular, restitución de la calzada, muros de contención de menor escala (CONAVI, 2016).

Licitación 2014LN-000016-0CV00:

Denominada Mantenimiento rutinario sin maquinaria especializada de la Red Vial Nacional pavimentada, se divide en contratos para cada una de las 22 zonas de conservación del país. Comprende un conjunto de labores de limpieza de drenajes, control de vegetación, incluyendo también la limpieza de las estructuras de puentes, sin el uso de maquinaria especializada (CONAVI, 2016).

Empresas a cargo del mantenimiento de la red vial nacional por contrato

El mantenimiento para la conservación y rehabilitación de cada zona ha estado a cargo de diferentes empresas en cada uno de los contratos, como se detalla en la Tabla 1.



Tabla 1. Distribución de las empresas a cargo del mantenimiento y rehabilitación de la Red Vial según la zona y el contrato.

Zona		LP N°2014LN.000018		LP N°2014LN.000017		LP N°2014LN.000016	
ID	Nombre	Línea	Contratista	Línea	Contratista	Línea	Contratista
1-1	San José	1	MECO	1	Hernán Solís	1	Consorcio Geoastec/Impafesa
1-2	Puriscal	1	MECO	2	MECO	2	3-101-553488 S.A (Gustavo Morera Fallas)
1-3	Los Santos	3	Hernán Solís	3	Hernán Solís	3	Inversiones Solano & Camacho S.A
1-4	Alajuela Sur	2	Hernán Solís	4	Hernán Solís	4	Juan Carlos Cubero Arias
1-5	Alajuela Norte	2	Hernán Solís	5	Hernán Solís	5	Inversiones Solano & Camacho S.A
1-6	San Ramón	2	Hernán Solís	6	Hernán Solís	6	ALSO Frutales
1-7	Cartago	3	Hernán Solís	7	MECO	7	Contraolasa S.A
1-8	Turrialba	3	Hernán Solís	8	Hernán Solís	8	Albin Gerardo Thames Rojas
1-9	Heredia	1	MECO	9	MECO	9	ALSO Frutales
2-1	Liberia	4	Hernán Solís	10	Hernán Solís	10	ALSO Frutales
2-2	Cañas	6	Hernán Solís	11	Hernán Solís	11	ALSO Frutales
2-3	Santa Cruz	5	MECO	12	Hernán Solís	12	Fresa Fresca S.A
2-4	Nicoya	5	MECO	13	MECO	13	Fresa Fresca S.A
3-1	Puntarenas	6	Hernán Solís	14	Hernán Solís	14	Olivier Cubero Arias
3-2	Quepos	6	Hernán Solís	15	Hernán Solís	15	César Jiménez Cubero
4-1	Pérez Zeledón	7	Quebradores del Sur	16	MECO	16	Inversiones Solano & Camacho S.A
4-2	Buenos Aires	7	Quebradores del Sur	17	MECO	17	Contraolasa S.A
4-3	Sur Sur	8	MECO	18	MECO	18	Mantenimiento y Trabajos, S.A
5-1	Guápiles	9	MECO	19	MECO	19	Constructora Mary José S.A
5-2	Limón	9	MECO	20	MECO	20	Consorcio Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A- Transecot Rabca del Oeste S.A
6-1	San Carlos	10	MECO	21	MECO	21	Adrián Solano Rodríguez
6-2	Los Chiles	10	MECO	22	Constructora Herrera	22	Consorcio Grupo Agroindustrial Ecoterra S.A- Transecot Rabca del Oeste S.A



Estado actual de los contratos de conservación vial

Los contratos de conservación vial mencionados anteriormente tienen una vigencia de 1460 días naturales (4 años), la mayoría de ellos iniciaron en 2016, por lo tanto, actualmente no todos están activos.

A continuación, en la Tabla 2 y Tabla 3 se muestran el estado de las contrataciones 2014LN-000018-0CV00 y 2014LN-000017-0CV00 según una consulta realizada en Junio de 2021 (mediante el oficio LM-EIC-D-0510-2021) a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes de CONAVI.

Tabla 2. Fechas de suspensión de contratos derivados de la Licitación 2014LN-000018-0CV00

Línea	Zona	Fecha de suspensión
1	1-1, 1-2 y 1-9	En ejecución, vence mayo 2022
2	1-4, 1-5 y 1-6	20/08/2020
3	1-3, 1-7 y 1-8	12/02/2021
4	2-1	01/08/2020
5	2-3 y 2-4	01/08/2020
6	2-2, 3-1 y 3-2	21/08/2020
7	4-1 y 4-2	01/08/2020
8	4-3	01/08/2020
9	5-1 y 5-2	01/08/2020
10	6-1 y 6-2	31/07/2020

Tabla 3. Fechas de suspensión de contratos derivados de la Licitación 2014LN-000017-0CV00

Línea	Zona	Fecha de suspensión
1	1-1, San José	20/04/2021
2	1-2, Puriscal	01/02/2021
3	1-3, Los Santos	06/03/2021
4	1-4, Alajuela Sur	En ejecución, vence noviembre 2021
5	1-5, Alajuela Norte	20/02/2021
6	1-6, San Ramón	19/02/2021
7	1-7, Cartago	05/03/2021
8	1-8, Turrialba	09/03/2021
9	1-9, Heredia	17/02/2021
10	2-1, Liberia	06/03/2021
11	2-2, Cañas	En ejecución, vence diciembre 2021
12	2-3, Santa Cruz	10/03/2021
13	2-4, Nicoya	19/01/2021
14	3-1, Puntarenas	10/04/2021
15	3-2, Quepos	En ejecución, vence diciembre 2021
16	4-1, Pérez Zeledón	26/02/2021
17	4-2, Buenos Aires	25/02/2021
18	4-3, Río Claro	24/02/2021
19	5-1, Guápiles	10/03/2021
20	5-2, Limón	09/03/2021
21	6-1, Ciudad Quesada	En ejecución, vence enero 2022
22	6-2, Los Chiles	En ejecución, vence febrero 2022



5.2 CONCEPTUALIZACIÓN Y DEFINICIÓN DE LOS PROYECTOS TIPO TOPICS

El término "TOPICS" proviene de las siglas en inglés del *concepto Traffic Operations Program to Increase Capacity and Safety* (Programa para incrementar la capacidad de tráfico y su seguridad). En general, se tratan de proyectos de bajo costo que procuran mejorar la operación de una red vial. Las intervenciones son de una naturaleza variada, las cuales pueden ir desde cambios en la demarcación hasta modificaciones en la geometría de las vías.

En Costa Rica, a raíz de los problemas con la congestión vehicular en el Gran Área Metropolitana (GAM), se comenzó a generar una discusión sobre este tipo de proyectos. Como resultado, la Asamblea Legislativa aprobó la Ley 9484 que reformó la Ley 7798 de Creación de CONAVI, en octubre de 2017.

En esa reforma legal de la Ley 9484, se incluyó en las definiciones de las actividades que realiza el CONAVI (Artículo 1), el concepto de "mejoramiento puntual", consiste en:

...mejoras o modificaciones localizadas del estándar horizontal o vertical de los caminos, relacionadas con el ancho, el alineamiento, la curvatura o la pendiente longitudinal, a fin de incrementar la seguridad vial. Se consideran mejoramientos puntuales: la construcción de bahías de autobuses, el mejoramiento de cruces, la ampliación puntual de la calzada para ubicar un carril de giro; así como corregir el alineamiento vertical u horizontal de puntos con incidencia de accidentes de tránsito.

De esta manera, el concepto de TOPICS fue incluido dentro de las intervenciones para las que el CONAVI está facultado realizar dentro del ámbito de la conservación vial. Sobre las características de los mejoramientos puntuales, la reforma lograda con la Ley 9484 estableció que:

Art. 1. Bis-

El monto máximo a invertir para los mejoramientos puntuales considerados parte de la conservación vial se limita hasta el diez por ciento (10 %) del monto asignado a los contratos de conservación vial; se excluyen, expresamente, los mejoramientos que impliquen cambios sustanciales de estándar.

La Directriz Presidencial N°001-MOPT del 8 de mayo de 2018 definió 28 intervenciones específicas de corto plazo con el objetivo de disminuir el congestionamiento vial. Sin embargo, según el informe de auditoría de la Contraloría General de la República, N°. DFOE-IFR-IF-00011-2020 publicado en noviembre de 2020, la efectividad de ejecución de estos proyectos se ha visto cuestionada, esto a partir de seis TOPICS que se encontraban concluidos en su totalidad o en alguna de sus etapas, estos seis proyectos son los siguientes:

- Mejoramiento de superficie de rodamiento Galera – Ochomogo.
- Reordenamiento sobre Calle Masis UCR.

- Reordenamiento Propuesto Guadalupe.
- Par Vial. Ruta Nacional 5 entre San Pablo de Heredia y el Pirro.
- Tramo de carretera (Ruta 5) de la Iglesia de Tibás.
- Travesías de retorno en el par vial de la Puebla.

El informe de la CGR indica que el CONAVI y el MOPT no cuentan con criterios definidos a partir de su complejidad, magnitud, riesgos, entre otros, que permita realmente delimitar cuáles TOPICS pueden ser ejecutados como mejoras puntuales. Además, el reporte señaló que no existe un proceso estándar a nivel interinstitucional de la gestión integral de estas mejoras puntuales que considere todo el ciclo de vida, que defina los departamentos vinculados, así como las actividades, roles y responsabilidades del MOPT y del CONAVI.

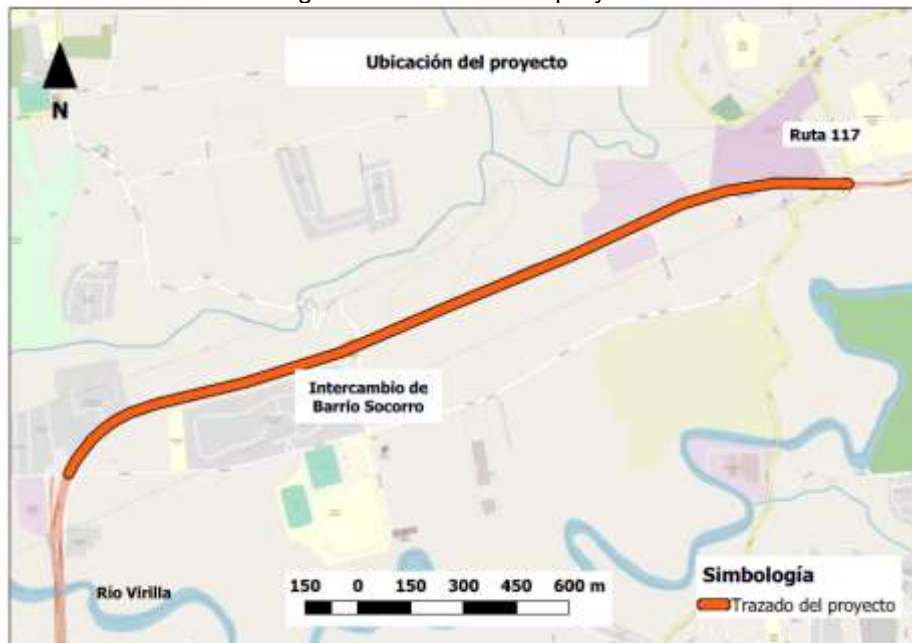
Otro punto importante de destacar es la falta de definición concreta de este tipo de intervenciones que delimite las fuentes de financiamiento particular, según sea el tipo de intervención (Contraloría General de la República , 2020).

Con estos temas en consideración, se procedió a realizar los análisis relacionados con el proyecto de ampliación de la Ruta 32, sección Río Virilla-Intersección de Santo Miguel de Santo Domingo.

6. UBICACIÓN DEL PROYECTO Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto se ubica sobre la Ruta Nacional 32, sección de control 40500 (Lte. Provincial San José/Heredia – Lte Cantonal Sto Domingo/San Isidro) específicamente en el tramo comprendido entre el Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia.

Figura 2. Ubicación del proyecto

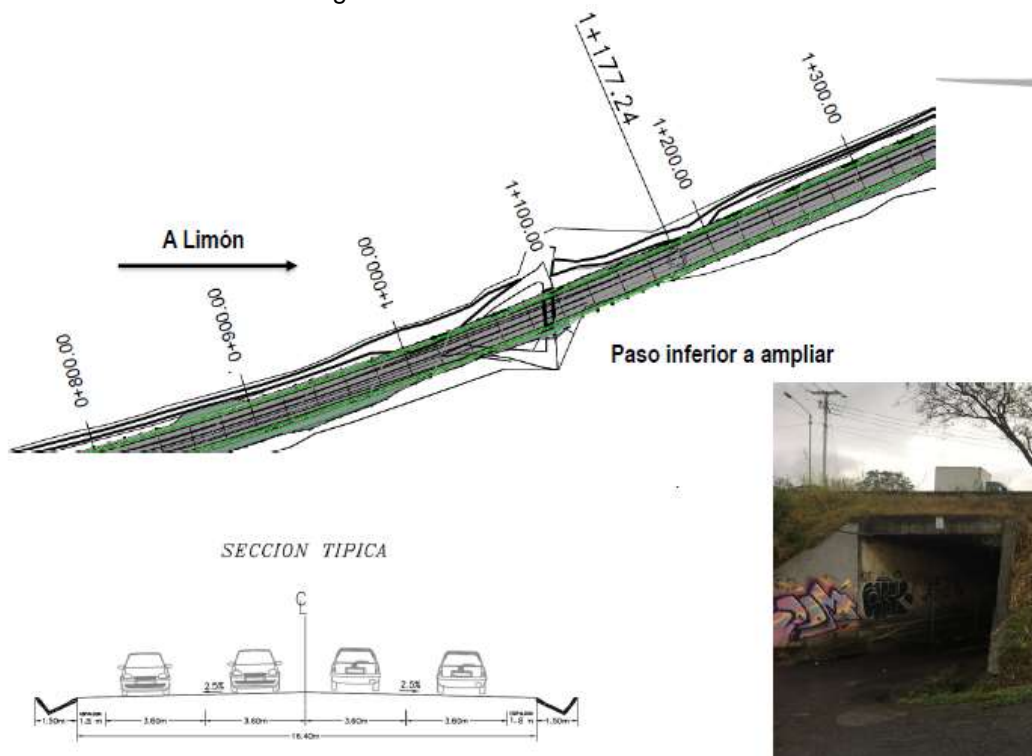




Objetivos específicos del proyecto, según el acta de constitución del proyecto (Fuente: CONAVI, 2021):

- Realizar una ampliación del tramo (desde el puente del Río Virilla hasta la intersección con la Ruta Nacional 117) a dos carriles por sentido, recuperando el derecho de vía.
- Mejorar el intercambio Barrio Socorro con ampliación del túnel, y rampas adecuadas de aceleración y desaceleración (ver Figura 3).
- Rehabilitar el pavimento existente y colocar carpeta nueva en los tramos ampliados.
- Mejorar el sistema de evacuación pluvial.
- Quitar y ubicar en otra zona puente peatonal ya que afecta a posible ampliación.
- En tramos donde las bermas son grandes y con pendiente muy pronunciada colocar muros anclados o cocidos.
- Colocar carriles exclusivos para giros derechos
- Remover y reinstalar servicios públicos y realizar la instalación de luminarias a lo largo de la vía.

Figura 3. Intercambio Barrio Socorro



Fuente: CONAVI, 2021

7. METODOLOGÍA

Las actividades desarrolladas por el Equipo Auditor en el presente informe se basaron en la realización de giras técnicas, revisión documental de obra y de estimaciones de pago, muestreo y ensayos de laboratorio, así como la emisión de notas informe dirigidas a la Administración, para informar de manera oportuna sobre algunos aspectos del informe previo a su emisión.

7.1. Revisión documental

Se realizó una revisión de documentos emitidos por el MOPT-CONAVI, Gobierno de la Republica y CGR.

7.2. Visitas al sitio

Se realizaron visitas técnicas para observar la condición del proyecto y ejecución del proyecto, en total se realizaron 16 visitas:

- a) 10 de septiembre de 2020
- b) 15 de octubre de 2020
- c) 2 de diciembre de 2020
- d) 12 de enero de 2021
- e) 19 de enero de 2021
- f) 10 de febrero de 2021
- g) 19 de febrero de 2021
- h) 3 de marzo de 2021
- i) 19 de marzo de 2021
- j) 26 de marzo de 2021
- k) 7 de abril de 2021
- l) 5 de mayo de 2021
- m) 25 de mayo de 2021
- n) 9 de junio de 2021
- o) 23 de julio de 2021
- p) 21 de octubre de 2021



7.3. Notas informes

Durante el proceso de auditoría se emitieron 10 notas informe y 2 informes:

- **Oficio LM-IC-D-0223-2021:** Observaciones sobre el diseño de muro en ampliación de tramo Ruta Nacional 32, fecha 9 de marzo de 2021. En este oficio se remite el **informe LM-PIG-20-2021** “Informe de la revisión del diseño de muro de retención del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro”
- **Oficio LM-IC-D-0224-2021:** Criterio del LanammeUCR sobre la mejora con cemento de bases granulares en proyectos de rehabilitación, fecha 10 de marzo de 2021.
- **Oficio LM-EIC-D-0278-2021:** Se remiten los resultados de base mejorada muestreada por parte del LanammeUCR. Fecha: 26 de marzo de 2021.
- **Oficio LM-EIC-D-0350-2021:** Consulta sobre la atención de puente sobre la Ruta Nacional 32 (calle Rojas). Fecha 23 de abril de 2021.
- **Oficio LM-EIC-D-0425-2021:** Remisión de informe de estimaciones preliminares de deformaciones en la corona del talud del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro (**Informe LM-EIC-D-PIG-I-13-2021**). Fecha 19 de mayo de 2021.
- **Oficio LM-EIC-D-0455-2021:** Remisión de resultados de base estabilizada, ampliación del tramo Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia en la Ruta Nacional 32. Fecha 27 de mayo de 2021.
- **Oficio LM-EIC-D-0510-2021:** Consulta sobre actividades de conservación vial (suspensión de contratos) y seguimiento de informes de auditoría técnica. Fecha: 14 de junio de 2021.
- **Oficio LM-EIC-D-0580-2021:** solicitud de estimaciones de pago y ensayos de verificación de la calidad. Fecha 7 de julio de 2021.
- **Oficio LM-EIC-D-0650-2021:** Sobre la condición y deterioros en el proyecto TOPIC: Río Virilla -Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia. Fecha: 5 de agosto de 2021.
- **Oficio LM-EIC-D-0702-2021:** Seguimiento al tema de seguridad vial en los proyectos de conservación vial, tramo Ruta Nacional 32 Río Virilla – La Casa de Doña Lela. Fecha 17 de agosto de 2021.

7.4. Estimaciones de pago

A partir de la revisión de estimaciones de pago realizada se generó un resumen de los montos invertidos en el proyecto para las licitaciones 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00.

Tabla 4. Montos ejecutados en el proyecto mediante la Licitación 2014LN-000017-0CV00, fecha de actualización: octubre 2021.

Ítem	Monto
Bacheo de urgencia	₡ 2.673.506
Excavación en la vía	₡ 200.029.778
Excavación para estructuras	₡ 1.568.457
Remoción de árboles de gran tamaño (mayor a 1000 mm de diámetro)	₡ 637.654
Remoción individual de árboles (150 mm hasta 400 mm de diámetro)	₡ 6.301.204
Remoción individual de árboles (400 mm hasta 1000 mm de diámetro)	₡ 6.856.250
Sello de concreto lanzado (Trabajo a costo más porcentaje)	₡ 7.619.261
Suministro, colocación y compactación de base granular	₡ 1.175.992
Suministro, preparación y colocación de pernos (Trabajo a costo más porcentaje)	₡ 194.938.675
Tubería de concreto reforzado Clase III - C76, diámetro 600 mm	₡ 205.611
Tubería de concreto reforzado Clase III - C76, diámetro 800 mm	₡ 5.896.933
Total general	₡ 427.903.321

Fuente: CONAVI, 2021

Tabla 5. Montos ejecutados en el proyecto mediante la Licitación 2014LN-000018-0CV00, fecha de actualización: octubre 2021.

Ítem	Monto
Back Hoe (Trabajo a costo más porcentaje)	₡ 644.730
Cemento Pórtland	₡ 22.614.779
Compactador (Trabajo a costo más porcentaje)	₡ 88.467
Diseño de rehabilitaciones y sobre capas asfálticas	₡ 2.858.455
Pavimento bituminoso en caliente	₡ 150.353.761
Perfilado de pavimento	₡ 9.127.209
Reacondicionamiento de la calzada	₡ 22.142.117
Señalamiento tipo A (Isla de Canalización Amarilla)	₡ 2.332.282
Señalamiento tipo A (Línea continua blanca)	₡ 613.917
Señalamiento tipo A (Línea Continua amarilla)	₡ 706.380
Señalamiento tipo A (Línea Intermitente blanca corta)	₡ 29.903
Suministro, colocación y compactación de base granular	₡ 61.912.600
Suministro, colocación y compactación sub base granular	₡ 90.285.346
Tanque de agua (Trabajo a costo más porcentaje)	₡ 103.356
Vagoneta (Trabajo a costo más porcentaje)	₡ 118.330
Total general	₡ 363.931.630

Fuente: CONAVI, 2021



Tabla 6. Resumen de montos ejecutados en el proyecto mediante las Licitaciones 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00, fecha de actualización: octubre 2021.

Licitación		Monto
2014LN-000017-0CV00	₡	427.903.321
2014LN-000018-0CV00	₡	363.931.630
Total	₡	791.834.951

Fuente: CONAVI, 2021.

Nota: Esta tabla no incluye los montos ejecutados por concepto de la licitación 2014LN-000016-0CV00 que corresponde a las labores de mantenimiento rutinario sin maquinaria especializada.

8. DOCUMENTOS DE PREVALENCIA

- Carteles de Licitación para la Conservación de Vías y Puentes: 2014LN-000016-0CV00 2014LN-000017-0CV00 y 2014LN-000018-0CV00.
- Planos o esquemas -en caso de existir- y demás disposiciones contractuales.
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010).
- Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes (MCV-2015).
- Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI) Creación del Consejo Nacional de Vialidad No. 7798.
- Reforma Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI) N° 9484 MODIFICACIÓN DE VARIOS ARTÍCULOS DE LA LEY N.º 7798.
- Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial.
- Directriz Presidencial N°001-MOPT del 8 de mayo de 2018.
- Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica
- Código de Cimentaciones de Costa Rica.



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

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-INF-IC-D-009B-2020 fue remitido a la Administración el día 23 de noviembre de 2021, mediante oficio EIC-Lanamme-1017-2021, para que fuese analizado por parte de la Ingeniería de Proyecto de la Región Central de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI.

La presentación del informe se realizó el día 5 de enero de 2022 de manera virtual¹, y fue dirigida a la parte auditada con el fin de que se conocieran con mayor claridad y se expusieran los puntos que se requirieran ampliar según el contenido del informe.

En la presentación participó la Ing. Hannia Rosales Hernández (Directora Ejecutiva de CONAVI), el Ing. Marco Peña Jiménez (Director Regional de la zona de conservación vial Huetar Norte), el Ing. Jorge Cardoza Sánchez (Encargado de la zona de conservación 1-1), el Ing. Rafael Cascante Leal (Ing. Asistente de la zona de conservación 1-9), la Ing. Margarita Soto Durán (representante del Administrador Vial), el Licenciado Reynaldo Vargas Soto (Auditor General de CONAVI) y el Ingeniero Berny Quirós Vargas (Auditor Interno de CONAVI).

Por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR estuvieron presente los auditores encargados del informe, Ing. Luis Diego Herra Gómez, Ing. José David Rodríguez Morera, Ing. Mauricio Salas Chaves, así como la coordinadora de la auditoría la Ing. Wendy Sequeira Rojas MSc. Además, se contó con la participación de los expertos técnicos: Ing. Ana Monge Sandí, MSc; el Ing. Gustavo Badilla Vargas, PhD y la asesora Legal Licenciada Nidia Segura.

Por último, el descargo al informe fue presentado por parte de la Administración el día 10 de enero de 2022 mediante el oficio GCSV-108-2022-0051

¹ En el Anexo al informe se adjunta el oficio EIC-Lanamme-1075, que justifica el retraso en la presentación del informe, ante la ausencia o no disponibilidad de representantes de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes en fechas previas propuestas por esta Auditoría para la presentación del informe.



10. RESULTADOS DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Las observaciones declaradas por el Equipo Auditor en este informe, se fundamentan en: evidencias representativas, veraces y objetivas, respaldadas en la experiencia técnica de los profesionales de auditoría; el levantamiento en campo y el análisis propio de las 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 las observaciones, podrán ser incluidas en la aplicación de acciones correctivas y preventivas, que adviertan sobre el riesgo potencial del incumplimiento.

10.1. Hallazgos y observaciones de Auditoría Técnica

HALLAZGO 1. SE EVIDENCIARON DEFICIENCIAS EN LA GESTIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO

El presente Hallazgo se fundamenta en el registro de visitas técnicas realizadas al proyecto y el análisis de los documentos cartelarios bajo los cuales se ejecutaron estas obras, donde se observaron deficiencias en la gestión de riesgos del proyecto, lo que provoca una serie de responsabilidades compartidas ante una eventual falla o deterioro prematuro de algunos de los elementos de la carretera.

Para iniciar el análisis, es importante recapitular el alcance del proyecto de ampliación de la Ruta 32, comprendido entre el puente sobre el Río Virilla y la intersección de San Miguel de Santo Domingo. De acuerdo con la información oficial comunicada por el MOPT el 02 de setiembre de 2020 luego de la apertura del nuevo puente sobre el Río Virilla en Ruta 32:

“...estos trabajos sobre el derecho de vía, permitirán tener esa ruta ampliada a cuatro carriles en un lapso de 4 meses, por lo que será para enero próximo cuando este tramo de solo dos carriles duplique su capacidad y se complemente con los dos puentes sobre el río Virilla entre Tibás y Santo Domingo, que suman 5 carriles.

Esta sección, de unos 2.8 km de longitud, contarán, asimismo, con barreras tipo New Jersey de concreto para separar los sentidos de circulación, similares a las ubicadas en parte de la carretera General Cañas” (Subrayado no es original)



Es decir, tal como se describe, la ampliación busca duplicar la cantidad de carriles en 2,8 Km y mejorar aspectos de seguridad vial como la división de los sentidos mediante una barrera tipo *New Jersey*. De acuerdo con el comunicado del MOPT (02/Set/2020), el proyecto se ejecutaría mediante la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes del CONAVI, en un lapso de cuatro meses y con un costo de ₡2800 millones de colones “bajo la modalidad *topics*”². Esta modalidad hace referencia a la actividad de “mejoramiento puntual” definida en la Ley 7798 de Creación de CONAVI y reseñada en la sección de antecedentes de este informe.

Sin embargo, el proyecto se ha mantenido suspendido desde junio de 2021 (siete meses a la fecha de este informe, enero de 2021). En este sentido, la Administración indicó el 10 de febrero de 2021, que las obras se concluirían en mayo de 2021, a la vez que comunicó³ un aumento en el costo del proyecto, señalando que el monto total a invertir sería ₡3220 millones de colones.

Sobre la integralidad de la gestión del proyecto

La condición evidenciada en el presente hallazgo representa un riesgo existente en todas las zonas de conservación vial donde pudieron ser adjudicados dos contratistas distintos para las licitaciones 2014LN-000017-0CV00 (para la atención de taludes y el sistema de drenajes) y 2014LN-000018-0CV00 (para la rehabilitación del pavimento). Este es el caso del proyecto auditado en el presente informe que se ubica en la zona de conservación vial 1-1 (San José), donde la licitación 2014LN-000017-0CV00 está a cargo de la empresa Hernán Solís y la licitación 2014LN-000018-0CV00 está a cargo de la empresa MECO.⁴

La situación anterior constituye un riesgo si se considera que la estructura de un pavimento es un elemento integral de la carretera cuyo desempeño depende del buen funcionamiento de todos sus componentes: el sistema de drenajes, las capas de base, subbase y la superficie de ruedo; en este caso la mezcla asfáltica. Por lo tanto, en este proyecto particular existe una responsabilidad compartida entre dos empresas respecto al buen desempeño del pavimento que se construya.

El criterio anterior se refuerza si se toma en cuenta lo indicado en el oficio DVP-23-2020-0433 de fecha 21 de octubre de 2020, sobre la aprobación del diseño estructural del pavimento por parte de la Administración, donde se señala que:

Debe tenerse presente que, para el correcto funcionamiento de esta intervención, es necesario garantizar que el sistema de drenaje sea el requerido para esta vía y funcione en forma adecuada.

² [Enlace a comunicado de prensa 02/09/2020.](#)

³ [Enlace al comunicado de prensa 10/02/2021](#)

⁴ Para un mejor entendimiento de este hallazgo se recomienda leer el apartado de antecedentes en contratos de conservación vial.

Esto destaca la importancia que tiene el sistema de drenaje en el buen desempeño del pavimento.

Esta deficiencia en la gestión del riesgo se incrementa en este proyecto si se toma en cuenta que el 20 de abril de 2021, durante la ejecución de las obras, se suspendió la línea 1 de la licitación pública 2014LN-000017-0CV00 (ver Tabla 3). Consecuentemente, en algunos tramos del proyecto se cuenta con taludes parcialmente atendidos (ver Figura 4) y se tiene parte de una estructura de pavimento rehabilitada sin cunetas ni confinamiento lateral (ver Figura 5).

Lo anterior, provoca que se tenga un proyecto incompleto con deterioros prematuros en algunos bordes de la superficie de ruedo donde se requiere un adecuado sistema de drenajes, que permitan mediante cunetas, canalizar el agua efectivamente fuera de la estructura de pavimento. Esta situación, de no ser atendida, provocará que la superficie de ruedo continúe deteriorándose y comprometiendo progresivamente el resto de la estructura de pavimento construida, así como la inversión realizada.

Figura 4. Talud parcialmente intervenido en el proyecto. Ubicación: Ruta Nacional 32, Sección de Control 40500. Fecha: 9 de junio de 2021. Fuente: LanammeUCR.



Figura 5. Ausencia de cunetas al borde de la calzada y al pie del talud. Ubicación: Ruta Nacional 32, Sección de Control 40500. Fecha: 9 de junio de 2021. Fuente: LanammeUCR.





Es sabido por parte del Equipo Auditor que la Administración ha tomado decisiones sobre las contrataciones de este proyecto a partir de circunstancias ajenas al proyecto, y en línea con lo que la CGR ha indicado ante la coyuntura institucional compleja que se encuentra enfrentando el CONAVI. Sin embargo, en lo que respecta al proyecto en sí, también se considera que hubo una falta de planificación por parte de la Administración, puesto que previo al inicio de las labores se tuvo que haber verificado que la continuidad de los contratos de conservación vial permitiría concluir la totalidad de las obras requeridas.

Por otra parte, es evidente que el tramo en intervención posee condiciones en las que es amplia la necesidad de obras por realizar, para lograr cumplir con el propósito eficiente de mejorar la capacidad del tramo, por lo tanto, podría requerir una gestión enfocada a obra nueva. Lo anterior, independientemente de, si el costo de las obras está dentro del 10 % del monto asignado a los contratos de conservación vial, monto que podría ser significativo si se considera además que no hay un reglamento claro que indique sobre qué base se calcula dicho porcentaje (total de los contratos de conservación vial, por línea estimado o por línea requerido) ni tampoco se indica si este diez por ciento aplica para el conjunto de TOPICS ejecutados durante un periodo contractual o si aplica individualmente para cada mejoramiento puntual.

En esa misma línea, la Contraloría General de la República adelantaba un señalamiento sobre los riesgos al gestionar proyectos de forma no integrada en su informe N°. DFOE-IFR-IF-00011-2020 sobre los TOPICS que llevan adelante el MOPT y CONAVI. El ente contralor indicó que:

“...las deficiencias señaladas pueden generar que los “TOPICS” se ejecuten sin contar con los diseños o estudios necesarios; por lo que hay incertidumbre acerca de la calidad, funcionalidad y vida útil de las obras construidas en el corto, mediano y largo plazo, asimismo al no encontrarse instaurada la gestión de “TOPICS” como un proceso permanente y sistemático, existe el riesgo de que se pierda el conocimiento y se generen reprocesos, ante situaciones como cambios en el personal a cargo de estas labores”

Respecto a las situaciones evidenciadas en el presente hallazgo y como recomendación para la formulación de los próximos carteles de conservación vial, es criterio del Equipo Auditor que resulta un riesgo importante que dentro de una zona de conservación, exista la posibilidad que dos contratistas diferentes, atiendan el sistema de drenajes y el mantenimiento periódico y rehabilitación de los pavimentos, o cualquier otro activo de la carretera cuya atención resulte dividida. Lo anterior, se debe evitar con el fin de minimizar el riesgo de que existan responsabilidades compartidas en cuanto al desempeño de los trabajos de conservación vial y que consecuentemente esto represente una dificultad para la Administración cuando se requiera ejecutar alguna garantía por los trabajos ejecutados.



Por otro lado, en relación con la inversión total en el proyecto, que a la fecha no resulta conocida pues el proyecto no ha concluido, es importante recordar que la Directriz Presidencial N.º 001-MOPT, del 8 de mayo de 2018 contiene un punto específico sobre los recursos, el cual dice:

XVII. Que los recursos destinados a la ejecución de proyectos del Sector Transportes son escasos y que por lo tanto, se deberá hacer un uso racional de los contratos de conservación vial del CONAVI en función de las medidas de intervención vial que se requieran para priorizar el transporte público que impacten la calidad de vida de los ciudadanos que utilizan el transporte público, razón por la cual todas las mejoras que se logren en el servicio de transporte público serán orientadas en tutelar el interés público. (Subrayado no es del original)

Por lo tanto, es criterio del Equipo Auditor que el buen uso de los recursos en el desarrollo de proyectos de mejoramientos puntuales (llamados en algunas ocasiones TOPICS), estará en función del tipo de gestión con la que se desarrolle el proyecto, incluyendo las actividades previas necesarias para el éxito del mismo.

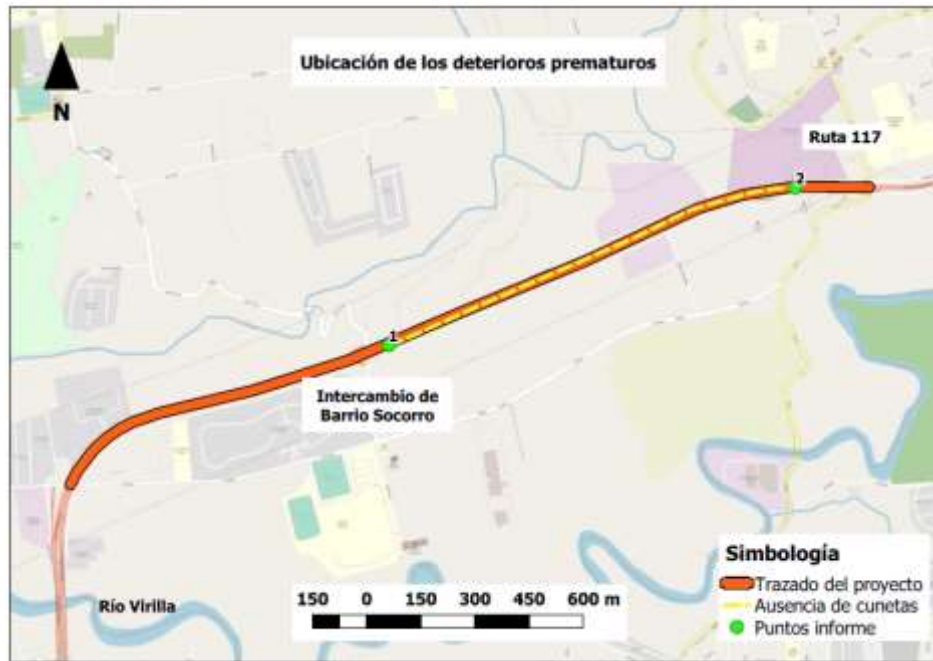
HALLAZGO 2. LA SUSPENSIÓN DE LAS LABORES DEL PROYECTO HA FAVORECIDO LA APARICIÓN DE DETERIOROS PREMATUROS Y RIESGOS A LA SEGURIDAD VIAL DE LOS USUARIOS

El presente Hallazgo se fundamenta en el contenido de las notas informes LM-EIC-D-0650-2021 y LM-EIC-D-0702-2021, enviadas a la Administración el 5 y 17 de agosto de 2021 respectivamente.

Condición evidenciada:

En una visita al proyecto realizada el pasado 23 de julio de 2021 se observó que la suspensión de las labores del proyecto ha favorecido la aparición de deterioros prematuros en varios elementos del proyecto como lo son: su superficie de ruedo, márgenes de la vía y base estabilizada. Lo anterior, representa un riesgo a la seguridad vial para los usuarios que transitan sobre este tramo.

Figura 6. Ubicación de los deterioros prematuros en el proyecto



Durante la visita realizada el pasado 23 de julio de 2021 se observó, entre los estacionamientos 1+150 y 2+360 (luego del paso a desnivel de Barrio Socorro hasta el cruce con la Ruta Nacional 117), la presencia de deterioros prematuros, que en la mayoría de los casos responden a la falta de impermeabilización de la capa de base y la ausencia de sistemas de drenajes (cunetas y cabezales), producto de la paralización de las obras en el proyecto.

Como primer punto, en el estacionamiento 1+150, se observó la presencia de huecos sobre la carpeta asfáltica existente (previo a la intervención), que bajo condiciones lluviosas se llenan de agua, se acelera el deterioro con el paso de carga y representan un riesgo para la seguridad vial de los usuarios de esta vía, además de los daños que podrían causar a los vehículos (ver Figura 7). Esta situación, ante la ausencia de iluminación, se vuelve más riesgosa para los usuarios de la vía en horas de la noche y bajo condiciones de lluvia, donde los huecos de mayor tamaño o bordes de la calzada, no se logran observar al estar llenos con agua.

Figura 7. Deterioros en la capa de rueda existente, bajo condiciones lluviosas los baches se llenan con agua y representan riesgo para los usuarios, estacionamiento 1+150 (luego de paso a desnivel de Barrio Socorro). Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.



Se observó que, en el carril central, entre los estacionamientos 1+150 y 2+280, no se protegió la capa de base mediante la colocación de la capa de mezcla asfáltica (ver Figura 8). Por lo tanto, la base al estar expuesta se está contaminando y erosionando producto del agua de lluvia. Lo anterior implica un mayor potencial de saturación de las capas subyacentes del pavimento recién rehabilitado y consecuentemente una reducción de las propiedades mecánicas de estas capas, situación que podría propiciar la aparición de deterioros prematuros y que no se cumpla con el periodo de vida útil definido para este proyecto.

El desnivel, producto de la ausencia de la capa final de rueda y la erosión de la capa de base en el carril central, podría representar un riesgo a la seguridad vial de los usuarios. Además, se podrían causar daños por esta condición en caso de que por alguna razón haya una invasión involuntaria al carril central al esquivar los huecos.

Respecto a la exposición de la base del carril central, se debe comentar que las irregularidades que se han generado en la capa de base, si no son atendidas adecuadamente, serán reflejadas en la capa final de rueda provocando la construcción de una capa de rueda irregular y que difícilmente cumpliría con los parámetros de regularidad superficial IRI definidos cartelerariamente para los proyectos de conservación vial.



Figura 8. La base está expuesta y se está erosionando producto del agua de lluvia, estacionamiento 1+150, sin embargo, esta condición es generalizada hasta el estacionamiento 2+280. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.



En el estacionamiento 1+260 se observó la presencia de un agrietamiento transversal en la junta de construcción de la mezcla asfáltica. Esta situación representa un deterioro prematuro que debería ser reparado en aras de asegurar que la superficie de rueda final sea impermeable, para evitar la reducción de las propiedades mecánicas que podría generarse si las capas subyacentes del pavimento están en una condición de constante saturación (ver Figura 9).

Se debe tener en cuenta que en estos momentos el proyecto cuenta con condiciones críticas de exposición que podrían facilitar dicha saturación. De igual forma, deberían atenderse a la mayor brevedad si se quiere evitar la aparición de una mayor cantidad de deterioros prematuros que pongan en riesgo la inversión que se ha realizado hasta el momento.



Figura 9. Agrietamiento transversal en junta de construcción de mezcla asfáltica, estacionamiento 1+260. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.



Entre los estacionamientos 1+150 y 2+360 se observó la ausencia de cabezales y cunetas, situación que, ante condiciones lluviosas ha propiciado la erosión y socavación en la margen lateral de la calzada. Esto implica un mayor potencial de saturación para las capas subyacentes del pavimento y consecuentemente se pone en riesgo la durabilidad de los trabajos ejecutados. Esta condición se ilustra en las Figuras de la 10 a la 16, siendo que, en la Figura 16 se muestra un deterioro en la superficie de rueda producto de la socavación y pérdida de material de las capas subyacentes del pavimento.



Figura 10. Ausencia de cabezales y cunetas que generan erosión y socavación en la margen lateral de la calzada. Además, representa un riesgo a la seguridad vial de los usuarios. Estacionamiento 1+150, sin embargo, esta condición es generalizada hasta el estacionamiento 2+360. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.



Figura 11. La ausencia de cunetas ha causado erosión en la margen lateral de la carretera afectando la estructura de pavimento recién construida, estacionamiento 1+260. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.





Figura 12. Ausencia de cunetas, que propició socavación y pérdidas de material de las capas granulares subyacentes del pavimento, estacionamiento 1+310. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.



Figura 13. Acumulación de materiales granulares sobre la calzada que se convierte en un riesgo para los usuarios, estacionamiento 1+560. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.





Figura 14. Socavación de la estructura de pavimento- Se observa la separación entre capas de base estabilizada y subbase granular, estacionamiento 1+660. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.



Figura 15. Acumulación de agua a un lado de la calzada y afectación del pie del talud, estacionamiento 1+820. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.



Figura 16. Deterioro en la capa de mezcla asfáltica producto de la socavación de las capas subyacentes y ausencia de confinamiento lateral, estacionamiento 2+360. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente LanammeUCR.



HALLAZGO 3. LA BASE ESTABILIZADA UTILIZADA EN EL PROYECTO NO SE AJUSTÓ DESDE SU INICIO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIGENTES.

A inicios de septiembre del año 2020, se iniciaron las labores de ampliación de la Ruta 32, a cargo de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, en el tramo entre el puente sobre el río Virilla y el cruce con la ruta 117 (conocido como cruce de Restaurante Doña Lela), que se dirige a San Miguel de Santo Domingo de Heredia.

Las obras para la construcción del TOPIC se iniciaron con el movimiento de tierra para la ampliación de la vía en su ancho, para incluir dos carriles adicionales, luego del paso a desnivel inferior que comunica Barrio Socorro con Santo Tomás, hacia el cruce con ruta nacional 117.

Figura 17. Inicio de movimiento de tierras. Sector Cruce Santo Tomás – Cruce RN117 (Rest. Doña Lela). Fechas: 10 de set y 15 de octubre de 2020, respectivamente. Fuente: LanammeUCR.



El proyecto se concibió inicialmente con un paquete estructural en el que se modificaría la base granular existente con cemento en los carriles actuales. Para las zonas de ampliación de la vía, además de la colocación de los materiales de las capas subyacentes de la estructura, se modificaría el material de base nuevo con la adición de cemento.

Cabe destacar que a pesar de que la propuesta técnica es referida a un mejoramiento de la base con cemento, se definió como requerimiento técnico una resistencia mínima de la base de 15 kg/cm^2 que, según indicaciones de la ingeniería de proyecto, se mediría a los 3 días.

Respecto a este requerimiento técnico propuesto por el contratista se considera importante señalar que, el mejoramiento de un material granular con cemento, lo que se busca es mejorar sus propiedades mecánicas cuando no se cumplen con las propiedades mecánicas de una base granular competente, específicamente en cuanto a capacidad de soporte (CBR de al menos 80). Sin embargo, en este caso particular, se especifica una resistencia mínima de 15 kg/cm^2 , cuyo requerimiento no se encuentra normado bajo las especificaciones nacionales vigentes.

Por otra parte, si lo que se buscaba era obtener una base estabilizada con cemento, el requerimiento técnico nacional del Manual CR-2010 para este material es claro, en el cual se especifica que debe cumplir una resistencia promedio de 3 MPa (aproximadamente 30 kg/cm^2) medida a los 7 días, debiendo cumplirse dentro de un control de calidad, resistencias mínimas de 2,1 MPa y máximas de 3,9 MPa, siendo una base estabilizada conocida como BE-25.

De acuerdo con el diseño del pavimento propuesto y de acuerdo con el módulo resiliente mayor que 535.000 psi considerado en dicho diseño, tal parece que lo que se consideraba colocar era una base estabilizada, cuya normativa para su diseño, producción y colocación se especifica en el Manual CR-2010.



Tabla 7. Propiedades de los materiales consideradas para el diseño de la ampliación del proyecto: TOPIC puente sobre el Río Virilla – Cruce de Doña Lela. Fuente: Oficio ITP-GTC-071-2020

Cuadro 8: Propiedades de los materiales - Coeficiente estructural (a_i) - Coeficiente de drenaje (m_i) - Ampliaciones						
Capa	Módulo dinámico (psi)	Resistencia a la compresión (psi)	CBR (%)	Módulo resiliente (psi)	Coeficiente estructural (a_i)	Coeficiente de drenaje (m_i)
Capa asfáltica convencional	450.000	-	-	-	0,44 (1)	1,0
Base virgen mejorada con cemento hidráulico	-	> 214 psi (> 15 kg/cm ²)	>100	>535.000	0,17 (3)	1,0
Subbase granular	-	-	30 (Sección 301.03 CR 2010)	15.000	0,109 (2)	0,9
Material de préstamo	-	-	10 (CR 2010 Préstamo seleccionado)	11.000	0,078 (4)	0,9
Subrasante (Fundación)	-	-	3,74	5.613	-	-

(1): tomado de ecuación $0,171 \cdot \ln(M_r) - 1,784$

(2): el coeficiente estructural fue obtenido utilizando la correlación $0,227 \cdot (\log M_r) - 0,839$ (Huang, 2004).

(3): tomado de nomograma Manual de Reciclado en Frío, Wirtgen 2017. No se utiliza el nomograma de AASHTO 93 para bases tratadas con cemento hidráulico para determinar el coeficiente estructural para un módulo de 535.000 psi ya que esto no tiene congruencia con el caso donde se tiene una base mejorada con cemento hidráulico con módulo de 31.000 psi (0,129 vs 0,14, respectivamente).

(4): Se le asignan características de un material granular de subbase debido a su similitud en cuanto a su posición dentro de la estructura propuesta, granulometría y capacidad de soporte. Se considera como capa estructural debido a que es un material manufacturado producido para cumplir con capacidad de soporte mínima de 10%.

Es importante indicar que, de acuerdo con conversaciones con la ingeniería de proyecto, la idea de especificar una resistencia de 15 kg/cm² medida a 3 días, surge de la necesidad de tener que permitir el paso del tránsito rápidamente sobre la base tratada con cemento, debido a que, al ser obras de conservación vial, se podría dificultar restringir el paso de tránsito por periodos prolongados. Tal determinación se tomó para el mejoramiento de la base granular existente en el proyecto entre el Río Virilla y Santo Domingo, sobre la ruta nacional 5, criterio que se mantuvo para utilizar en este tramo de la Ruta 32.

Sin embargo, se debe recalcar que no es conveniente, especificar requerimientos diferentes a los definidos en las especificaciones nacionales, puesto que esto dificulta realizar un control de calidad eficiente del material a utilizar, con lo que podría presentarse dificultad en poder detectar con certeza, si el material utilizado cumple con las condiciones del material considerado en el diseño que, en este caso y según módulo resiliente utilizado en el diseño de pavimento, debería ser una base estabilizada tal como se especifica en el CR-2010, y no una base mejorada de menor resistencia.

Por otra parte, en el caso de este tramo de la Ruta 32, al tratarse de una ampliación y contar con marginales, se debe considerar que existe suficiente espacio en el derecho de vía para poder lograr periodos de cura de al menos 7 días, sin necesidad de tener que abrir el tránsito de forma expedita sobre la base en proceso de ganancia de resistencia. Desde este punto de vista, tiene menor sentido definir una resistencia mínima meta a 3 días, cuando esto no es lo normado a nivel de especificación nacional. Cabe destacar que, resistencias como las definidas de 15kg/cm² y medidas a 3 días, podrían representar resistencias cercanas a las normadas por la especificación nacional CR-2010 para BE-25 en un escenario favorable a 7



días, por lo que no se comprende la necesidad de implementar requerimientos técnicos diferentes a los existentes.

Se debe tener en cuenta que, en un escenario desfavorable, no se estaría obteniendo un control si por ejemplo a los 7 días se obtienen resistencias muy bajas o muy altas de acuerdo a la especificación, en cuyos casos, ambas serían perjudiciales de acuerdo a lo requerido según el diseño estructural del pavimento.

Por otra parte, es importante considerar que, queda abierta la posibilidad de que esta especificación arbitraria utilizada inicialmente, promueva la utilización de bajos contenidos de cemento, que podrían ser suficientes para mejorar las propiedades mecánicas del material granular y utilizarlo como tal en el pavimento, pero no necesariamente para llegar a alcanzar las condiciones requeridas del pavimento como material estabilizado, tal y como parece ser considerado en el diseño propuesto de acuerdo al módulo resiliente utilizado.

Se debe mencionar que, si fuera el caso que solo se quisiera mejorar las propiedades mecánicas del material granular (CBR o plasticidad), no se entiende el sentido de tener que mejorar propiedades de un material nuevo aportado al proyecto que debería cumplir las especificaciones requeridas como material granular, para el caso de las ampliaciones donde se colocaría base granular nueva. De acuerdo con esto, tiene mayor sentido, mejorar las propiedades del material de base granular existente en el caso del pavimento antiguo, siendo que puede verse afectado en el tiempo en cuanto a sus propiedades mecánicas originales.

De acuerdo con esto, es claro que el objetivo de adicionar cemento es estabilizar las bases, tanto la existente y como la nueva o virgen, para alcanzar una resistencia mínima, y que, de acuerdo al criterio técnico del Equipo Auditor, deben establecerse y cumplirse los parámetros definidos en el CR-2010, para materiales de base estabilizada con cemento equivalente a lo que se conoce como BE-25, como normativa nacional vigente.

Análisis de los resultados de verificación de la calidad aportados a esta Auditoría Técnica

De acuerdo con los resultados de verificación de calidad aportados a esta Auditoría Técnica por parte de la Administración, se pudo notar que, para las primeras muestras de base estabilizada colocada en diciembre de 2020 y enero de 2021, se realizaron ensayos de resistencia medidos a 7 días, tal y como debe realizarse según el CR-2010. Cabe destacar que los resultados obtenidos en este periodo, para 4 días diferentes de colocación y muestreo, fueron satisfactorios, considerando la especificación de resistencia entre 2,1 MPa y 3,9 MPa, con 2 excepciones que se pasaron del límite superior levemente.



Figura 18. Tramo estabilizado y con capa asfáltica. 300m Oeste del cruce con Ruta 117. Fechas: 19 enero de 2021. Ampliación externa sur de la vía. Fuente: LanammeUCR.



Sin embargo, llama la atención al Equipo Auditor que, a partir de febrero de 2021, se empezaron a realizar ensayos de resistencia medida a 5 días (muestreo del 4 de febrero de 2021), y posteriormente medida a 3 y 4 días hasta los muestreos del día 2 de marzo. En este periodo se pudo observar una variabilidad importante de las resistencias obtenidas, donde se obtuvieron valores de 1 MPa hasta valores de 3,8 MPa. Vale destacar que son valores de resistencia que no permiten determinar con certeza la condición de la base estabilizada debido a que no se mide la resistencia en el periodo que indica la especificación (7 días) y más bien se realiza a diferentes periodos (resistencia medida de 3 días a 5 días).

Figura 19. Tramo en proceso de estabilización con cemento. 600m Suroeste del cruce con Ruta 117. Fechas: 10 febrero de 2021. Ampliación Sur de la vía. Fuente: LanammeUCR.



El 2 de marzo de 2021, se muestreó, por parte del laboratorio de verificación de calidad contratado por la Administración, el material estabilizado para medir las resistencias a 7 días de edad, según los informes compartidos a esta Auditoría Técnica. Posteriormente, el día 3 de marzo también se realizó un muestreo de especímenes para falla en 7 días. Sin embargo, en dos días de colocación y muestreo (2 y 3 de marzo de 2021) se presentaron valores variables con resistencias muy bajas de hasta 0.7 MPa a 7 días, en una de las muestras. Estos muestreos se realizaron para la estabilización de material de base existente en los carriles centrales cercanos al cruce con ruta nacional 117, el cual fue combinado con un porcentaje aproximado de 30% de base nueva.

Figura 20. Tramo en proceso de estabilización con cemento. 100m Oeste del cruce con Ruta 117, Frente a Restaurante Doña Lela. Carriles centrales. Fecha: 3 marzo de 2021. Fuente: LanammeUCR.

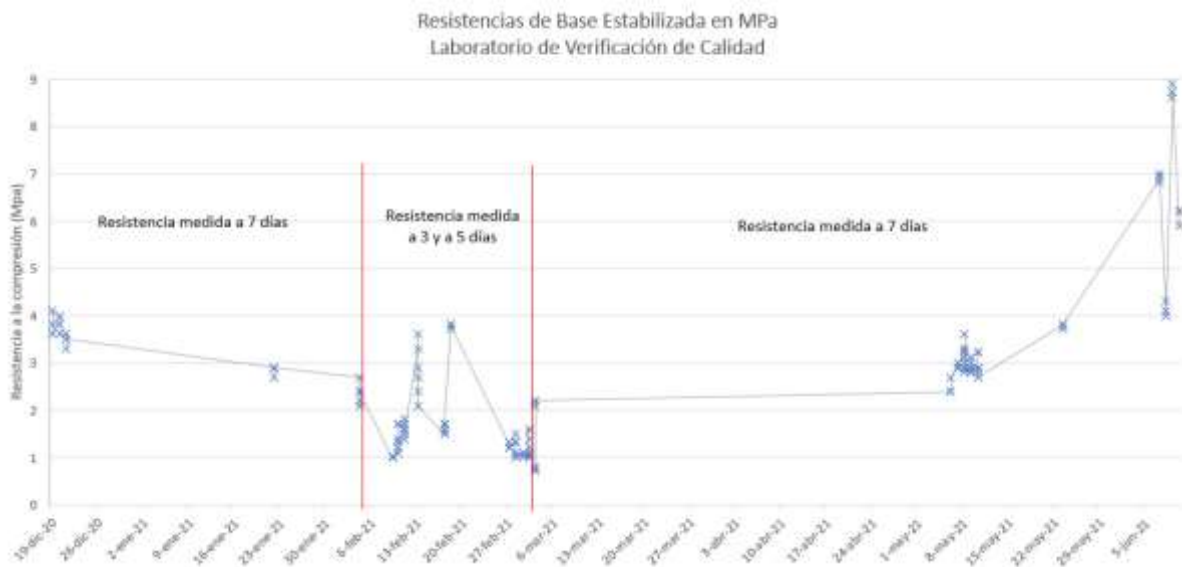


Posteriormente, de acuerdo con los resultados obtenidos en sitio, las variaciones en el control de calidad utilizado y las desviaciones consideradas por la Administración de acuerdo a la especificación vigente de base estabilizada, se emitió la nota informe LM-IC-D-224-2021, el día 10 de marzo por parte del LanammeUCR, donde se informa a la Administración sobre los inconvenientes técnicos que pueden afectar la calidad de la obra, además de la necesidad de rectificar el control de calidad del material de base estabilizado y que sea congruente con el material considerado en el diseño del pavimento.

A partir de esa nota informe y por determinación de la ingeniería de proyecto se decidió por parte de la Administración solicitar una nueva propuesta del material a utilizar, definiendo la necesidad de diseñar un material de base estabilizada, tal y como lo especifica el CR-2010. De esta forma, poder contar con un respaldo técnico de una especificación utilizada a nivel nacional y así lograr un control de calidad con la base establecida. De acuerdo con esto, se rectificó la dosificación que se estaba aplicando para los materiales utilizados, con la realización de nuevos diseños y combinando para el caso de la base existente con un porcentaje de base virgen. Con esta variación, para mayo de 2021, se reanudó la estabilización de la base con cemento y se obtuvieron valores de resistencia satisfactorios a los 7 días, siendo que, del 6 al 23 de mayo de 2021, para los días de colocación de este material estabilizado, este parámetro se ajustó a la especificación de base estabilizada del CR-2010.

Sin embargo, para la construcción de base estabilizada que se reanudó del 7 al 10 de junio, se empezaron a presentar valores altos y variables de resistencia a los 7 días, lo que indicaba que el control de calidad que se había logrado un mes antes, se afectó, lo que podría deberse a varios factores que deberían considerarse, tales como cambios en las propiedades del material existente o en el material de base nuevo, deficiencias en el control de humedad utilizado en sitio, desviaciones en las dosificaciones de cemento, entre otras, por lo que es recomendable actualizar los diseños de base estabilizada o al menos ajustar las dosificaciones de acuerdo con las variaciones observadas en las resistencias obtenidas.

Figura 21. Distribución temporal de las resistencias y periodos de falla de la base estabilizada con cemento. Fuente: Elaboración propia a partir de informes de verificación de la calidad suministrados por la Administración.



Por lo tanto, es criterio del Equipo Auditor que no es conveniente la utilización de parámetros de calidad que no estén normados a través de las especificaciones nacionales vigentes. Al existir arbitrariedad en los parámetros técnicos definidos, el control de calidad puede ser confuso y el comportamiento del material podría presentar variaciones que dificultan la puesta a punto de la capa colocada respecto a la requerida. Siguiendo estos parámetros y procesos normados, es posible detectar con mayor certeza, desviaciones en el control de calidad que puedan ser ajustados, por medio de variaciones en las dosificaciones, paños de prueba o actualizaciones de diseños, en caso de que así se requiera.

OBSERVACIÓN 1. LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS FUERON INSUFICIENTES Y DEFICIENTES PARA EL DISEÑO DE LOS TALUDES Y MUROS DE REFUERZO

La presente observación se basa en un conjunto de visitas realizadas por el Equipo Auditor al proyecto, la visita de expertos técnicos por parte del Programa de Ingeniería Geotécnica de LanammeUCR (PIG), la toma de muestras de suelo, el modelado de la superficie de terreno mediante el uso de drones y la revisión de los diseños geotécnicos propuestos por el contratista.

A raíz de esto se elaboraron los informes LM-PIG-10-2021 (*Informe de la revisión del diseño del muro de retención del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro*) y LM-EIC-PIG-I-0013-2021 (*Informe de revisión preliminar de deformaciones en la corona del talud del Proyecto Ampliación Ruta 32: del Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro*) donde se determinó que los estudios geotécnicos realizados en el proyecto fueron deficientes e insuficientes para el diseño de los taludes y muros de refuerzo.

Esta condición, y en particular el contenido de los informes LM-PIG-10-2021 y LM-EIC-PIG-I-0013-2021, fue comunicado a la Administración mediante las notas informe: LM-EIC-D-223-2021 (9 de marzo de 2021) y LM-EIC-D-425-2021 (19 de mayo de 2021), respectivamente. A continuación, se detallan las situaciones evidenciadas:

- a) **Sobre el diseño del muro de retención del Proyecto Ampliación Ruta 32, entre el puente Ricardo Saprissa y Barrio Socorro (informe LM-PIG-10-2021 disponible en Anexo 1).**

Para llevar a cabo la revisión del diseño del muro se consideró el análisis de los siguientes documentos:

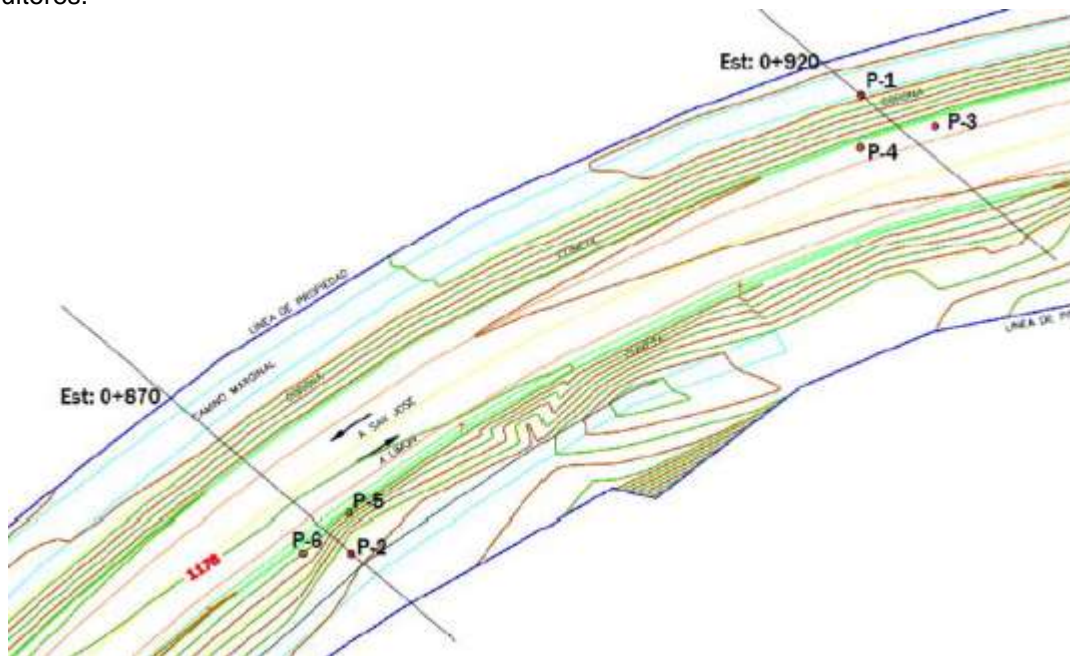
- Oficio: LAB-GEO-001, Estudio de suelos, Barrio El Socorro, Ampliación de Ruta 32, elaborado por Bel Ingenieros Consultores.
- Diseño muro cosido e-16-2020 - ruta nacional 32 Saprissa - Doña Lela, elaborado por Hernán Solís.
- Planos Muro RN 32 Saprissa - Doña Lela.
- Oficio: g-06-2021 Subsane del diseño del muro solicitado por el LanammeUCR

Observaciones respecto al estudio de suelos realizado:

En cuanto al estudio de suelos realizado (Oficio Lab GEO 001) se encontró que en total se realizaron seis ensayos de penetración estándar (SPT), 3 en la estación 0+870 y 3 en la estación 0+920, a distintas alturas (ver Figura 22).



Figura 22. Ubicación de las perforaciones realizadas para el estudio de suelos. Fuente: Bel Ingenieros Consultores.



De tal manera se observa que, en la estación 0+870 las perforaciones P-2, P-5 y P-6 se realizaron en el talud a mano derecha en el sentido San José – Limón. La perforación P-2 se ubica en la corona del talud y las P-5 y P-6 en el pie. Para la estación 0+920, las perforaciones P-1, P-3 y P-4 se realizaron en el talud a mano izquierda en el mismo sentido, siendo P-1 la que se ubica en la corona del talud y, P-3 y P-4 al pie. Por su parte, tal y como se indica en los informes LM-PIG-10-2021 y LM-EIC-PIG-I-0013-2021, la configuración de la ubicación de las perforaciones (unas en la corona y otras al pie del talud) en la zona se considera adecuada, si se tratase de una investigación puntual de los taludes localizados en los estacionamientos 0+870 y 0+920. Sin embargo, tomando en consideración que se trata del diseño de muros de retención en ambas márgenes de la carretera y que se extienden desde la salida del puente Ricardo Saprissa hasta la salida al Barrio Socorro (aproximadamente 1 km), la investigación puede resultar insuficiente por la variabilidad en las características del suelo.

En la Figura 23, se muestra la línea roja que representa la extensión de los muros y los puntos blancos exponen la ubicación de las perforaciones. Como puede observarse, la distribución de estas perforaciones en una distanciada de 50 m, puede generar una información reducida respecto a la longitud real de los muros.



Figura 23. Extensión de los muros de retención Puente Ricardo Saprissa – Barrio Socorro y ubicación aproximada de las perforaciones realizadas para el estudio de suelos.



Vale la pena mencionar que, a pesar de que la investigación geotécnica para este estudio de suelos se efectúa según los lineamientos del apartado 4.1.2 del Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (CGTLCR), se considera recomendable realizar una mayor cantidad de perforaciones en cada margen, con una mayor separación entre ellas, de tal forma que se obtenga más información de los materiales que conforman los taludes a lo largo de la extensión de los muros. Lo anterior, también se encuentra respaldado en la sección 2.2.2 “Estudios para el diseño y construcción” del Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR), en el cual se indica que el estudio de suelos debe procurar una investigación directa con el detalle que la obra exige. Interviniendo aquí aspectos como el costo, tipo de obra, su magnitud, ubicación e importancia.

De esta forma, el establecimiento del modelo geotécnico, dependerá del número de perforaciones, distribución y espaciamiento, las cuales dependerán a su vez de las condiciones de sitio y de las características de la obra. Dicho esto, los sondeos exploratorios se deben distribuir lo mejor posible en el terreno de tal manera que se pueda obtener un modelo espacial adecuado y que indique la geometría y las características de los materiales presentes.

Sin embargo, es importante resaltar que, tanto en el CGTLCR y en el CCCR, se establecen recomendaciones para los requisitos mínimos para el planeamiento de los estudios de suelos, pero esto no sustituye la necesidad de realizar más estudios de suelos, dependiendo de la magnitud, complejidad y tipo de obra.



Además, es importante destacar que, los resultados de los ensayos de laboratorio que se presentaron en el informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021, muestran variaciones importantes en los valores de la cohesión y del ángulo de fricción para muestras de suelos recolectadas en los estacionamientos 0+900 y 1+465, lo cual contradice parcialmente lo indicado en el oficio g-06-2021, que indica que: “durante el análisis de los mapas geológicos presentados en el Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR) se observan geologías homogéneas en la zona tipo V3: suelos residuales de origen volcánico. Esto es confirmado durante la excavación del muro en la margen derecha de la carretera, como lo muestra la Figura 2 los materiales encontrados son homogéneos y corresponden a limos arcillosos”. Puesto que, aunque en ambas secciones se tienen limos arcillosos, las propiedades mecánicas son distintas y por lo tanto, es de esperarse comportamientos y desempeños mecánicos diferentes para estos materiales.

Por lo tanto, tal y como se mencionó anteriormente, se considera insuficiente para la extensión del proyecto, la realización de únicamente 6 perforaciones, en las estaciones 0+870 y 0+920 (3 en cada estación), para la obtención de un modelo geotécnico espacial adecuado.

Además, se considera recomendable que se complemente la información obtenida en este estudio de suelos, con el levantamiento de información de campo que puedan realizarse en los sitios de los taludes que se encuentran excavados. Con esto, se puede validar el modelo geotécnico establecido, tanto en el estudio de suelos como en el informe de diseño de los muros, y si se presenta alguna diferencia entre el modelo y el comportamiento real de los materiales del sitio, sea posible solicitar investigación adicional más puntual, sin generar retrasos en el avance de la construcción de los muros.

Observaciones respecto al diseño del muro:

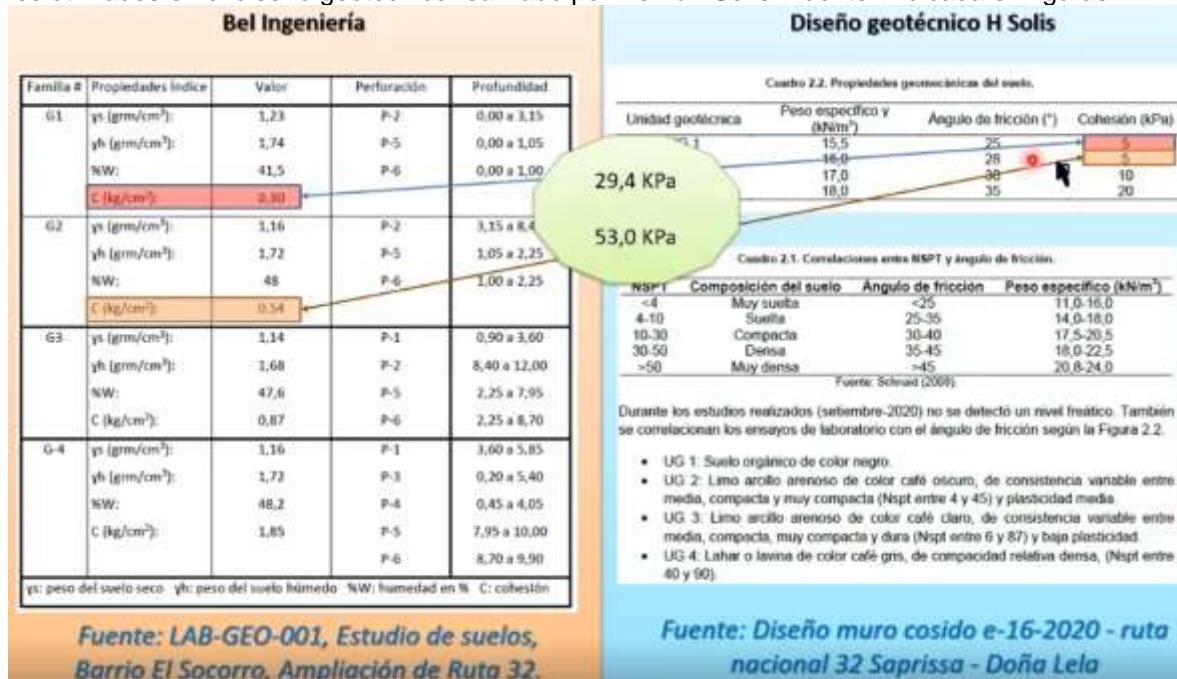
Al revisar el diseño del muro (informe e-16-2020 de Hernán Solís), se observó que la determinación de las propiedades geomecánicas de las unidades geotécnicas se realizó de tres maneras: la cohesión se obtiene por medio de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados por Bel Ingenieros Consultores, el valor del peso específico se obtiene por medio de correlación con el número de SPT realizada por Meyerhof y el ángulo de fricción efectivo se determina por medio de la correlación con el índice de plasticidad realizada por Terzaghi, Peck y Mesri en 1996.

Al respecto, se comentó en el informe LM-PIG-10-2021 que los valores de cohesión no corresponden de manera exacta con los mostrados en el informe LAB-GEO-001. Esto se puede observar en la Tabla 8 y Figura 24.

Tabla 8. Valores de cohesión tomados en el diseño vrs los mostrados en LAB-GEO-001

Unidad geotécnica	Cohesión de diseño (kPa)	Cohesión LAB-GEO-001 (kPa)
UG 1	5	29.4
UG 2	5	53.0
UG 3	10	85.3
UG 4	20	181.4

Figura 24. Comparación entre los parámetros geotécnicos calculados por el laboratorio Bel Ingeniería y los utilizados en el diseño geotécnico realizado por Hernán Solís. Fuente: Indicada en figuras.



Sin embargo, como parte de la respuesta de parte de la empresa Hernán Solís ante esta observación se comentó, mediante el oficio g-06-2021, que los valores presentados por el Laboratorio Bel Ingeniería corresponden a una resistencia a la compresión simple, no al valor de cohesión. Además, se señala que el error en la interpretación surge por parte de la empresa Bel Ingeniería que utiliza la letra C y la llama cohesión, de manera errónea para hacer referencia a un valor de compresión simple cuya nomenclatura debería ser “qu”.

Por otro lado, el oficio g-06-2021, indica que para obtener los parámetros efectivos se utilizaron los resultados de caracterización de los límites de Atterberg de Bel Ingeniería y un gráfico de Terzaghi, Peck y Mesri (1996).

Sin embargo, después de estudiar lo indicado por Holtz y Sheaban (2010), respecto al uso del mismo, se tiene que: “Dado que hay una dispersión considerable alrededor de la "línea promedio", debe utilizarse esta correlación con considerable precaución. No obstante, la figura es útil para estimaciones preliminares y para verificar resultados de laboratorio”



Dicho esto, sumado a la importancia de la obra y que los parámetros serán utilizados para realizar el diseño de una obra geotécnica, es necesario justificar adecuadamente el uso del gráfico de Terzaghi, Peck y Mesri (1996), como parámetro de diseño, en lugar de usarse como una estimación preliminar y por sobre los resultados de laboratorio obtenidos por la empresa Bel Ingeniería.

Además, respecto a los valores de cohesión utilizados finalmente para el diseño, el contratista señala lo siguiente:

Se establece un valor inferior de 5 kPa para la Capa A y B, lo cual es un valor bajo para suelos cohesivos, pero es necesario para evitar superficies de falla de cáscara no reales durante el análisis de estabilidad. De ensayos triaxiales realizados en otros proyectos se obtienen valores de cohesión efectiva entre 60-80 kPa para el lahar (Capa D), sin embargo, en este caso sólo se utiliza 20 kPa. Para la Capa C se asigna un valor de cohesión efectiva de 10 kPa intermedio entre los valores presentados.

Fuente: Oficio g-06-2021, Hernán Solís.

Por lo tanto, y según los comentarios realizados por el contratista, en este proyecto los valores de cohesión utilizados para el diseño se basan en resultados de laboratorio obtenidos en otros proyectos que posteriormente fueron multiplicados por un factor de reducción de entre 0,33 y 0,25. Lo anterior, sin una justificación clara o un respaldo técnico mediante ensayos de laboratorio realizados al suelo del proyecto para obtener dichos valores de cohesión.

Lo cual también viene a reforzar el cuestionamiento anterior, sobre la necesidad de realizar campañas de ensayos de evaluación en campo y en laboratorio más extensivos para este proyecto, de forma tal que se puedan obtener parámetros de diseño propios de los materiales presentes en la obra y evitar así, el uso de correlaciones empíricas y resultados de otras obras distintas al proyecto analizado.

Al respecto, es criterio del Equipo Auditor que no debería ser admisible el uso de parámetros de diseño según los resultados obtenidos en otros proyectos, máxime en una obra donde se contó con la posibilidad de realizar estudios de suelos rigurosos y extensivos para contar con resultados de ensayos de laboratorio que permitan establecer los valores de cohesión y ángulos de fricción reales del proyecto. Dicho esto, queda en evidencia, que el cumplimiento de la cantidad mínima de 3 sondeos por muro estipulados en la licitación, fue insuficiente para la adecuada obtención de parámetros de diseño de los muros, y que el cumplimiento de este requisito mínimo no es justificación suficiente para que el diseñador tenga que recurrir al uso de correlaciones y resultados obtenidos de otros proyectos.

El hecho de asumir parámetros de diseño para el diseño de muros puede representar consecuencias graves como la falla e inestabilidad del talud, o por el contrario representar sobrecostos para la Administración en caso de que lo se obtenga sea un sobrediseño.

Otros aspectos no considerados en el diseño del muro:

Se observó que en el diseño de muros del oficio e-16-2020 no se consideró la sobrecarga de las zonas residenciales ubicadas al costado Sur de la carretera (lado derecho en sentido hacia Limón). Respecto a esto, se recomendó realizar el análisis de estabilidad considerando la sobrecarga correspondiente a las edificaciones existentes en esa ubicación, debido a la cercanía de estas.

Posteriormente, a raíz de las observaciones enviadas a la Administración por parte de esta Auditoría, se procedió a realizar, por parte del contratista, el análisis bajo esta condición de sobrecarga. Sin embargo, es un tema que llama la atención de esta Auditoría, pues dicha condición de sobrecarga debió ser considerada desde un principio por parte del contratista.

Por último, respecto a la revisión del diseño de muros del oficio e-16-2020, se recomendó realizar un análisis de deformaciones en los alrededores de los condominios ubicados en la margen derecha de la carretera, debido a la proximidad de la tapia perimetral de éstos, previendo un riesgo de afectaciones a esta propiedad privada. Dicho análisis fue realizado posteriormente por parte del contratista y por parte del LanammeUCR mediante el informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021.

b) Sobre la revisión preliminar de deformaciones en la corona del talud del Proyecto Ampliación Ruta 32 (informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021 disponible en Anexo 2).

El presente apartado representa un resumen de las principales conclusiones y consideraciones del informe LM-EIC-PIG-I-13-2021 *“Informe de estimaciones preliminares de deformaciones en la corona del talud del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Sapriisa al Barrio Socorro”*.

Es importante indicar que este análisis no representa los resultados definitivos del análisis de deformabilidad de la superficie del talud derecho (sentido San José – Limón), ya que la información disponible y el estudio completo correspondiente, es responsabilidad del encargado del diseño del proyecto final.

Los análisis y conclusiones detalladas en el informe LM-EIC-PIG-I-13-2021 consideran el uso de dos metodologías:

1. El enfoque del método de equilibrio límite (MEL), para analizar la estabilidad de los taludes.
2. El uso de métodos de elemento finito (MEF), para complementar el análisis de estabilidad y evaluar el comportamiento esfuerzo-deformación de los suelos estudiados. Lo anterior, con el objetivo de evaluar los riesgos asociados a deformaciones que puedan afectar las viviendas que se encuentran en las cercanías de los taludes evaluados.

A partir de los resultados obtenidos en las simulaciones se destaca que, para las propiedades de los materiales utilizados en todos los casos, los resultados de los factores de seguridad son favorables y cumplen con los requisitos de estabilidad definidos por el Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (CGTLCR).

Se observó que los valores de los factores de seguridad aumentaron con el cambio de inclinación de 70° para 45° (ver Figura 25), lo cual desde el punto de vista de los análisis de equilibrio límite y del método de elementos finitos, es un resultado esperado ya que una inclinación más próxima a la línea horizontal, representa desde el punto de estabilidad al deslizamiento una condición más estable y segura. Es importante resaltar que, desde el punto de vista de deformabilidad, tanto las deformaciones horizontales, verticales y totales fueron mayores para la inclinación de 45° , lo cual puede deberse a que la presencia de las casas se encuentra más próximas a la corona del talud.

Figura 25. Se observaron distintas inclinaciones para el talud no revestido. Fecha: 7 de abril de 2021.
Fuente: LanammeUCR





Los resultados obtenidos, en general, indican que no se esperan daños importantes en las estructuras cercanas a la corona del talud. A excepción del escenario 3, del talud con la inclinación de 70° el cual involucra la acción del sismo y, los escenarios 2 y 6 (escenario con precipitación) del talud con la inclinación de 45°, donde se podrían presentar fisuras en los repellos ya que los valores de deformación superan los 0,0039 m recomendados por el Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR).

Por otra parte, los asentamientos diferenciales y las distorsiones angulares obtenidos de las simulaciones para puntos con una separación de 3,9 m, sugieren que no se esperan daños estructurales en los edificios, ni tampoco agrietamientos en paneles y muros de mampostería.

Sin embargo, se recomienda llevar a cabo estudios adicionales incluyendo más ensayos de laboratorio y en sitio, aunado a evaluar otros escenarios de deformaciones para establecer la criticidad de los resultados que se puedan obtener. La omisión de estos análisis podría significar problemas económicos por indemnizaciones que se deban realizar por afectaciones, que pudieron ser previstas y prevenidas mediante el análisis de deformaciones correspondiente.

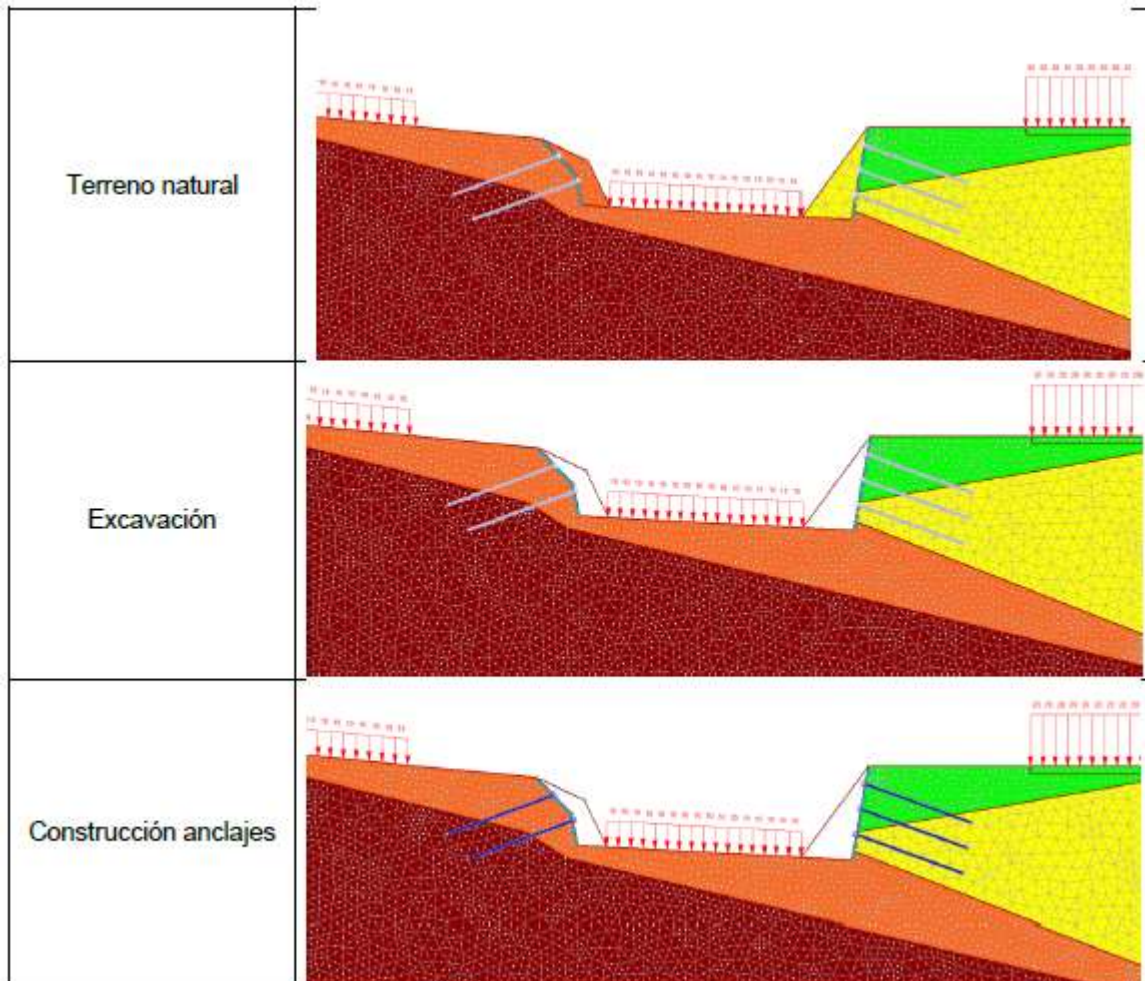
c) Sobre la revisión de sobrecargas y deformaciones en la corona del talud presentado en el oficio g-06-2021.

Según lo indicado en el oficio g-06-2021, se procedió a colocar las estructuras sobre el margen derecho, considerando una carga de 20 kPa correspondiente a una casa de dos pisos. En el caso de los análisis realizados fue considerada una separación entre el borde del talud y las casas de 8,0 m. De los resultados obtenidos en los análisis los valores de FS son prácticamente iguales.

Por su parte, para analizar las deformaciones en el terreno, producto de la excavación del terreno y colocación de anclajes, se utilizó el programa RS2 de la empresa Rocscience. En los análisis se consideraron las casas sobre el talud de la margen derecha y un análisis en 3 etapas, a saber: terreno natural, excavación y colocación de anclajes.

Las premisas abordadas en ambos análisis se consideran adecuadas. No obstante, se sugiere revisar las premisas de la geometría adoptada en los modelos realizados. Para esto, teniendo en consideración la Figura 26, obtenida del Cuadro 5 “Etapas consideradas en el análisis de asentamientos”, presentado en el oficio g-06-2021, se observa que entre la etapa de “Terreno natural” y la etapa de “Excavación”, a pesar de que existe una simulación del movimiento de tierra, es evidente que la corona del talud se mantiene exactamente igual entre ambas etapas, de forma tal que la separación entre la corona del talud y las casas se mantiene exactamente igual (8,0 m, como se indicó anteriormente).

Figura 26. Etapas consideradas en los análisis de sobrecargas y deformaciones. Fuente: oficio g-06-2021



Sin embargo, como se observa en la Figura 27 y como también puede ser constatado en las visitas en campo, en la etapa de “Excavación”, el volumen de tierra removido fue mucho mayor de lo que se consideró en las modelaciones del oficio g-06-2021, de forma tal que, la distancia entre las casas y la corona del talud se redujo drásticamente al final de la etapa de excavación, lo cual desde el punto de vista de los análisis, se podría reflejar en reducciones significativas de los valores de los factores de seguridad (FS), así como también en aumentos de las deformaciones.

Adicionalmente, vale mencionar, que se requiere solicitar aclaraciones del oficio g-06-2021, relacionadas con los parámetros o consideraciones utilizadas por el diseñador en las relaciones de esfuerzo-deformación de los materiales utilizados para determinar las deformaciones en los modelos. Esto es, indicar cuáles fueron los valores de los módulos elásticos adoptados (o parámetros equivalentes) y cómo fueron obtenidos estos valores a partir de los resultados de ensayos de laboratorio disponibles.



Figura 27. Etapas consideradas en los análisis de sobrecargas y deformaciones. Fuente: oficio g-06-2021



(a) Modelo de elevación digital de la zona evaluada. Fuente: Lanamme



(b) Sección transversal de la zona evaluada. Fuente: Lanamme

Consideraciones finales:

Finalmente, aunque en el oficio g-06-2021, se indica que en los planos constructivos y que en la visita en campo se puede observar la construcción de elementos de drenaje de manera que, la influencia del agua no afecte el desempeño del muro en cuanto a su estabilidad, durante las visitas realizadas, se observó que los taludes existentes carecen de sistemas adecuados para el control de la escorrentía superficial. Por ejemplo, en el sector que corresponde al Condominio Oasis Tournón, las contracunetas en suelo existentes en la parte superior del talud se encontraban obstruidas por el crecimiento de vegetación y, en las cercanías del estacionamiento 0+900, diversas construcciones de viviendas y calles urbanas, tenían sistemas inadecuados de alcantarillado, con salidas de agua directamente sobre la cara del talud. En ambos casos, se recomienda implementar medidas integrales de mitigación, ya sea por parte de los propietarios o de la Administración del proyecto (quien sea el responsable), para detener y evitar la erosión de la cara del talud, así como, colocar sistemas para el control de la escorrentía superficial y evitar problemas de estabilidad.

Figura 28. Descarga de aguas pluviales sobre la corona del talud, por parte de viviendas del condominio Oasis Tournón. Fecha: 26 de marzo de 2021. Fuente: LanammeUCR.



Por último, algunas viviendas presentan su desfogue de aguas pluviales o aguas residuales de forma inadecuada. Se recomienda hacer valoración del grado de responsabilidad de los propietarios de las viviendas, pues dicha condición representa un medio de constante saturación para el talud y el pavimento, así como una condición insalubre al tratarse de aguas residuales o jabonosas.



Figura 29. Tuberías colocadas para la descarga de aguas residuales/jabonosas. Fecha: 23 de julio de 2021. Fuente: LanammeUCR





11. CONCLUSIONES

Sobre la gestión de riesgos del proyecto:

- Se observaron deficiencias en la gestión de riesgos del proyecto, lo que provoca una serie de responsabilidades compartidas, ante una eventual falla o deterioro prematuro de algunos de los elementos de la carretera.
- A criterio del Equipo Auditor, hubo debilidades de planificación por parte de la Administración, puesto que previo al inicio de las labores se tuvo que haber verificado la continuidad de los contratos de conservación vial y el contenido presupuestario suficiente que permitiría concluir la totalidad de las obras requeridas.

Sobre la suspensión de labores en el proyecto y la aparición de deterioros prematuros:

- La suspensión de las labores del proyecto ha favorecido la aparición de deterioros prematuros en varios elementos del proyecto, poniendo en riesgo la inversión ya realizada y el desempeño de la obra en cuanto a funcionalidad y capacidad estructural, consecuentemente afectando la durabilidad del proyecto.
- La aparición de deterioros prematuros representa un riesgo a la seguridad vial de los usuarios que transitan sobre este tramo.
- Las irregularidades que se han generado en la capa de base, si no son atendidas adecuadamente, se verán reflejadas en la capa final de ruedo provocando la construcción de una capa de ruedo irregular y que dificultaría el cumplimiento de los parámetros de regularidad superficial IRI definidos contractualmente para los proyectos de conservación vial.

Sobre la atención a la base del pavimento mediante la incorporación de cemento:

- Se definió una propuesta de base granular mejorada con cemento, pero se establecieron requerimientos de resistencia de base estabilizada con cemento. Además, los requerimientos (resistencia de 15 kg/cm² a los 3 días) no están fundamentados en la normativa nacional vigente y contractualmente aplicable al proyecto. Esto pudo hacer que no se controle la resistencia de la base a los 7 días, tal como lo indica el Manual CR2010.
- En algunos casos puntuales (a inicios de marzo de 2021) se observaron valores de resistencia a la compresión a los 7 días, para la base estabilizada, que eran inferiores a la especificación nacional vigente.



- Para la construcción de base estabilizada que se reanudó del 7 al 10 de junio de 2021, se empezaron a presentar valores altos y variables de resistencia a los 7 días, lo que indica que el control de calidad que se había logrado un mes antes, se afectó. Esto podría deberse a varios factores que deberían considerarse, tales como cambios en las propiedades del material existente o en el material de base nuevo, deficiencias en el control de humedad utilizado en sitio, desviaciones en las dosificaciones de cemento, entre otras.

Sobre los estudios de suelo y diseño de soluciones geotécnicas del proyecto:

- En este proyecto los valores de cohesión utilizados para el diseño se basan en resultados de laboratorio obtenidos en otros proyectos que posteriormente fueron multiplicados por un factor de reducción de entre 0,33 y 0,25, sin una justificación clara o un respaldo técnico mediante ensayos de laboratorio realizados al suelo del proyecto para obtener dichos valores de cohesión.
- Queda en evidencia, que el cumplimiento de la cantidad mínima de 3 sondeos por muro estipulados en la licitación y realizados en una sola estación, fue insuficiente para la adecuada obtención de parámetros de diseño de los muros, por lo que el diseñador tuvo que recurrir al uso de correlaciones y resultados obtenidos de otros proyectos, sin justificación técnica que respalde los datos utilizados.
- A partir de los resultados obtenidos en las simulaciones se destaca que, para las propiedades de los materiales utilizados en todos los casos, los resultados de los factores de seguridad son favorables y cumplen con los requisitos de estabilidad definidos por el CGTLCR.
- Se observó que en el diseño de muros del oficio e-16-2020, no se consideró inicialmente la sobrecarga de las zonas residenciales ubicadas al costado Sur de la carretera (lado derecho en sentido San José - Limón).
- Se observó que en el diseño de muros del oficio e-16-2020 inicialmente no se realizó un análisis de deformaciones en los alrededores de las viviendas ubicadas en la margen derecha de la carretera.
- En el informe LM-EIC-PIG-I-13-2021 se determinó que los valores de los factores de seguridad aumentaron con el cambio de inclinación de 70° a 45°. Sin embargo, es importante resaltar que, desde el punto de vista de deformabilidad, tanto las deformaciones horizontales, verticales y totales fueron mayores, para la inclinación de 45°, lo cual puede deberse al hecho de que, la presencia de las casas se encuentra más próximas a la corona del talud.



- Los resultados obtenidos, en el informe LM-EIC-PIG-I-13-2021, indican que no se esperan daños importantes en las estructuras cercanas a la corona del talud. A excepción del escenario 3, del talud con la inclinación de 70° el cual involucra la acción del sismo y, los escenarios 2 y 6 del talud con la inclinación de 45° , donde se podrían presentar fisuras en los repellos ya que los valores superan los 0,0039 m recomendados por el Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR).
- Por otra parte, en el informe LM-EIC-PIG-I-13-2021 se concluyó que los asentamientos diferenciales y las distorsiones angulares obtenidos de las simulaciones para puntos con una separación de 3,9 m, sugieren que no se esperan daños estructurales en los edificios, ni tampoco agrietamientos en paneles y muros de mampostería.
- Es importante indicar que los análisis presentados en el informe LM-EIC-PIG-I-13-2021 no representan los resultados definitivos de la deformabilidad de la superficie del talud derecho (sentido San José – Limón), ya que la información disponible y el estudio completo correspondiente, es responsabilidad del encargado del diseño del proyecto final
- Durante las visitas realizadas, se observó que los taludes existentes carecen de sistemas adecuados para el control de la escorrentía superficial. Por ejemplo, en el sector que corresponde al Condominio Oasis Tournón, las contracunetas existentes en tierra, se encontraban obstruidas por el crecimiento de vegetación y, en las cercanías del estacionamiento 0+900, diversas construcciones de viviendas y calles urbanas, tienen sistemas inadecuados de alcantarillado, con salidas de agua directamente sobre la cara del talud y que a su vez saturan el pie del talud.

12. RECOMENDACIONES

A la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes:

- Para la formulación de los próximos carteles de conservación vial se recomienda que dentro de una zona de conservación no exista la posibilidad que dos contratistas diferentes atiendan el sistema de drenajes y el mantenimiento periódico y rehabilitación de los pavimentos, o cualquier otro activo de la carretera cuya atención resulte dividida. Lo anterior, con el fin de evitar el riesgo de que existan responsabilidades compartidas en cuanto al desempeño de los trabajos de conservación vial y que consecuentemente esto represente una dificultad para la Administración cuando se requiera ejecutar alguna garantía por los trabajos ejecutados.

A la Ingeniería de Proyecto:

- Se recomienda retomar la ejecución de las obras a la mayor brevedad, de manera que se proteja la inversión realizada y se minimice la aparición de deterioros prematuros. Además, se considera urgente atender los desniveles e irregularidades que podrían representar un riesgo a la seguridad vial de los usuarios.
- Se recomienda para el control de calidad de la base estabilizada siempre en cada proyecto y desde su inicio, establecer requerimientos técnicos acordes con las especificaciones nacionales vigentes, en este caso particular, con las especificaciones establecidas en el manual CR-2010.

A la Dirección Ejecutiva:

- Valorar la vía de ejecución de los proyectos, sea a través de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes o en su defecto mediante otra dependencia que corresponda, de acuerdo a la complejidad del mismo y a las herramientas contractuales que dispone la Administración para realizarlo, con el fin de disminuir los riesgos que existan sobre la coordinación, la responsabilidad y la garantía de los trabajos por parte de los contratistas.

Sobre la revisión de los estudios geotécnicos y diseño de muros:

- A pesar de que la investigación geotécnica para este estudio de suelos se efectúa según los lineamientos del apartado 4.1.2 del Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (CGTLCR), se considera recomendable realizar una mayor cantidad de perforaciones para el estudio de suelos en cada margen, con una mayor separación entre ellas, de tal forma que se obtenga más información de los materiales que conforman los taludes a lo largo de la extensión de los muros.



- Se considera recomendable que se complemente la información obtenida en el estudio de suelos, con el levantamiento de información de campo que pueda realizarse en los sitios de los taludes que se encuentran excavados. Con esto, se puede validar el modelo geotécnico establecido, tanto en el estudio de suelos como en el informe de diseño de los muros, y si se presenta alguna diferencia entre el modelo y el comportamiento real de los materiales del sitio, sea posible solicitar investigación adicional más puntual, sin generar retrasos en el avance de la construcción de los muros.
- Se recomendó considerar para el diseño de muros la sobrecarga de las zonas residenciales ubicadas al costado Sur de la carretera (lado derecho en sentido hacia Limón).
- Se recomendó realizar un análisis de deformaciones en los alrededores de las viviendas ubicadas en la margen derecha de la carretera.
- Se recomienda llevar a cabo estudios adicionales incluyendo más ensayos de laboratorio y en sitio, aunado a evaluar otros escenarios de deformaciones para establecer la criticidad de los resultados que se puedan obtener. La omisión de estos análisis podría significar problemas económicos por indemnizaciones que se deban realizar por afectaciones, que pudieron ser previstas y prevenidas mediante el análisis de deformaciones correspondiente.
- Por otra parte, de la valoración realizada a los análisis presentados en el oficio g-06-2021, se considera que las premisas abordadas en los análisis de estabilidad y deformabilidad fueron adecuadas. No obstante, se sugiere revisar las premisas de la geometría adoptada en los modelos realizados, ya que se observó que entre la etapa de “Terreno natural” y la etapa de “Excavación”, a pesar de que existe una simulación del movimiento de tierra, es evidente que la corona del talud se mantiene exactamente igual entre ambas etapas, de forma tal que la separación entre la corona del talud y las casas se mantiene exactamente igual (8,0 m, aproximadamente). Sin embargo, de las visitas realizadas en campo, esta condición no se cumple, ya que después del movimiento de tierras, las casas se encuentran más próximas de la corona del talud.
- En ambos casos, se recomienda implementar medidas integrales de mitigación, ya sea por parte de los propietarios o de la Administración del proyecto (quien sea el responsable), para detener y evitar la erosión de la cara del talud, así como, colocar sistemas para el control de la escorrentía superficial y evitar problemas de estabilidad.



- Algunas viviendas presentan su desfogue de aguas pluviales o aguas residuales de forma inadecuada. Al respecto, se recomienda hacer valoración del grado de responsabilidad de los propietarios de las viviendas, pues dicha condición representa un medio de constante saturación para el talud y el pavimento, así como una condición insalubre al tratarse de aguas residuales o jabonosas.

13. REFERENCIAS

- Asamblea Legislativa (1998). Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI) Creación del Consejo Nacional de Vialidad No. 7798. San José, Costa Rica
- Asamblea Legislativa (2017). Reforma Ley de Creación del Consejo de Vialidad (CONAVI) N° 9484 MODIFICACIÓN DE VARIOS ARTÍCULOS DE LA LEY N.º 7798. San José, Costa Rica
- Asociación Costarricense de Geotecnia (2009). Código de Cimentaciones de Costa Rica. Comisión Código de Cimentaciones de Costa Rica. Segunda edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Asociación Costarricense de Geotecnia (2015). *Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Bel Ingenieros Consultores. (2020) *LAB-GEO-001. Estudio de suelos: proyecto muros barrio El Socorro ampliación R.N 32 del puente Virilla a intersección R.N 117*. Alajuela.
- Consejo Nacional de Vialidad (2016). Licitación Pública No. 2014LN-000018-0CV00 “MP Y R: Mantenimiento periódico y rehabilitación del pavimento de la red vial nacional pavimentada”. CONAVI, San José, Costa Rica.
- Consejo Nacional de Vialidad (2016). Licitación Pública No. 2014LN-000017-0CV00 “Mantenimiento rutinario y rehabilitación del sistema de evacuación pluvial de la red vial nacional pavimentada”. CONAVI, San José, Costa Rica.
- Consejo Nacional de Vialidad (2016). Licitación Pública No. 2014LN-000016-0CV00 “Mantenimiento rutinario sin maquinaria especializada”. CONAVI, San José, Costa Rica
- Consejo Nacional de Vialidad (2020). Oficio DVP-23-2020-0433 “Revisión de los diseños de estructuras de pavimentos para la Ruta Nacional No. 32, sección de control 40500. GCSV-103-2020-4559”. San José, Costa Rica.
- Contraloría General de la República (2020). DFOE-IFR-IF-00011-2020 “Informe de auditoría de carácter especial sobre el sistema de control en la gestión de los proyectos definidos como ‘TOPICS’”. San José, Costa Rica
- Hernán Solís (2020). *e-26-2020: Diseño de muro reforzado con anclajes pasivos. Ampliación de la vía R.32 desde el final del puente sobre el río Virilla a rest. Doña Lela*. San José.
- Hernán Solís (2021). *g-06-2021: Subsane del diseño del muro solicitado por el LANAMME*. San José.
- ITP (2020). Diseño de pavimentos: GTC-059-2020 Oficio MAC Convencional para Rehabilitación de carriles existentes. San José, Costa Rica.
- ITP (2020). Diseño de pavimentos: GTC-071-2020 Oficio MAC Convencional para Construcción de carriles de la ampliación. San José, Costa Rica.



Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2015). Manual de Especificaciones Generales para la Conservación de Caminos, Carreteras y Puentes MCV 2015. San José Costa Rica: MOPT.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2010). Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010. San José Costa Rica: MOPT.

Poder Ejecutivo (2018). Directriz Presidencial N°001-MOPT del 8 de mayo de 2018. San José, Costa Rica.

Programa de Ingeniería Geotécnica (2021). LM-PIG-10-2021 "Informe de la revisión del diseño del muro de retención del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro". LanammeUCR. San José, Costa Rica.

Programa de Ingeniería Geotécnica (2021). LM-EIC-PIG-I-013-2021 "Informe de revisión preliminar de deformaciones en la corona del talud del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro". LanammeUCR. San José, Costa Rica.



14. ANEXOS

Anexo 1: Informe LM-PIG-10-2021



Informe de la revisión del diseño del muro de retención del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro

I. Introducción

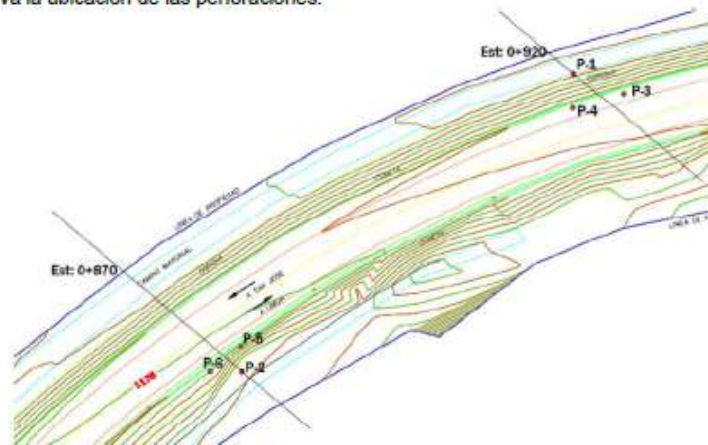
Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica, el presente informe muestra la revisión del diseño del muro de retención del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro, así como de los informes anexos. Los documentos revisados son los siguientes:

- LAB-GEO-001, Estudio de suelos, Barrio El Socorro, Ampliación de Ruta 32
- Diseño muro cosido e-16-2020 - ruta nacional 32 Saprissa - Doña Lela
- PLANOS MURO RN 32 SAPRISSA - DOÑA LELA

A continuación, se muestran los comentarios al respecto de la revisión de dicho documento.

II. Revisión del informe del estudio de suelos "LAB-GEO-001: Estudio de suelos: Proyecto muros Barrio Socorro ampliación R.N 32 del puente Virilla a intersección R.N 117"

Se revisan el estudio de suelos realizado por la empresa Bel Ingenieros Consultores, "LAB-GEO-001: Estudio de suelos: Proyecto muros Barrio Socorro ampliación R.N 32 del puente Virilla a intersección R.N 117", el cual se encuentra entre las estaciones 0+870 y 0+920. El estudio de suelos consistió en la realización de 6 ensayos de penetración estándar (SPT por sus siglas en inglés), 3 en la estación 0+870 y 3 en la estación 0+920, a distintas alturas. En la siguiente figura se observa la ubicación de las perforaciones.



Fuente: Informe LAB-GEO-001 de Bel Ingenieros Consultores

Figura 1. Ubicación de las perforaciones realizadas para el estudio de suelos



De manera que se observa que en la estación 0+870 las perforaciones P-2, P-5 y P-6 se realizaron en el talud a mano derecha en el sentido San José – Limón. La perforación P-2 se ubica en la corona del talud y las P-5 y P-6 en el pie. Para la estación 0+920, las perforaciones P-1, P-3 y P-4 se realizaron en el talud a mano izquierda en el mismo sentido, siendo P-1 la que se ubica en la corona del talud y, P-3 y P-4 al pie.

La configuración de la ubicación de las perforaciones (unas en la corona y otras al pie del talud) en la zona se considera adecuada, si se tratase de una investigación puntual de los taludes mencionados en el párrafo anterior. Sin embargo, tomando en consideración que se trata del diseño de muros de retención en ambas márgenes de la carretera y que se extienden desde la salida del puente Ricardo Saprissa hasta la salida al Barrio Socorro (aproximadamente 1 km), la investigación puede resultar insuficiente.

En la Figura 2, se muestra la línea roja que representa la extensión de los muros y los puntos blancos exponen la ubicación de las perforaciones. Como puede observarse, la distribución de estas perforaciones en una distanciada de 50 m, puede generar una información reducida respecto a la longitud real de los muros.



Figura 2. Extensión de los muros de retención Puente Ricardo Saprissa – Barrio Socorro

Vale la pena mencionar que a pesar de que la investigación geotécnica para este estudio de suelos se efectúa según los lineamientos del apartado 4.1.2 del Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica, se considera recomendable realizar una mayor cantidad de perforaciones en cada margen, con una mayor separación entre ellas, de tal forma que se obtenga más información de los materiales que conforman los taludes a lo largo de la extensión de los muros.

Informe LM-PIG-10-2021	Marzo, 2021	Página 5 de 11
------------------------	-------------	----------------

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



Ante la situación constructiva actual del proyecto, donde se producen avances importantes, puede ser posible que lo indicado en el párrafo anterior no se pueda realizar de manera expedita para completar la información con la que se cuenta en el estudio de suelos. Por ello, se considera recomendable que se complemente la información obtenida en este estudio de suelos, con el levantamiento de información de campo que puedan realizarse en los sitios de los taludes que se encuentran excavados. Con esto, se puede validar el modelo geotécnico establecido, tanto en el estudio de suelos como en el informe de diseño de los muros, y si se presenta alguna diferencia entre el modelo y el comportamiento real de los materiales del sitio, sea posible solicitar investigación adicional más puntual, sin generar retrasos en el avance de la construcción de los muros.

Con respecto al modelo geotécnico establecido para la zona, este se considera adecuado para la longitud investigada. Para extrapolar el uso de este modelo a lo largo del resto del proyecto, es importante considerar lo indicado en el párrafo anterior. Un aspecto que se desea señalar es respecto a la conformación final de las capas G2, G3 y G4 del perfil 2 presentado por la empresa Bel Ingenieros Consultores en su informe, ya que dada la información obtenida de las perforaciones P-2, P-5 y P-6 y su ubicación, no se logra visualizar la representación que se le está dando en el modelo. Dado que este modelo es la base para el establecimiento del modelo geotécnico mostrado por la empresa HSolis en el diseño de los muros de retención, se considera recomendable solicitar la aclaración correspondiente.

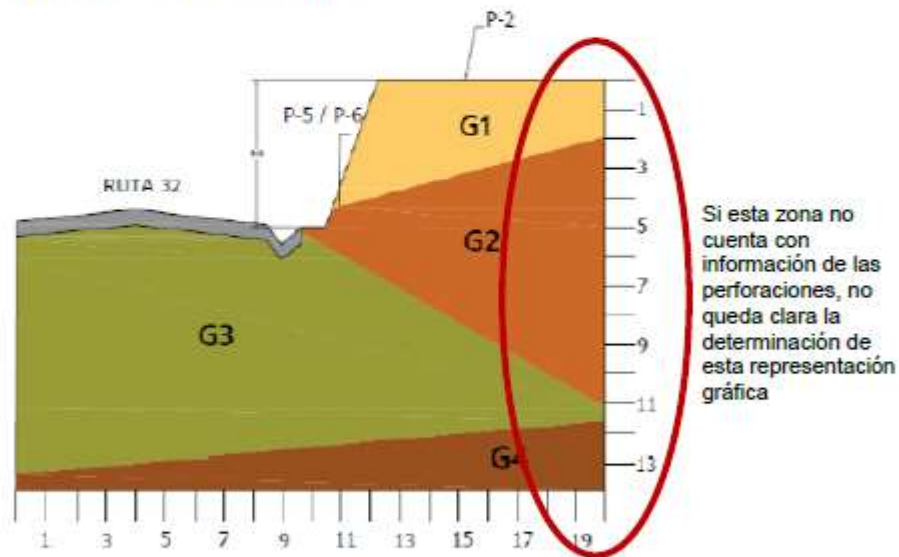


Figura #4. Perfil 2

Fuente: Informe LAB-GEO-001, Bel Ingenieros Consultores

Figura 3. Perfil 2 establecido en el estudio de suelos

Por último, con respecto a los parámetros geomecánicos en el apartado 5.1.1 obtenidos a partir de los ensayos realizados, no se tienen comentarios.

Informe LM-FIG-10-2021	Marzo, 2021	Página 6 de 11
<small>Tel.: +506 2511-2500 Fax: +506 2511-4440 direccion.lanamme@ucr.ac.cr www.lanamme.ucr.ac.cr Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica. Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.</small>		



III. Revisión del informe “e-16-2020: Diseño geotécnico de muro reforzado con anclajes pasivos, ampliación de la vía R.32 desde el final del puente sobre el río Virilla a restaurante Doña Lela”

Se revisa el documento “e-16-2020: Diseño geotécnico de muro reforzado con anclajes pasivos, ampliación de la vía R.32 desde el final del puente sobre el río Virilla a restaurante Doña Lela” elaborado por la empresa HSolis, que se basa en el informe LAB-GEO-001 de la empresa Bel Ingenieros Consultores anteriormente comentado. A continuación, se muestran los resultados más relevantes de la revisión.

III.1 Condiciones del terreno

A este respecto, se observa que las condiciones del terreno las resumen en las cuatro unidades geotécnicas mostradas en el estudio de suelos, solo que en el informe LAB-GEO-001 no se le asigna una descripción a cada unidad geotécnica establecida, sino que se les caracteriza con los parámetros geomecánicos resultantes de la realización de los ensayos a muestras tomadas en los ensayos SPT.

En el informe de la empresa HSolis, se observa que se le asigna una descripción a cada una de las unidades geotécnicas encontradas en el sitio, la cual se resume en la Tabla 1, y son tomadas del apartado 4.3 del informe LAB-GEO-001 donde se realiza la descripción de los materiales encontrados en cada una de las perforaciones SPT.

Tabla 1. Descripción de las unidades geotécnicas del sitio

Unidad geotécnica	Descripción	Capas LAB-GEO-001
UG 1	Suelo orgánico negro	A
UG 2	Limo arcilloso arenoso de color café oscuro, de consistencia variable entre media, compacta y muy compacta (Nspt entre 4 y 45) y plasticidad media	B
UG 3	Limo arcilloso arenoso de color café claro, de consistencia variable entre media compacta, muy compacta y dura (Nspt entre 6 y 87) y plasticidad media	C
UG 4	Lahar o lavina de color café gris, de compacidad relativa densa, (Nspt entre 40 y 90)	D

Al respecto, se comenta que cuando se observan las hojas de perfiles de perforación mostrados en el Anexo A del informe LAB-GEO-001, no necesariamente coincide la caracterización de las unidades geotécnicas establecidas en el informe de la empresa HSolis, con la descripción de las capas realizadas en el apartado 4.3. A pesar que el diseño se basa en los parámetros geomecánicos de las unidades geotécnicas, y no es la descripción de los materiales, conviene solicitar la aclaración al respecto de dicha interpretación.

Por otro lado, se observa que la empresa HSolis realiza la determinación de las propiedades geomecánicas de las unidades geotécnicas de tres maneras: la cohesión se obtiene por medio de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados por Bel Ingenieros Consultores, el valor del peso específico se obtiene por medio de correlación con el número de SPT realizada por Meyerhof y el ángulo de fricción efectivo se determina por medio de la correlación con el índice de plasticidad realizada por Terzaghi, Peck y Mesri en 1996.

Informe LM-PIG-10-2021	Marzo, 2021	Página 7 de 11
------------------------	-------------	----------------

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



Al respecto, se comenta que los valores de cohesión no corresponden de manera exacta con los mostrados en el informe LAB-GEO-001. Esto se puede observar en la Tabla 2.

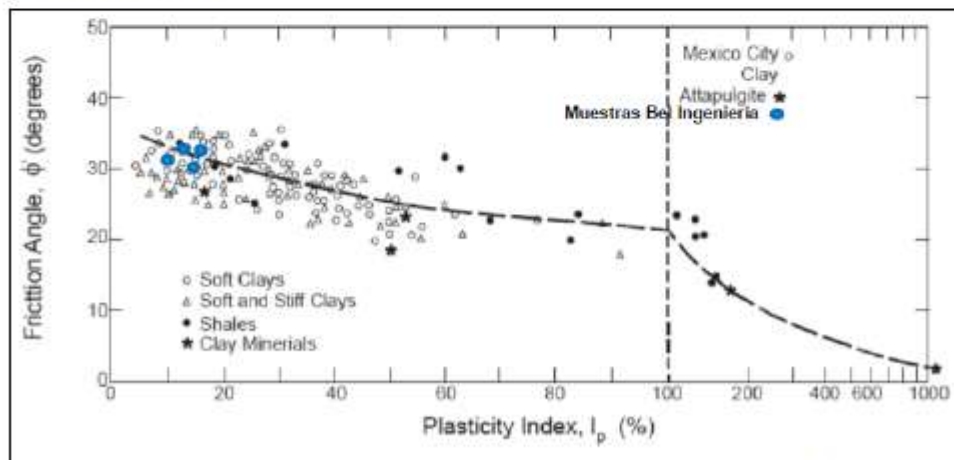
Tabla 2. Valores de cohesión tomados en el diseño vrs los mostrados en LAB-GEO-001

Unidad geotécnica	Cohesión de diseño (kPa)	Cohesión LAB-GEO-001 (kPa)
UG 1	5	29.4
UG 2	5	53.0
UG 3	10	85.3
UG 4	20	181.4

Se considera importante solicitar la aclaración respecto a este asunto, sobre todo porque los valores son muy distintos en su cuantía y el orden. Vale la pena comentar que los valores de cohesión obtenidos en el informe LAB-GEO-001 se encuentran más cercanos a las correlaciones entre la cohesión y el número de golpes que existen en la literatura. Este aspecto es importante de aclarar, ya que tanto en los análisis de estabilidad como en el diseño de los muros, se utilizan los valores mostrados en la Tabla 2 determinados por HSolis.

Otro aspecto a destacar es que los valores de cohesión obtenidos por Bel Ingenieros Consultores, son resultado del ensayo de compresión inconfiada, por lo que estos datos corresponden a valores de cohesión no drenada. Por otro lado, se observa que los valores del ángulo de fricción producto de la correlación realizada por HSolis, se encuentran en la condición efectiva o drenada. Llama la atención que el análisis de estabilidad se realiza combinando parámetros en condiciones distintas (total y efectiva) y no está demás indicar que el comportamiento de los materiales en esfuerzos totales y en esfuerzos efectivos puede ser significativamente diferente. Por este motivo, se recomienda igualmente solicitar la aclaración al respecto.

Con respecto a la correlación que se realiza para determinar los valores de ángulo de fricción, se observa que se colocan los resultados de las cuatro muestras de Bel Ingenieros consultores en el gráfico de correlaciones de Terzaghi, Peck y Mesri, mencionado en párrafos anteriores, tal como se muestra en la Figura 4.



Fuente: Informe e-16-2020, HSolis

Figura 4. Correlación realizada para determinar el ángulo de fricción



Con relación a esto, no se tiene claro cómo se ubican estos puntos azules de las muestras de Bel en la gráfica, pues en el informe LAB-GEO-001, específicamente en el apartado 4.3.2, solo se muestran resultados del índice de plasticidad de dos muestras la B y la C, y como se mencionó anteriormente, no es evidente la correlación entre las capas A, B, C y D, con las unidades geotécnicas establecidas para el modelo. Por lo tanto, parece que no existe la información necesaria para establecer la correlación de estas cuatro unidades geotécnicas para determinar el ángulo de fricción. Se recomienda solicitar la justificación al respecto.

Por último, a pesar de que el modelo geotécnico es muy similar al establecido en el informe LAB-GEO-001 de Bel Ingenieros Consultores, se observan que también se hicieron suposiciones de la distribución de los materiales. En la Figura 5 se muestra el modelo geotécnico utilizado por HSolis, con las observaciones correspondientes. Igualmente es importante solicitar esta aclaración.

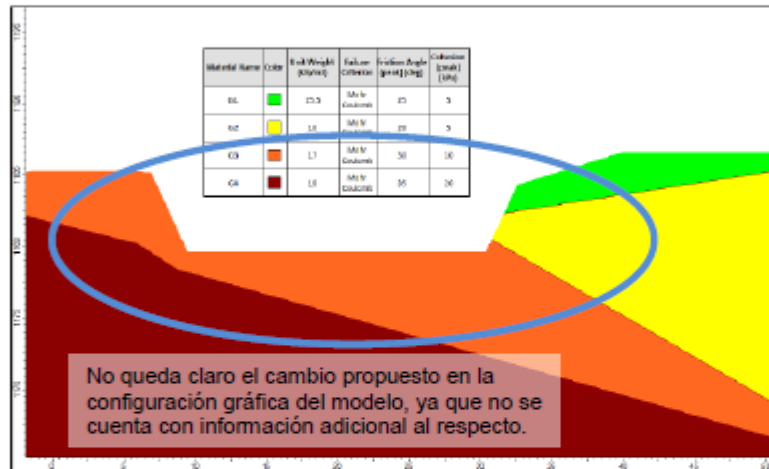


Figura 5. Modelo geotécnico establecido por la empresa HSolis Fuente: Informe e-16-2020, HSolis

III.2 Diseño del muro

Para el diseño de los muros, la empresa HSolis establece tres secciones de interés, a saber: 0+650, 0+900 y 1+000, correspondiendo la sección central con la zona de estudio del informe LAB-GEO-001 de Bel Ingenieros Consultores. Es importante destacar que para las secciones restantes se está suponiendo una configuración similar a la del modelo geotécnico establecido en el apartado anterior, con cambios en la topografía, sin mostrar evidencia alguna de la verificación en sitio de esta hipótesis. No está demás indicar que al tratarse de una exploración in situ insuficiente, como se comentó en el apartado II, no se considera adecuado realizar este tipo de suposiciones, sin realizar al menos una verificación mediante la inspección visual en sitio.

Por otro lado, se observa que se está suponiendo una configuración topográfica distinta a lo observado en sitio para las secciones 0+650 y 1+000, ya que los modelos muestran un cambio de pendiente en el talud derecho, siendo que en sitio solamente se observa una pendiente de corte del talud.

Adicionalmente, estas secciones muestran únicamente la suposición de una sobrecarga debido a las edificaciones en el talud izquierdo y en la zona del pavimento, lo cual se considera adecuado. Sin embargo, en sitio se observa que el talud derecho es el que cuenta con condiciones más



críticas de afectación por sobrecarga debido a la cercanía de las zonas residenciales a la corona del talud. Es por ello que se considera recomendable y necesario, realizar el análisis de estabilidad considerando la sobrecarga correspondiente a las edificaciones en el talud derecho.

Aunado a lo anterior, se considera necesario realizar además un análisis de deformaciones en el talud derecho, en secciones alrededor del condominio de casas de lujo, debido a que, por lo observado en campo, la corona del talud de corte estará a pocos metros de la tapia que divide este condominio de la Ruta 32, pudiendo generar eventualmente afectaciones importantes en las edificaciones de este condominio cuando el muro pasivo sufra deformaciones por la redistribución de los esfuerzos in situ. No está demás indicar que esto podría significar un problema económico por las indemnizaciones que se deban realizar por estas afectaciones, que pudieron ser previstas y prevenidas mediante el análisis de deformaciones previo.

Por último, se observa que en el análisis de estabilidad de taludes no se considera el nivel freático en el medio, pues en el momento en que la empresa Bel Ingenieros Consultores realizó la exploración no se registró el nivel freático en las perforaciones realizadas y se estaba en plena época lluviosa (setiembre 2020). Esto se considera adecuado, pero es importante recalcar que, durante la etapa constructiva, se realice una inspección adecuada de la colocación de los drenajes indicados en el diseño de los muros. La no influencia del agua en la estabilidad de los taludes depende de la correcta colocación de los drenajes diseñados.

III.3 Revisión estructural de los pernos del muro

Con respecto a la revisión estructural realizado para los pernos y placas, la empresa HSolis sigue el procedimiento establecido en la publicación FHWA-NHI-14-007 "Soil Nail Walls Reference Manual" que es el utilizado más frecuentemente en el medio geotecnista, por lo que se considera adecuado. Es importante indicar que se debería incluir este manual en las referencias del informe de la empresa HSolis.

IV. Revisión de los planos de los muros de la Ruta 32

Con respecto a los planos generados a partir del diseño de los muros, no se tienen comentarios adicionales a los indicados anteriormente acerca de la conformación de las pendientes del talud derecho comentado en el apartado III.2.

Adicionalmente, considerar lo siguiente en la lámina 07 de "Especificaciones técnicas":

- 1. En general utilizar adecuada y uniformemente las unidades tal como lo indica el S.I. Un ejemplo es el siguiente:

3.PANTALLA DE CONCRETO NOTAS GENERALES

TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO: 38MM TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE AGREGADO: 25MM. RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE 110KG/CM2. LOS AGREGADOS DEBEN CUMPLIR CON LA ASTM C33.

1. EL CONCRETO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, DEBERA TENER UNA RESISTENCIA NOMINAL f'c=250kg/cm² MEDIDAS EN PROBETAS TOMADAS EN OBRA EN CILINDROS DE 150x300mm, SOMETIDOS A LOS 28 DIAS A COMPRESION CONCENTRICA UNIAIXIAL SEGUN NORMA ASTM-39.

2. TODO EL ACERO LONGITUDINAL Y TRANSERSAL SERÁ GRADO 60, A53, CON UN ESFUERZO DE CEDENCIA DE 4200kg/cm².



- Indicar correctamente la referencia de las normas de especificación para los materiales. A continuación, se muestra un ejemplo:

3.PANTALLA DE CONCRETO NOTAS GENERALES

TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO: 38MM, TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE AGREGADO: 25MM, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE 110KG/CM2. LOS AGREGADOS DEBEN CUMPLIR CON LA ASTM C33.

- EL CONCRETO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, DEBERA TENER UNA RESISTENCIA NOMINAL $f_c=250\text{kg/cm}^2$ MEDIDAS EN PROBETAS TOMADAS EN OBRA EN CILINDROS DE 150x300mm, **COMETIDOS A LOS 28 DIAS A COMPRESION CONCENTRICA UNIAXIAL SEGUN NORMA ASTM-39**
- TODO EL ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL SERÁ GRADO 60, **A53**, CON UN ESFUERZO DE CEDENCIA DE 4200kg/cm².

V. Comentarios finales

Una vez finalizada la revisión de los documentos mencionados en el apartado I, los aspectos más destacables en las que hay que estar atento para otros proyectos, es que la investigación geotécnica previa, se realice tratando de abarcar la mayor extensión posible para obtener la mejor y más fehaciente información del medio. Con ello, se reduce utilizar correlaciones para determinar los parámetros geomecánicos, se puede establecer un modelo geotécnico más representativo del sitio y se reducen las incertidumbres resultantes de los diseños propuestos.

Por otro lado, se considera recomendable solicitar las aclaraciones correspondientes al ingeniero responsable del diseño de los muros respecto a los valores establecidos para los parámetros geomecánicos (cohesión y ángulo de fricción) y los cambios establecidos en la conformación gráfica de los modelos geotécnicos si con la información limitada con la que se cuenta en el informe del estudio de suelos LAB-GEO-001 no es posible establecer los cambios por la falta de información.

Adicionalmente, es importante considerar realizar los análisis de estabilidad considerando la sobrecarga en el talud derecho en las secciones que se encuentren alrededor del condominio de casas de lujo, ya que no fueron considerados en el estudio. Así como incluir el análisis de deformaciones en esta misma zona, pues dada la cercanía de este condominio con la corona del talud y por ende con el muro de suelo cosido, es importante determinar si eventualmente podrían existir afectaciones importantes que generen un costo económico por pago de indemnizaciones por daños.

VI. Referencias

- Bel Ingenieros Consultores. "LAB-GEO-001. Estudio de suelos: proyecto muros barrio El Socorro ampliación R.N 32 del puente Virilla a intersección R.N 117". Alajuela, 2020.
- Das, Braja. "Fundamentals of Geotechnical engineering". Toronto, 2008.
- Federal Highway Administration. "FHWA-IF-02-034. Geotechnical engineering circular No. 5". Washington, 2002.
- Federal Highway Administration. "FHWA-NHI-14-007. Soil Nail Walls: Reference Manual". Washington, 2015.
- H Solis, "Diseño de muro reforzado con anclajes pasivos. Ampliación de la vía R.32 desde el final del puente sobre el río Virilla a rest. Doña Lela". San José, 2020.

Informe LM-PIG-10-2021	Marzo, 2021	Página 11 de 11
------------------------	-------------	-----------------

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

Anexo 2: Informe LM-EIC-PIG-I-13-2021

Informe de estimaciones preliminares de deformaciones en la corona del talud del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro

I. Introducción

Por solicitud de la Unidad de Auditoría Técnica y como complemento del informe LM-PIG-10-2021, el presente informe muestra los resultados de los análisis de estabilidad de los taludes y estimaciones preliminares de las deformaciones que podrían presentarse en la corona de los taludes del Proyecto de Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro. Los documentos revisados fueron los siguientes:

- LAB-GEO-001, Estudio de suelos, Barrio El Socorro, Ampliación de Ruta 32.
- Diseño muro cosido e-16-2020 - ruta nacional 32 Saprissa - Doña Lela.
- PLANOS MURO RN 32 SAPRISSA - DOÑA LELA.
- LM-PIG-10-2021 Informe de la revisión del diseño del muro de retención del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro.
- I-0348-2021 Informe de Ensayo del Proyecto Ampliación Ruta 32 (Talud), realizado por el LanammeUCR. Para el muestreo realizado el 19 de febrero, en el estacionamiento 0+900.
- I-0508-2021 Informe de Ensayo del Proyecto Ampliación Ruta 32 (Talud-Proximidad Estadio Saprissa), realizado por el LanammeUCR. Para el muestreo realizado el 7 de abril, en el estacionamiento 1+465.

A continuación, se muestran los comentarios de los resultados y análisis desarrollados.

II. Levantamientos y ensayos realizados por el LanammeUCR

Teniendo en consideración los comentarios y las observaciones presentadas en el informe LM-PIG-10-2021, entre las cuales se destacan la falta de claridad para el establecimiento de los parámetros geotécnicos en el diseño de los muros y la falta de análisis de estabilidad y de deformabilidad de las secciones transversales considerando una sobrecarga en el talud derecho (sentido San José – Limón) dada la cercanía de casas en este tramo, se procedió por parte del LanammeUCR a realizar los ensayos adicionales que se presentan a continuación:

II.1 Modelo de Elevación Digital (MED)

Inicialmente, con la colaboración de la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN) del LanammeUCR, se realizó un levantamiento con un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) de la zona de estudio el día 19 de febrero de 2021.

Este levantamiento, permitió la generación de un Modelo de Elevación Digital (MED) por medio de técnicas fotogramétricas. Mediante esta técnica es posible realizar la reconstrucción geométrica de un objeto por medio de fotografías aéreas captadas desde dos puntos de vista diferentes. Lo anterior permite recrear modelos tridimensionales que permiten analizar la forma y características de una superficie del terreno e identificar posibles zonas inestables que serían posibles apreciarlas desde el terreno.

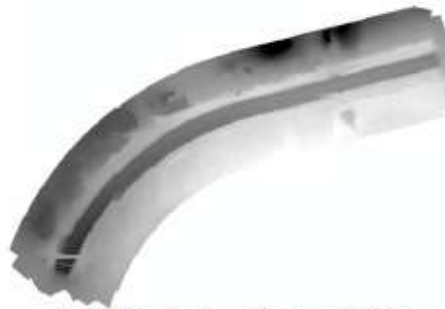
Es importante mencionar que la precisión de los modelos obtenidos depende de una selección adecuada de la altura y el área del vuelo. De tal forma que, a mayor altura, menor resolución y, por ende, menor precisión del modelo. Así, por ejemplo, modelos obtenidos a partir de una altura de vuelo de 80 metros presenta una resolución de pocos centímetros.

Informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021	Mayo, 2021	Página 4 de 25
--------------------------------	------------	----------------

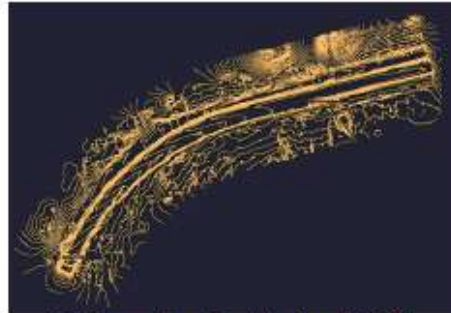
Tel.: +506 2511-2500 | direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr
Dirección: LanammeUCR, Ciudad de la Investigación, Universidad de Costa Rica.
Código Postal: 11501-2060, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.



Teniendo esto en consideración, con base en el levantamiento realizado por el VANT de la UGERVN fue posible obtener el modelo de elevación que se muestra en la Figura 1a; y a partir de este modelo de elevación fue posible generar las curvas de nivel topográficas a cada 50 cm que se muestran en la Figura 1b. Como se observa en ambas figuras, el levantamiento realizado permitió recrear el terreno de forma rápida y precisa.



(a) Modelo de elevación digital (MED)



(b) Curvas de nivel obtenidas del MED

Figura 1. Resultados obtenidos del levantamiento realizado con un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) de la zona de estudio

II.2 Ensayos de laboratorio

Por su parte, para verificar las propiedades geomecánicas del material presente en la zona de estudio, se realizaron ensayos para determinar:

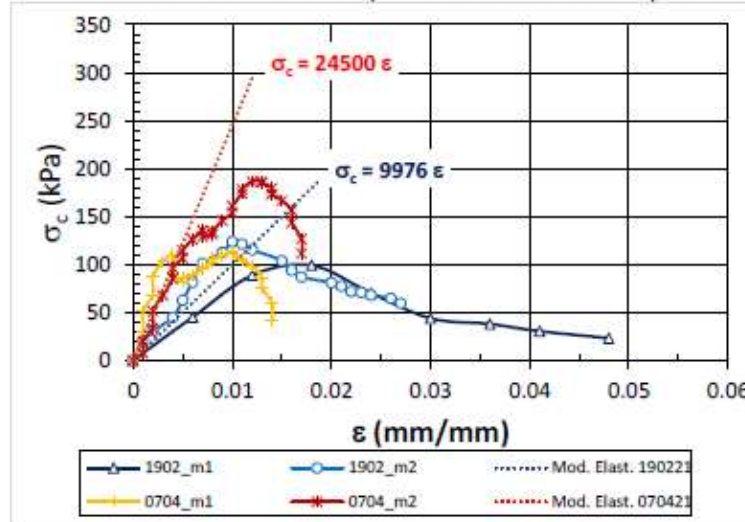
- Contenido de humedad del suelo (ASTM D2216)
- Cantidad de material en suelos más fino 75 μm (N° 200) (ASTM D1140)
- Gravedad específica del suelo mediante un picnómetro con agua (ASTM D854)
- Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo (ASTM D4318)
- Resistencia a la compresión inconfiada de suelos cohesivos (ASTM D2166)
- Compresión triaxial para suelos consolidado drenado (Permeabilidad Triaxial) (ASTM D7181)
- Corte directo simple para suelos finos consolidado no drenado (ASTM D6528)

El Gráfico 1 y la Tabla 1 muestran un resumen de los resultados más importantes para los muestreos realizados en la primera visita el día 19 de febrero de 2021 y, en la segunda visita, el día 07 de abril de 2021.

De los resultados mostrados en el Gráfico 1, correspondiente a los ensayos de resistencia a la compresión inconfiada, es posible aproximar el valor del módulo de elasticidad del suelo, calculado como la pendiente o inclinación de la curva σ_c versus ϵ . Este valor puede ser aproximado, utilizando la parte inicial de la curva del ensayo, antes de que la muestra alcance el pico de resistencia (ya que, este punto representa la falla del espécimen de ensayo). Según se observa en este mismo gráfico, fueron calculados dos valores diferentes de módulo de elasticidad, lo cual se debe a que las muestras tomadas en el estacionamiento 0+900, en el primer muestreo el día 19 de febrero de 2021, presentaron una menor rigidez que las muestras colectadas en el segundo muestreo del día 7 de abril de 2021, en el estacionamiento 1+465. Estas diferencias, resaltan la importancia que tiene la investigación geotécnica previa, la cual debe ser realizada tratando de abarcar la mayor extensión posible, de forma tal, que se pueda evaluar si existen diferencias en el comportamiento de los materiales presentes en el sitio.



Gráfico 1. Resultados de la resistencia a la compresión inconfina realizada por el LanammeUCR



Para efectos del presente informe, los análisis de deformabilidad fueron realizados utilizando el valor de módulo de elasticidad de 24500 kPa, puesto que este valor podría ser más representativo del tipo de suelo presente en la sección transversal que fue analizada.

Tabla 1. Resumen de resultados de ensayos de laboratorio realizados por el LanammeUCR

	19 de febrero		07 de abril	
Límite líquido	45	47,5	44	43,5
Límite plástico	34	35	40	39,5
Índice de plasticidad	11	12,5	4	4
G_r	2,663		2,684	
G_s	2,661		2,682	
%Pas N° 200	55,1		40,7	
	Fecha muestreo	Presión (kPa)		
		50	100	200
Permeabilidad, k (cm/s)	19/2/2021	1,23E-05	1,03E-05	1,01E-05
	7/4/2021	1,372E-05	1,301E-05	4,55E-05
Corte directo, τ (kPa)	ϕ (°)	39,47	ϕ (°)	34,80
	c (kPa)	17,85	c (kPa)	69,98

Es importante recalcar que los valores obtenidos para los parámetros relacionados con la resistencia al corte obtenidos por el LanammeUCR muestran diferencias en magnitud a los respectivos valores usados en el informe "e-26-2020: Diseño de muro reforzado con anclajes pasivos. Ampliación de la vía R.32 desde el final del puente sobre el río Virilla a rest. Doña Lela", presentado por la empresa HSOLIS.

Informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021	Mayo, 2021	Página 6 de 25
--------------------------------	------------	----------------

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



II.3 Comentarios generales de observaciones realizadas en campo

Es importante mencionar que, durante las visitas realizadas, se observó que los taludes existentes carecen de sistemas para el control de la escorrentía superficial adecuados. Por ejemplo, en el sector que corresponde al Condominio Oasis Toumón, se observó la presencia de un tipo de canal no revestido que sugiere la presencia de algún tipo de contracuneta. De la visita en campo, se observó que algunas de las viviendas del condominio presentan su desfogue de aguas pluviales en este canal. Sin embargo, este canal se encontraba totalmente obstruido por el crecimiento de vegetación, lo cual, no permitiría la adecuada evacuación de las aguas provenientes de la lluvia, que eventualmente se pueden acumular durante la temporada lluviosa y agravar la erosión en la superficie de los taludes, así como también, afectar la estabilidad superficial del talud por el fenómeno de infiltración.

De esta manera, se sugiere que los propietarios del condominio verifiquen la forma en que se está realizando el desfogue de las aguas pluviales del condominio. Es recomendable, que estas medidas sean compatibles y complementarias a las medidas que realice la Administración para el control de la erosión superficial que forman parte del proyecto de ampliación de la ruta 32, con la finalidad de mantener la estabilidad de los taludes con una pendiente estable.

Adicionalmente, fue observado que, en las cercanías de la parte alta de los taludes, especialmente en las cercanías del estacionamiento 0+900, diversas construcciones de viviendas y calles urbanas, presentaban sistemas inadecuados y posiblemente ilegales de alcantarillado, con salidas de agua directamente sobre la cara del talud. En este caso, se recomienda hacer una valoración del grado de responsabilidad de los propietarios de las viviendas en cuanto al manejo adecuado de las aguas residuales para su respectiva solución. Adicionalmente, se sugiere a la Administración, implementar medidas de mitigación para detener y evitar la erosión de la cara del talud y, nuevamente, tomar medidas para el control de la escorrentía superficial y evitar así, problemas de estabilidad y erosión de los taludes de esta zona, ya que esto se puede convertir en un problema recurrente a lo largo de los años.

II.4 Comprobación de estabilidad de los taludes

II.4.1 Resultados de estabilidad utilizando el Método de Equilibrio Límite (MEL)

Actualmente la mayoría de los estudios de estabilidad de taludes se basan en los Métodos de Equilibrio Límite (MEL), donde se considera la relación entre las fuerzas deslizantes y resistivas a lo largo de una superficie de falla dada. Convencionalmente, los análisis de estabilidad se efectúan considerando perfiles bidimensionales, los cuales son una simplificación significativa de la situación real. En estas representaciones bidimensionales, el ingeniero diseñador define con su criterio, las secciones transversales críticas en las cuales se puede presentar una falla o deslizamiento del talud.

Sin embargo, debe tenerse en consideración que los MEL poseen limitaciones que deben ser conocidas por el geotecnista con la finalidad de escoger el método que mejor responda a las solicitudes del problema que se quiere evaluar. Así pues, entre las limitaciones generales que tiene el MEL se pueden mencionar:

- No se incluye un análisis de deformaciones
- La base de cálculo, considera un equilibrio estático de fuerzas estáticas. Sin embargo, una vez que se genera la falla, el modelo deja de ser aplicable, puesto que la geometría de análisis cambia, y comienza a darse un movimiento de la masa de suelo, con el cual se deja de tener un equilibrio estático
- Se supone una distribución uniforme de esfuerzos en la base de los elementos o dovelas.

Por su parte, dependiendo de los diferentes métodos de equilibrio Límite que existen, se pueden encontrar otras limitaciones tales como:

- Se asume que el talud tiene un material isotrópico

Informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021	Mayo, 2021	Página 7 de 25
--------------------------------	------------	----------------

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



- Se puede asumir la existencia, o no, de fuerzas cortantes entre las dovelas
- En algunas metodologías se asume un equilibrio de momentos
- Se asume una superficie de falla.

Cuando se consideran las limitaciones anteriores, propias de los Métodos de Equilibrio Límite y las simplificaciones de los análisis dimensionales, es sorprendente el éxito logrado en los análisis de situaciones reales. Sin embargo, durante las últimas décadas, se han investigado e implementado numerosos métodos tridimensionales para el análisis de taludes. El interés en el análisis tridimensional de estabilidad de taludes parece estar impulsado por el hecho de que la mayoría de las fallas de estabilidad de taludes son de carácter inherentemente tridimensional, es decir, la superficie de falla con mucha frecuencia presenta variaciones con la superficie del terreno, que difícilmente pueden ser previstas por el ingeniero.

De esta manera, teniendo en consideración la cercanía de las casas a la corona del talud derecho (sentido San José – Limón), se utilizó el Modelo de Elevación Digital (MED) obtenido con la ayuda del VANT, y el uso del software SLIDE3 del paquete de programas de RocScience, para llevar a cabo un análisis de estabilidad de los taludes. La Figura 2, muestra el MED levantado por el VANT para la sección comprendida entre los estacionamientos 0+700 hasta 1+200 (sentido San José – Limón)

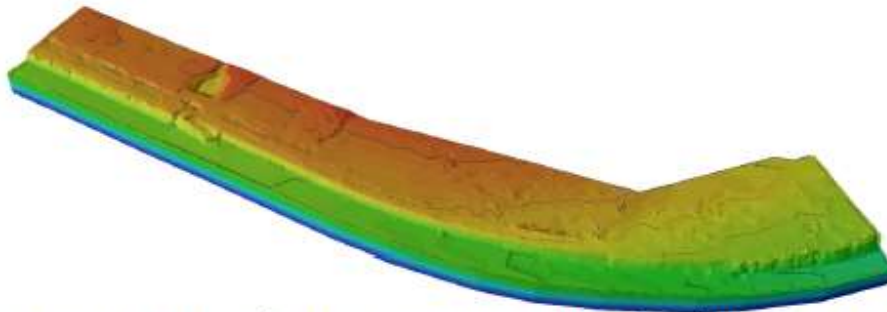


Figura 2. Modelo de elevación del talud derecho (sentido San José – Limón) utilizado en el software SLIDE3 de la zona de estudio

Con la finalidad de evaluar la presencia de las casas en las cercanías de la corona del talud, se consideró una sobrecarga vertical uniforme de 10 kPa aplicadas en la parte alta del talud, a una distancia de aproximadamente 5 metros del borde del talud. La Figura 3, muestra la ubicación y el factor de seguridad más bajo para la condición estática y los parámetros geotécnicos obtenidos con los ensayos de laboratorio realizados por el LanammeUCR y que se presentan en el apartado II.2. Como se observa en la esquina inferior derecha de la Figura 3, tanto para las metodologías de equilibrio límite de Bishop y Janbu, los factores de seguridad son mayores que $FS=1,8$, siendo que de acuerdo a la práctica los factores de diseño aceptables generalmente oscilan entre 1,3 y 1,5.

Informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021	Mayo, 2021	Página 8 de 25
--------------------------------	------------	----------------

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

Informe EIC-LANAMME-INF-009-2021	enero, 2022	Página 74 de 111
----------------------------------	-------------	------------------

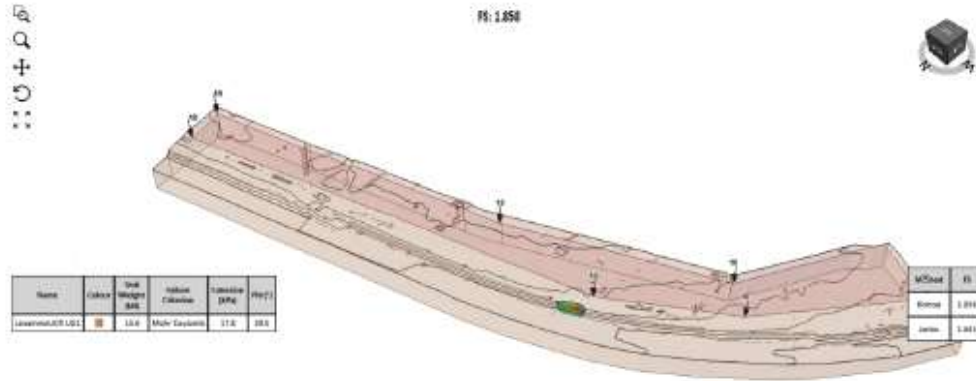


Figura 3. Factores de seguridad obtenidos con el software SLIDE3 de la zona de estudio para una condición estática.

Cuando se compara este valor de $FS=1,8$ con las recomendaciones establecidas en el Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (CGTLCR), donde se considera el riesgo de pérdidas humanas y el riesgo de daños económicos y ambientales, para lo cual en una condición media de riesgos es aceptable un valor de 1,4 (en condición estática) se puede decir que los resultados son favorables y que se cumple con los requisitos de estabilidad definidos por el CGTLCR.

Por su parte, en la Figura 4, se presentan los resultados cuando se considera la condición de sismo, utilizando el coeficiente pseudoestático de 0,20g definido en el CGTLCR, se obtuvieron factores de seguridad mayores 1,4 valores que son superiores al valor aceptable $FS=1,05$ del CGTLCR para las condiciones pseudoestáticas con una condición media de riesgos de pérdidas humanas y riesgo de daños económicos y ambientales.

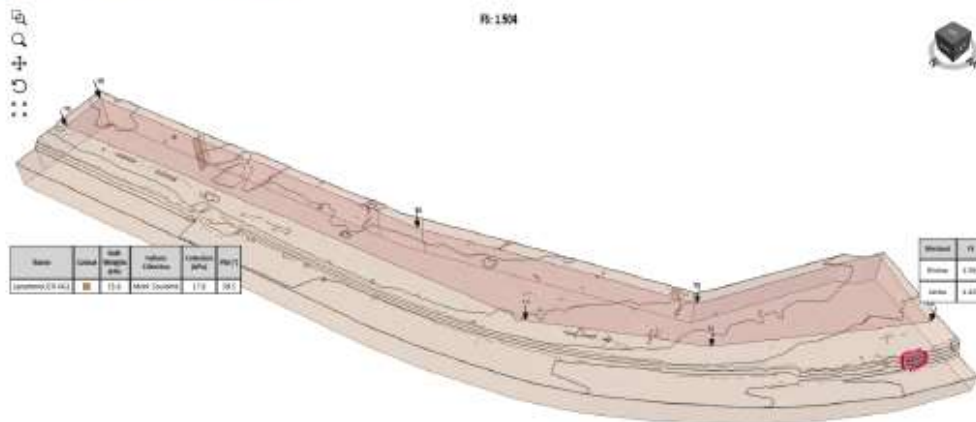


Figura 4. Factores de seguridad obtenidos con el software SLIDE3 de la zona de estudio para una condición pseudoestática.



Es importante mencionar que, en ambos casos, los factores de seguridad cumplen con los requisitos de estabilidad definidos en el CGTLCR, teniendo en consideración que estos análisis no están considerando la colocación de ninguna actividad de estabilización de los taludes, como la recomendada en el informe "e-16-2020: Diseño geotécnico de muro reforzado con anclajes pasivos, ampliación de la vía R.32 desde el final del puente sobre el río Virilla a restaurante Doña Lela".

Así pues, la diferencia en los valores de los Factores de Seguridad obtenidos en este informe con respecto a los reportado en el informe e-16-2020, se deben principalmente a las diferencias en el orden de magnitud de los valores establecidos para los parámetros geomecánicos (cohesión y ángulo de fricción).

Por otro lado, es importante notar, que cuando se comparan las Figuras 3 y 4, la ubicación del talud con factores de seguridad más bajo es diferente, lo cual permite evidenciar una de las principales ventajas del análisis tridimensional, donde la topografía, las propiedades de los materiales y las condiciones de carga, hacen difícil que el ingeniero geotécnico prediga la ubicación de la superficie de falla más crítica, y con esta metodología es posible establecer las zonas de debilidad sin recurrir a la simplificación del análisis de secciones críticas.

Fueron analizadas secciones transversales a cada 100 metros entre los estacionamientos 0+700 – 1+200. Como se observa en la Figura 5, nuevamente los factores de seguridad obtenidos cumplen con los requisitos de estabilidad definidos en el CGTLCR aunque no se hayan considerado actividades de estabilización de los taludes.

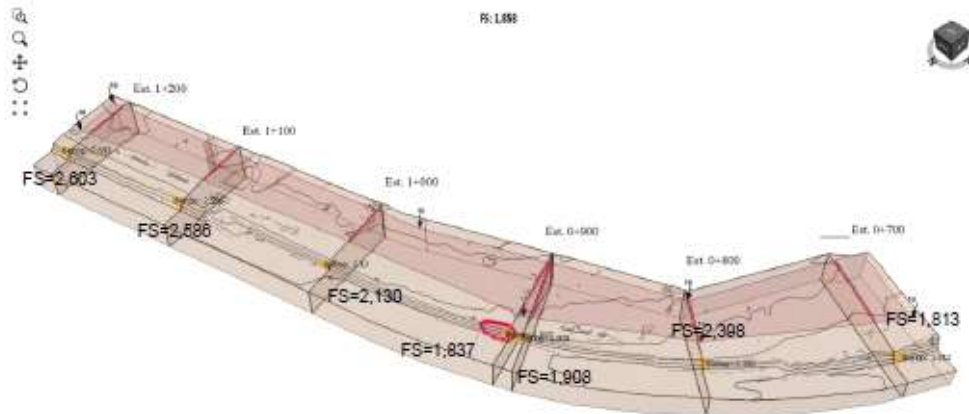


Figura 5. Secciones transversales analizadas con el software SLIDE3 de la zona de estudio para una condición estática.

Es importante destacar, tal y como se mencionó en el informe LM-PIG-10-2021, que las secciones transversales observadas en sitio, entre los estacionamientos 0+700 hasta 1+200, tienen configuraciones topográficas diferentes a las secciones consideradas en los diseños presentados en el informe e-16-2020. Esto es, el talud derecho no presenta el cambio de pendiente supuesto para los diseños, tal y como se observa en las Figuras 6 a 11, como se había supuesto en las secciones analizadas en el informe e-16-2020.

Adicionalmente, tal y como se muestra en estas mismas figuras, se hace la suposición de las sobrecargas debido a las edificaciones o zonas residenciales ubicadas en las cercanías de la corona del talud considerando una sobrecarga vertical uniforme de 10 kPa aplicadas en la parte alta del talud. En



todos los casos, los resultados de los factores de seguridad son favorables y cumplen con los requisitos de estabilidad definidos por el CGTLCR sin la necesidad de la implementación de medidas adicionales para mejorar la estabilidad de los taludes.

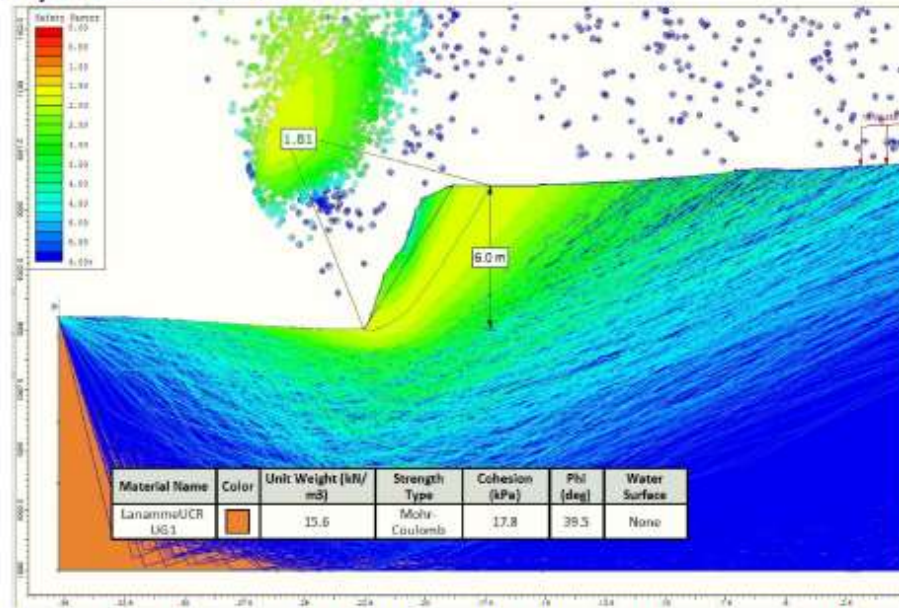


Figura 6. Sección transversal del talud derecho y factor de seguridad para el caso estático en la estación 0+700.

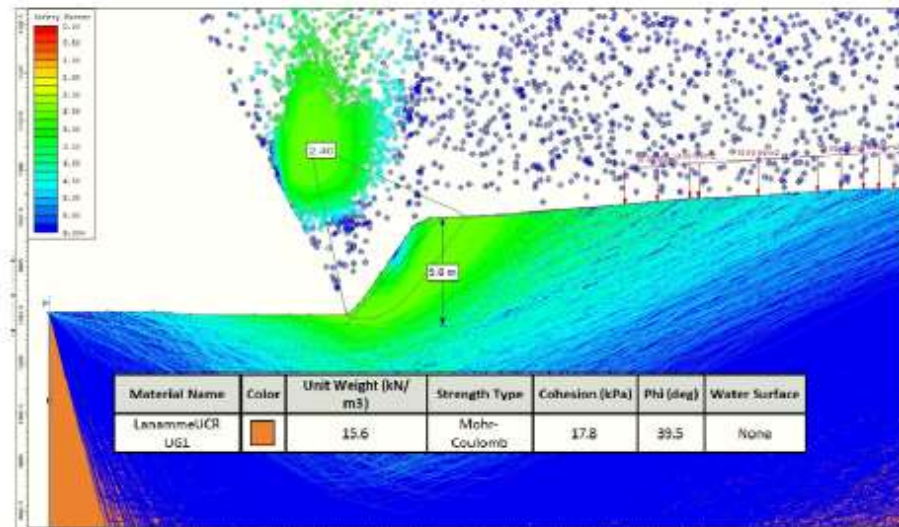


Figura 7. Sección transversal del talud derecho y factor de seguridad para el caso estático en la estación 0+800.

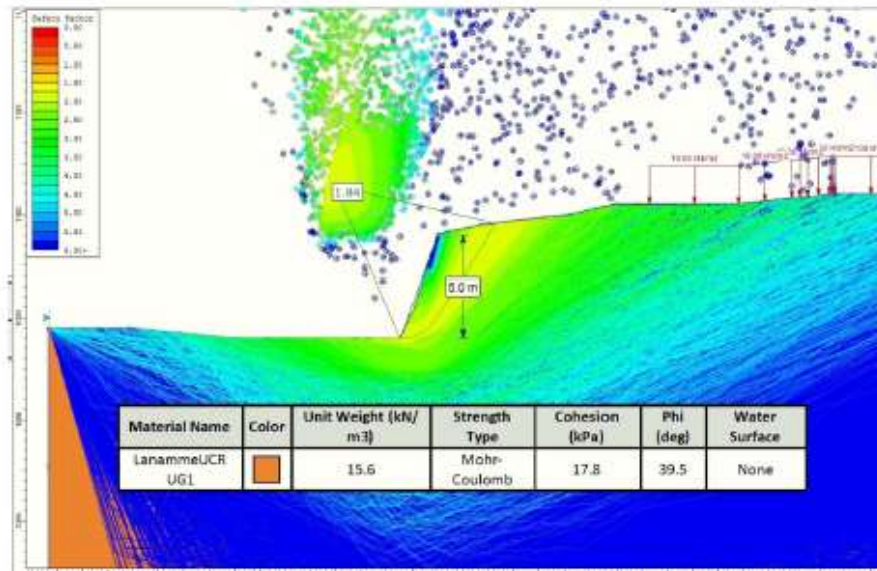


Figura 8. Sección transversal del talud derecho y factor de seguridad para el caso estático en la estación 0+900.

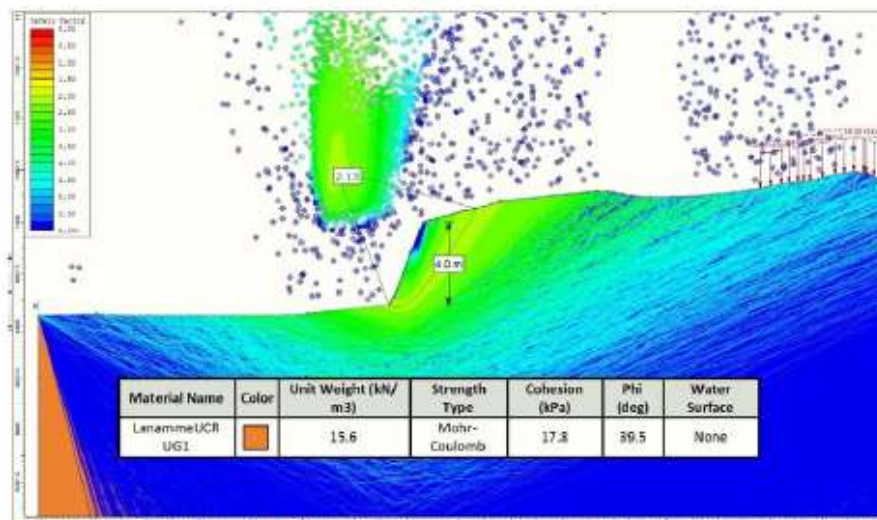


Figura 9. Sección transversal del talud derecho y factor de seguridad para el caso estático en la estación 1+000.

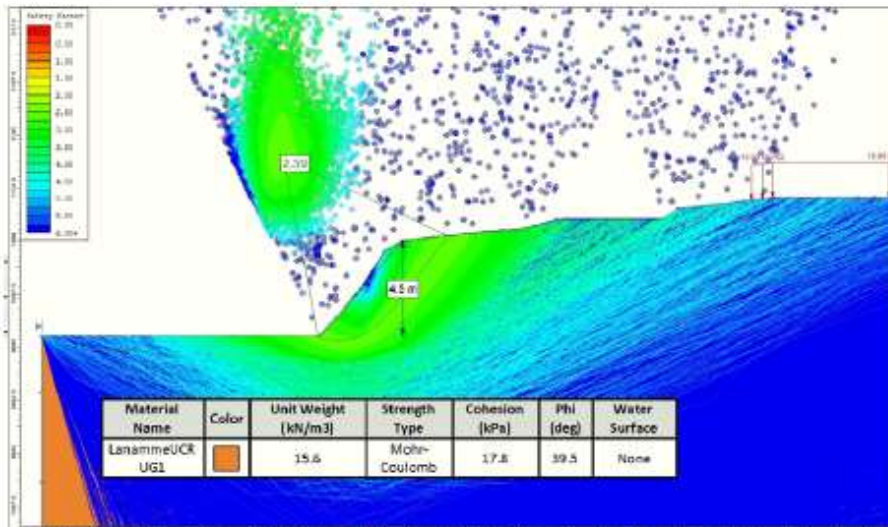


Figura 10. Sección transversal del talud derecho y factor de seguridad para el caso estático en la estación 1+100.

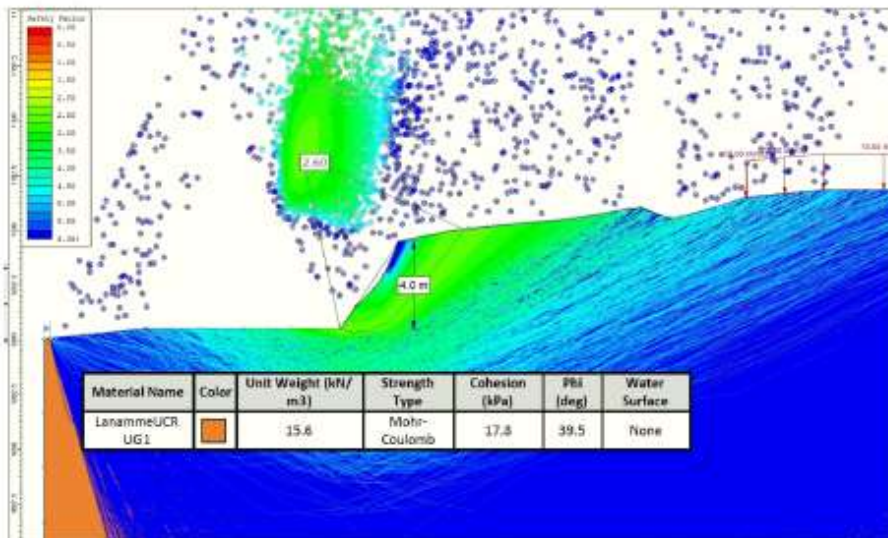


Figura 11. Sección transversal del talud derecho y factor de seguridad para el caso estático en la estación 1+200.



II.4.2 Resultados de estabilidad utilizando el Método de Elementos Finitos (MEF)

Como se mencionó anteriormente, los Métodos de Equilibrio Límite (MEL) son los métodos más utilizados para analizar la estabilidad de taludes. El supuesto fundamental de estos métodos es que la falla ocurre por deslizamiento de un bloque o masa de suelo a lo largo de una superficie de deslizamiento.

La popularidad de estos métodos se debe principalmente a:

- relativa simplicidad
- capacidad para evaluar la sensibilidad de la estabilidad a varios parámetros de entrada
- la experiencia adquirida por los ingenieros geotécnicos a lo largo de los años
- que requieren datos de entrada mínimos

A pesar de todos los beneficios, el enfoque de equilibrio límite tiene algunas deficiencias importantes:

- La metodología ignora el comportamiento de esfuerzo-deformación de suelos y rocas.
- Hace suposiciones arbitrarias (principalmente con respecto a las fuerzas entre cortes) para garantizar la determinación estática.
- Es difícil de usar para analizar problemas de estabilidad, como la falla en voladizos y muros de contención, en los que la falla involucra cuñas deformadas

Para resolver algunas de las limitaciones encontradas en los Métodos de Equilibrio Límite (MEL), en los últimos años, se ha incrementado significativamente el uso del Método de Elementos Finitos (MEF), el cual divide un cuerpo en formas geométricas simples o elementos, interconectados entre sí, para resolver de forma aproximada el conjunto. La principal ventaja de este método está en que es posible considerar las relaciones esfuerzo-deformación, por lo que una ruptura no se presenta de forma instantánea, sino que es considerado como un proceso continuo y gradual.

La aplicación de estas técnicas en el pasado estaba limitada por el elevado costo computacional y tiempos de cálculo requerido. No obstante, con los avances en las velocidades de cálculo, estas limitaciones han sido superadas con el uso de las computadoras personales.

Con ello es posible estimar el estado de esfuerzos, las deformaciones y el flujo de agua en el terreno. Sin embargo, el Factor de Seguridad del talud no se puede estimar directamente utilizando los métodos de análisis numérico.

El análisis de la estabilidad de taludes mediante modelos numéricos se basa en el cálculo del factor de seguridad mediante la reducción de la resistencia al corte del suelo (SRF, por sus siglas en inglés). El método consiste en reducir progresivamente la resistencia al corte del suelo (SSR, por sus siglas en inglés) hasta que se produce la ruptura del mismo, estando el factor de seguridad definido por la razón entre la resistencia al corte original del suelo y la resistencia al corte para la que se ha producido la ruptura.

El factor de reducción de la resistencia al corte del suelo (SRF) está definido como:

SRF = (tan phi' / tan phi'_f) = c'_f / c'_f (Ec. 1)

Donde, phi'_f y c'_f son los parámetros de resistencia efectivos a la "falla" (o factores de resistencia reducida)

Esta metodología tiene una serie de ventajas sobre los métodos de cálculo de equilibrio límite habituales. Entre éstas, la más importante es que la superficie crítica de deslizamiento se genera automáticamente durante el proceso de reducción de resistencia, y su forma (recta, poligonal, circular, espiral logarítmica, etc.) se produce espontáneamente sin que sea necesario predeterminarla al iniciar el proceso de cálculo.



En la ingeniería geotécnica, el análisis de taludes abarca mucho más que determinar su estabilidad, sino que también se deben estimar los riesgos de movimientos de la ladera, como estimar los parámetros de desplazamiento, velocidad y aceleración. Con esta información es posible diseñar y analizar diferentes métodos de excavación, así como permitir observar la distribución de esfuerzos y las deformaciones que puede sufrir el talud.

Teniendo esto en consideración las recomendaciones del informe LM-PIG-10-2021, relacionado con la necesidad de realizar un análisis de deformaciones en el talud derecho, en secciones próximas a los condominios observados cerca de la corona del talud de corte, los cuales estarán localizado a pocos metros del nuevo talud de la Ruta 32, se procedió a realizar un análisis de deformabilidad utilizando el software de elemento finito RS2 del paquete de programas RocScience, con la finalidad de evaluar las posibles afectaciones que pueden sufrir las edificaciones cuando el muro pasivo sufra deformaciones por la redistribución de los esfuerzos in situ.

No está demás indicar que este análisis no representa los resultados definitivos para el análisis de deformabilidad de la superficie del talud, ya que la información que se genere de la investigación puntualizada en la zona de análisis y el estudio completo correspondiente, es responsabilidad enteramente del encargado del diseño del proyecto final. La omisión de estos análisis adicionales podría significar problemas económicos por indemnizaciones que se deban realizar por afectaciones, que pudieron ser previstas y prevenidas mediante el análisis de deformaciones previo.

Para el análisis de deformaciones, se procedió a estudiar el talud derecho de la sección transversal en el estacionamiento 1+200, el cual corresponde al inicio del Condominio Oasis Tourmón. La Figura 12, muestra la sección transversal original, o sea, sin considerar la ampliación de la Ruta 32, y que fue obtenida a partir del modelo de elevación digital del levantamiento realizado con el VANT. Como se mencionó anteriormente, se utilizó el programa RS2, entonces para efectos del análisis el talud, este fue dividido en elementos finitos triangulares de 6 nodos. Con la finalidad de evaluar la presencia de las casas en las cercanías de la corona del talud, se consideró una sobrecarga vertical uniforme de 10 kPa aplicadas en la parte alta del talud. Adicionalmente, en la Figura 12, se muestran los parámetros geotécnicos obtenidos con los ensayos de laboratorio realizados por el LanammeUCR, que se presentan en el apartado II.2, y que se utilizan para estos análisis.

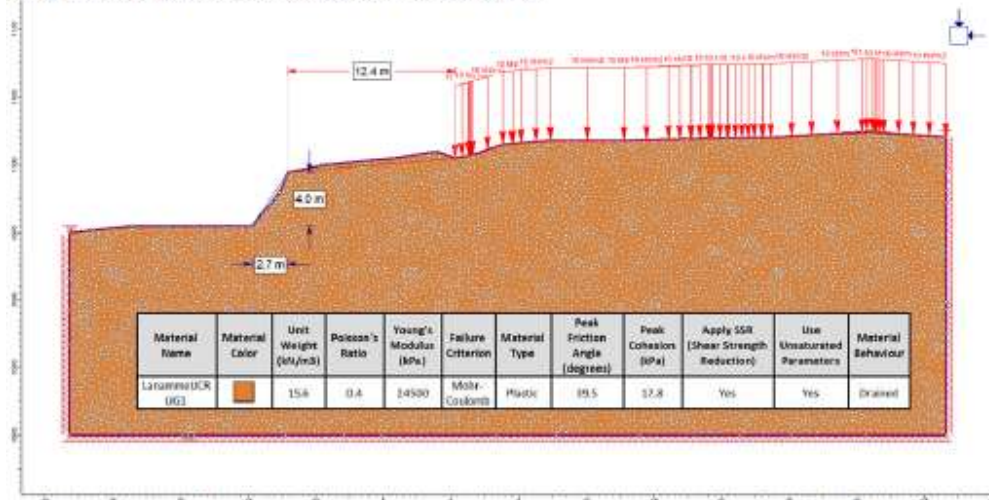


Figura 12. Sección transversal original del talud derecho y propiedades geotécnicas de la estación 1+200.



Para efectos de los análisis fueron considerados dos inclinaciones del talud: 70° y 45° con respecto a la línea horizontal. La inclinación de 70° corresponde a la misma inclinación observada en la primera visita del día 19 de febrero de 2021, para los taludes derecho entre las secciones 0+800 y 1+000. Por su parte, la inclinación de 45° corresponde a la inclinación del talud observada en sitio en la segunda visita realizada el 7 de abril de 2021. Para cada una de las inclinaciones del talud, se evaluaron seis escenarios:

1. Escenario 1: Corte a la inclinación propuesta,
2. Escenario 2: Corte a la inclinación propuesta + colocación de pernos pasivos,
3. Escenario 3: Corte a la inclinación propuesta + colocación de pernos pasivos + sismo,
4. Escenario 4: Corte a la inclinación propuesta + colocación de pernos pasivos + sismo + precipitación,
5. Escenario 5: Corte a la inclinación propuesta + sismo + precipitación,
6. Escenario 6: Corte a la inclinación propuesta + precipitación,

En el caso de los pernos, se consideró la solución propuesta por el diseño de HSOLIS que consiste en pernos pasivos de 12 m e inclinación de 20° con respecto a la horizontal, con varillas #8 grado 60, con una resistencia a la fluencia de 214 kN, y un módulo de elasticidad de 2×10^8 kPa. En el caso del sismo, se asume un coeficiente pseudoestático de 0,20 g definido en el CGTLCR. Finalmente, en el caso de la precipitación se considera un flujo transitorio de lluvia correspondiente a un evento extremo de precipitación con una intensidad de 14,58 mm/hr, por un periodo de duración de 24 horas.

La Figura 13 muestra la sección transversal con la inclinación de 70° y los pernos pasivos del diseño propuesto por HSOLIS. Por su parte, la Figura 14 muestra la sección transversal con la inclinación de 45° y los pernos pasivos. Como se puede notar, con la inclinación de 45°, la presencia de las casas se encuentra más próximo de la corona del talud.

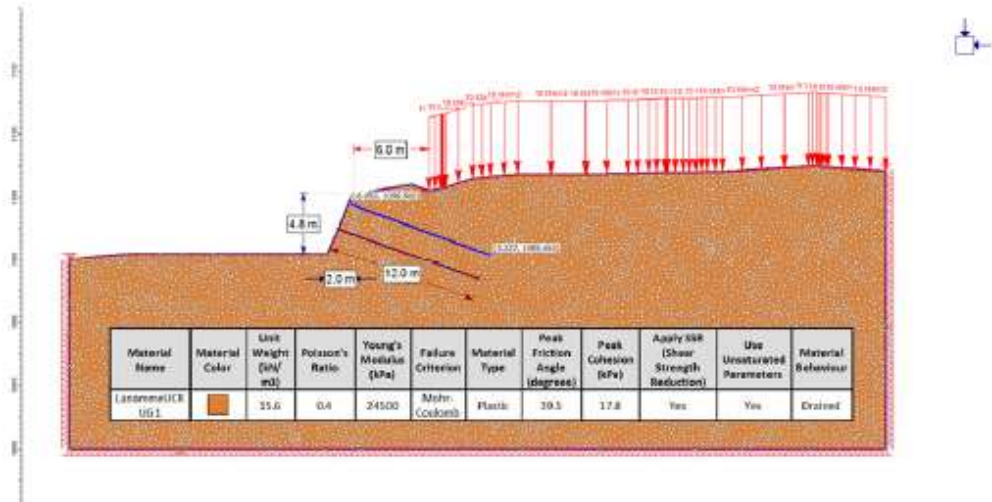


Figura 13. Sección transversal con inclinación de 70° y propiedades geotécnicas de la estación 1+200.

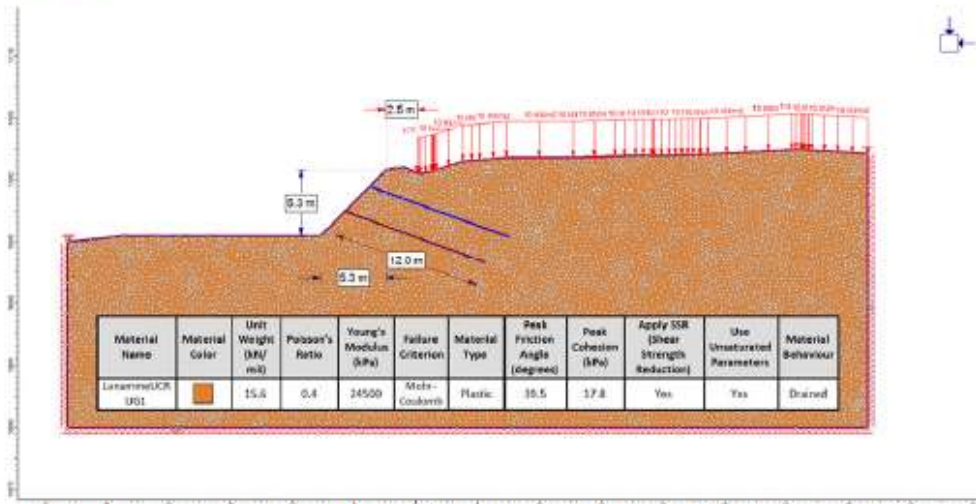


Figura 14. Sección transversal con inclinación de 45° y propiedades geotécnicas de la estación 1+200.

Para cada uno de los escenarios anteriores, mediante las simulaciones realizadas en el RS2 se determinaron las deformaciones horizontales, verticales y totales que podría presentarse en la estructuras o viviendas cercanas a la corona del talud (ver Figuras 15, 16 y 17). Estos valores deben ser revisados con estados límites de servicio, de tal forma que los valores resultantes no causen daños intolerables a la propia cimentación, a la superestructura y sus instalaciones, a los elementos no estructurales y acabados, a las construcciones vecinas, y a los servicios públicos.

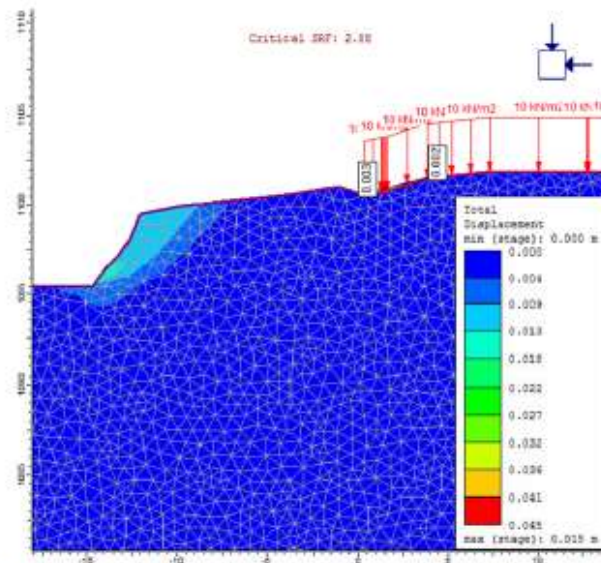


Figura 15. Ejemplo de deformaciones totales para el estacionamiento 1+200.

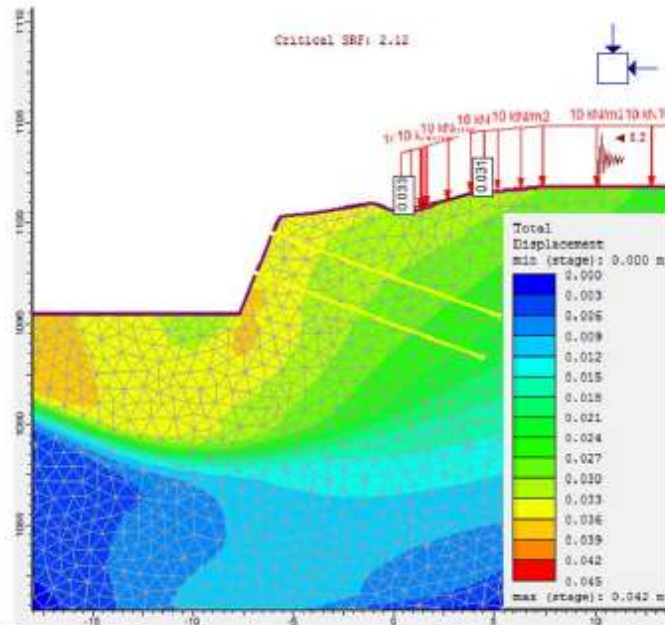


Figura 16. Ejemplo de deformaciones totales para la sección transversal con inclinación de 70° (Escenario 4).

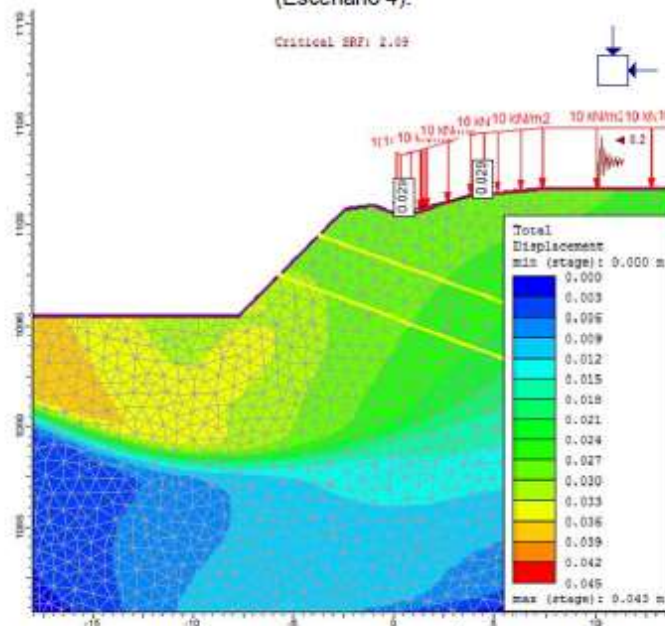


Figura 17. Ejemplo de deformaciones totales para la sección transversal con inclinación de 45° (Escenario 4).



La **Tabla 2**, muestra los valores de las deformaciones horizontales, verticales y totales obtenidos de las simulaciones realizadas. Estos valores fueron determinados con una separación de 3,9 m. Inicialmente, como se puede observar, en todos los casos, los resultados de los factores de seguridad son favorables y cumplen con los requisitos de estabilidad definidos por el CGTLCR. Además, se puede notar que los valores de los factores de seguridad aumentan con el cambio de inclinación de 70° para 45°, lo cual desde el punto de vista de los análisis de equilibrio límite y del método de elementos finitos, es un resultado esperado ya que una inclinación más próxima de la línea horizontal, representa desde el punto de estabilidad al deslizamiento una condición más estable y segura. Sin embargo, es importante resaltar que, desde el punto de vista de deformabilidad, tanto las deformaciones horizontales, verticales y totales fueron mayores para la inclinación de 45°, lo cual se puede deber al hecho de que la presencia de las casas se encuentra más próximas de la corona del talud.

De esta forma, el Código de Cimentación de Costa Rica (CCCR) establece algunas directrices generales, que se muestran en la **Tabla 3**. Según esta misma tabla, el valor de "l" corresponde a la distancia entre columnas adyacentes con asentamientos diferentes o entre dos puntos cualesquiera con asentamiento diferencial. Para efectos de los análisis realizados, se asume un valor de $l = 3,9$ m, correspondiente a la distancia observada en sitio para las columnas de apoyo de las paredes perimetrales del Condominio Oasis Tourmón.

Tabla 2. Factores de seguridad y deformaciones obtenidas en las simulaciones para diferentes escenarios e inclinaciones del talud

Escenario	l (m)	Factor de Seguridad	Def. vert. (m)	Def. horiz. (m)	Def. total (m)	Factor de Seguridad	Def. vert. (m)	Def. horiz. (m)	Def. total (m)
Talud Original	0,0	2,88	-0,0005	-0,0026	0,0026	2,88	-0,0005	-0,0026	0,0026
	0,8		-0,0005	-0,0025	0,0025		-0,0005	-0,0025	0,0025
	3,9		-0,0005	-0,0024	0,0025		-0,0005	-0,0024	0,0025
Inclinación del talud 70°					Inclinación del talud 45°				
Escenario	l (m)	Factor de Seguridad	Def. vert. (m)	Def. horiz. (m)	Def. total (m)	Factor de Seguridad	Def. vert. (m)	Def. horiz. (m)	Def. total (m)
1	0,0	2,27	-0,0006	-0,0025	0,0026	2,81	-0,0012	-0,0038	0,0040
	0,8		-0,0007	-0,0023	0,0024		-0,0009	-0,0036	0,0037
	3,9		-0,0004	-0,0020	0,0020		-0,0008	-0,0034	0,0035
2	0,0	2,87	-0,0010	-0,0049	0,0050	3,80	-0,0076	-0,0187	0,0202
	0,8		-0,0010	-0,0047	0,0048		-0,0065	-0,0186	0,0197
	3,9		-0,0012	-0,0039	0,0041		-0,0064	-0,0111	0,0128
3	0,0	2,50	-0,0051	-0,0240	0,0245	2,80	-0,0086	-0,0409	0,0418
	0,8		-0,0041	-0,0221	0,0225		-0,0070	-0,0408	0,0414
	3,9		-0,0039	-0,0195	0,0199		-0,0067	-0,0381	0,0387
4	0,0	2,12	-0,0100	-0,0308	0,0324	2,09	-0,0099	-0,0270	0,0288
	0,8		-0,0096	-0,0305	0,0320		-0,0097	-0,0270	0,0287
	3,9		-0,0087	-0,0298	0,0310		-0,0085	-0,0273	0,0286
5	0,0	1,77	-0,0033	-0,0123	0,0127	2,09	-0,0123	-0,0314	0,0337
	0,8		-0,0031	-0,0117	0,0121		-0,0118	-0,0313	0,0335
	3,9		-0,0023	-0,0112	0,0114		-0,0099	-0,0316	0,0331
6	0,0	2,26	-0,0009	-0,0032	0,0033	2,81	-0,0044	-0,0085	0,0096
	0,8		-0,0009	-0,0030	0,0031		-0,0028	-0,0067	0,0073
	3,9		-0,0006	-0,0026	0,0027		-0,0016	-0,0050	0,0052



Tabla 3. Asentamiento total admisible (CCCR 2008)

Tipo de movimiento	Factor limitativo	Asentamiento máximo
Asentamiento total	Drenaje	15 – 30 cm
	Acceso	30 – 60 cm
	Estructuras con muros de mampostería	2,5 – 5,0 cm
	Estructuras reticulares	5,0 – 10,0 cm
	Silos y placas	7,0 – 30,0 cm
Inclinación o giro	Estabilidad frente al vuelco	Depende de altura y ancho
	Inclinación de chimeneas y torres	0,004 /
	Rodadura de caminos, etc.	0,01 /
	Almacenamiento de mercancías	0,01 /
	Funcionamiento de máquinas telares de algodón	0,003 /
	Funcionamiento de máquinas turbo generadoras	0,0002 /
	Carriles de grúas	0,003 /
	Drenaje de soleras	0,01 – 0,02 /
Asentamientos diferenciales	Muros de ladrillo continuos y elevados	0,0005 – 0,001 /
	Fábrica de una planta, fisuración de muros de ladrillo	0,001 – 0,002 /
	Fisuración de repellos	0,001 /
	Marcos de concreto reforzado	0,0025 – 0,004 /
	Muros de concreto reforzado	0,003 /
	Marcos metálicos continuos	0,002 /
	Marcos metálicos sencillos	0,005 /

Nota: “/” es la distancia entre columnas adyacentes con asentamientos diferentes o entre dos puntos cualesquiera con asentamiento diferencial. Los valores más elevados son para los asentamientos homogéneos y estructuras más tolerantes. Los valores inferiores corresponden con asentamientos irregulares y estructuras delicadas.

A partir de la [Tabla 3](#), se tiene que la tolerancia máxima para asentamientos totales para estructuras con muros de mampostería es de 0,025 – 0,050 m. De esta manera, según los resultados mostrados en la [Tabla 2](#), se tiene que, en el caso de los asentamientos totales, durante los escenarios 3, 4 y 5 (escenarios durante los cuales actúan las fuerzas de sismo) se tienen asentamientos totales con valores que oscilan entre 0,0286 hasta 0,0418 m. Esto quiere decir que, en el caso de estructuras con asentamientos homogéneos y estructuras tolerantes, los valores de los asentamientos totales esperados se encuentran por debajo del valor máximo permitido y, por lo tanto, no causaría daños importantes en la estructura. Sin embargo, en el caso de estructura delicadas, los asentamientos totales obtenidos en las simulaciones en las que actúan fuerzas de sismos, superan el valor de 0,025 m, por lo podrían esperarse algunos inconvenientes en estas estructuras, razón por la cual se deben realizar análisis con mayor detalle (realizando mayor investigación geotécnica para establecer parámetros del medio más precisos) para los casos específicos correspondientes.

A partir de los resultados obtenidos de las simulaciones, se determinaron los asentamientos diferenciales entre puntos con una separación de 3,9 m (ver resultados en la [Tabla 4](#)). Estos valores, pueden ser comparados con las tolerancias admisibles para asentamientos diferenciales del terreno para puntos serados por $l = 3,9$ m, conforme a lo que se indica en la [Tabla 3](#). De esta manera, algunas de las tolerancias admisibles deberían ser las siguientes:

- Fisuración de repellos = 0,0039 m
- Marcos de concreto reforzado = 0,010 – 0,016 m
- Muros de concreto reforzado = 0,012 m

Informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021	Mayo, 2021	Página 20 de 25
--------------------------------	------------	-----------------

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

Cuando se comparan estos valores con los mostrados en la [Tabla 4](#), en general no se esperan daños importantes en las estructuras cercanas a la corona del talud. A excepción del escenario 3, del talud con la inclinación de 70° el cual involucra la acción del sismo y, los escenarios 2 y 6 del talud con la inclinación de 45°, donde se podrían presentar fisuras en los repellos, ya que los valores superan los 0,0039 m recomendados por el CCCR.

Tabla 4. Asentamientos diferenciales obtenidos en las simulaciones para diferentes escenarios e inclinaciones del talud para $l = 3,9m$

Escenario	Deformación vertical (m)	Deformación horizontal (m)	Deformación total (m)	Deformación vertical (m)	Deformación horizontal (m)	Deformación total (m)
Original	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000	0,0003	0,0003
Escenario	Inclinación del talud 70°			Inclinación del talud 45°		
	Deformación vertical (m)	Deformación horizontal (m)	Deformación total (m)	Deformación vertical (m)	Deformación horizontal (m)	Deformación total (m)
1	0,0002	0,0005	0,0006	0,0004	0,0004	0,0005
2	0,0002	0,0010	0,0009	0,0012	0,0076	0,0074
3	0,0012	0,0045	0,0046	0,0019	0,0028	0,0031
4	0,0013	0,0010	0,0014	0,0014	0,0003	0,0002
5	0,0010	0,0011	0,0013	0,0024	0,0002	0,0006
6	0,0003	0,0006	0,0006	0,0028	0,0035	0,0044

El mismo análisis puede hacerse para determinar asentamientos diferenciales entre puntos con una separación de 0,8 m (ver resultados en la [Tabla 5](#)). En este caso, las tolerancias admisibles son calculados para $l = 0,8 m$, obteniéndose las siguientes tolerancias admisibles:

- Fisuración de repellos = 0,0008 m
- Marcos de concreto reforzado = 0,0020 – 0,0032 m
- Muros de concreto reforzado = 0,0024 m

Tabla 4. Asentamientos diferenciales obtenidos en las simulaciones para diferentes escenarios e inclinaciones del talud para $l = 0,8m$

Escenario	Deformación vertical (m)	Deformación horizontal (m)	Deformación total (m)	Deformación vertical (m)	Deformación horizontal (m)	Deformación total (m)
Original	0,0001	0,0002	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001
Escenario	Inclinación del talud 70°			Inclinación del talud 45°		
	Deformación vertical (m)	Deformación horizontal (m)	Deformación total (m)	Deformación vertical (m)	Deformación horizontal (m)	Deformación total (m)
1	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002	0,0003
2	0,0000	0,0002	0,0002	0,0011	0,0001	0,0005
3	0,0010	0,0019	0,0020*	0,0016	0,0001	0,0004
4	0,0004	0,0003	0,0004	0,0002	0,0000	0,0001
5	0,0002	0,0006	0,0006	0,0005	0,0001	0,0002
6	0,0000	0,0002	0,0002	0,0016	0,0018	0,0023*



Cuando se comparan estos valores con los mostrados en la [Tabla 5](#), en general no se esperan daños importantes en las estructuras cercanas a la corona del talud. A excepción del escenario 3, del talud con la inclinación de 70° el cual involucra la acción del sismo y, los escenarios 2, 3 y 6 del talud con la inclinación de 45°, donde se podrían presentar fisuras en los repellos, ya que los valores superan los 0,0008 m recomendados por el CCCR. Por su parte, tanto en el talud con la inclinación de 70° y el escenario 3, como en el talud con la inclinación de 45° y el escenario 6, los asentamientos diferenciales totales superan ligeramente la deformación admisible recomendada por el CCCR de 0,0020 m para los marcos de concreto reforzado.

Adicionalmente, el mismo CCCR indica que los daños en edificios se producen usualmente a causa de los asentamientos diferenciales y las distorsiones angulares (Δ) entre cimientos vecinos. En la [Tabla 6](#) se presentan los valores de distorsión obtenidos de las simulaciones para puntos con una separación de 0,8 y 3,9 m.

Tabla 6. Distorsiones obtenidas en las simulaciones para diferentes escenarios e inclinaciones del talud

Escenario	l (m)	Distorsión vertical (m)	Distorsión horiz. (m)	Distorsión total (m)	Distorsión vertical (m)	Distorsión horiz. (m)	Distorsión total (m)
Talud Original	0,8	0,0001	0,0003	0,0003	0,0000	0,0001	0,0001
	3,9	0,0001	0,0001	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000
Escenario	l (m)	Inclinación del talud 70°			Inclinación del talud 45°		
		Distorsión vertical (m)	Distorsión horiz. (m)	Distorsión total (m)	Distorsión vertical (m)	Distorsión horiz. (m)	Distorsión total (m)
1	0,8	0,0001	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003	0,0004
	3,9	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
2	0,8	0,0000	0,0003	0,0003	0,0014	0,0001	0,0006
	3,9	0,0001	0,0003	0,0002	0,0003	0,0019	0,0019
3	0,8	0,0013	0,0024	0,0025	0,0020	0,0001	0,0005
	3,9	0,0003	0,0012	0,0012	0,0005	0,0007	0,0008
4	0,8	0,0005	0,0004	0,0005	0,0003	0,0000	0,0001
	3,9	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004	0,0001	0,0001
5	0,8	0,0003	0,0008	0,0008	0,0006	0,0001	0,0002
	3,9	0,0003	0,0003	0,0003	0,0006	0,0001	0,0002
6	0,8	0,0000	0,0003	0,0003	0,0020	0,0023	0,0029
	3,9	0,0001	0,0002	0,0002	0,0007	0,0009	0,0011

La [Tabla 7](#) presenta un criterio usualmente utilizado para la definición de valores admisibles de la distorsión angular. Un asentamiento total o diferencial puede afectar una estructura al punto de producir su falla, por lo tanto, la capacidad de soporte admisible debe restringirse a un valor que no produzca problemas de asentamientos.



Tabla 7. Distorsión angular límite para distintas condiciones

Distorsión angular Δ	Descripción
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios
1/150	Considerable agrietamiento en paneles y muros de mampostería
1/250	Límite en el que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas
1/300	Límite en que se deben esperar las primeras grietas en muros
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas
1/650	Límite para edificios de concreto cimentados sobre un solado de espesor aproximado de 1.20 m
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos

Los valores mostrados en la [Tabla 7](#) son comparados con los valores mostrados en la [Tabla 6](#), donde se observa que únicamente para el caso en que se consideran la separación entre puntos de $l = 0,8m$ y para el escenario 3, del talud con la inclinación de 70° , y para el escenario 6 del talud con la inclinación de 45° , se obtienen resultados que sobrepasan ligeramente la tolerancia de 1/500 del límite de seguridad para edificios en los que no se permiten grietas. Por lo que, los resultados obtenidos de las simulaciones sugieren que no se esperan daños estructurales en los edificios, ni tampoco agrietamientos en paneles y muros de mampostería.

Análisis similares pueden ser realizados considerando distintas separaciones entre elementos, teniendo en cuenta que dentro de las diferentes edificaciones se tienen distintas configuraciones de los elementos estructurales de las viviendas. Por esta razón, se sugiere realizar análisis de deformaciones más exhaustivos para considerar otras separaciones entre elementos estructurales con la finalidad de evaluar otros escenarios que sean representativos de las condiciones de las viviendas aledañas al proyecto.

III. Comentarios finales

Teniendo en consideración los comentarios y las observaciones presentadas en el informe LM-PIG-10-2021, se enfatiza nuevamente la importancia que tiene la investigación geotécnica previa, tratando de abarcar la mayor extensión posible del proyecto para el establecimiento de modelos geotécnicos representativos del sitio, lo cual permite tener una mayor claridad en el establecimiento de los parámetros geotécnicos para el diseño de las obras de contención y para el análisis de estabilidad y de deformabilidad de las diferentes secciones transversales

Informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021	Mayo, 2021	Página 23 de 25
--------------------------------	------------	-----------------

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



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Es importante indicar que este análisis no representa los resultados definitivos del análisis de deformabilidad de la superficie del talud derecho (sentido San José – Limón), ya que la información disponible y el estudio completo correspondiente, es responsabilidad del encargado del diseño del proyecto final. Sin embargo, constituye un insumo y una guía que puede ser tomada en consideración para llevar a cabo análisis de deformabilidad más exhaustivos para evaluar las afectaciones que pueden sufrir las viviendas por sus distintas configuraciones y condominios próximos a la corona del talud ante las actividades de estabilización previstas para esta zona.

A partir de los resultados obtenidos en las simulaciones se destaca que, para las propiedades de los materiales utilizados en todos los casos, los resultados de los factores de seguridad son favorables y cumplen con los requisitos de estabilidad definidos por el CGTLCR. Sin embargo, es necesario destacar que el enfoque del Método de Equilibrio Límite (MEL) tiene algunas deficiencias importantes, entre las cuales se destaca que esta metodología ignora el comportamiento de esfuerzo-deformación de suelos y rocas. El uso del Método de Elementos Finitos (MEF) permite resolver esta limitación. De esta manera, al utilizar ambas metodologías se observó que los valores de los factores de seguridad aumentaron con el cambio de inclinación de 70° para 45°, lo cual desde el punto de vista de los análisis de equilibrio límite y del método de elementos finitos, es un resultado esperado ya que una inclinación más próxima a la línea horizontal, representa desde el punto de estabilidad al deslizamiento una condición más estable y segura. Sin embargo, es importante resaltar que, desde el punto de vista de deformabilidad, tanto las deformaciones horizontales, verticales y totales fueron mayores para la inclinación de 45°, lo cual se puede deberse al hecho de que la presencia de las casas se encuentra más próximas de la corona del talud.

En lo que respecta a los valores de las deformaciones, éstos deben ser revisados con respecto a estados límites de servicio, de tal forma que los valores resultantes no causen daños intolerables a la propia cimentación, a la superestructura y sus instalaciones, a los elementos no estructurales y acabados, a las construcciones vecinas, y a los servicios públicos. En este sentido, la revisión del estado límite de servicio es una tarea complicada y sus tolerancias dependerán de la importancia que se le dé a la estructura. Así pues, los resultados obtenidos, en general, indican que no se esperan daños importantes en las estructuras cercanas a la corona del talud. A excepción del escenario 3, del talud con la inclinación de 70° el cual involucra la acción del sismo y, los escenarios 2 y 6 del talud con la inclinación de 45°, donde se podrían presentar fisuras en los repellos ya que los valores superan los 0,0039 m recomendados por el CCCR. Por su parte, los asentamientos diferenciales y las distorsiones angulares obtenidos de las simulaciones para puntos con una separación de 3,9 m, sugieren que no se esperan daños estructurales en los edificios, ni tampoco agrietamientos en paneles y muros de mampostería.

No obstante, se sugiere llevar a cabo estudios adicionales incluyendo más ensayos de laboratorio y en sitio, aunado a evaluar otros otros escenarios de deformaciones para establecer la criticidad de los resultados que se puedan obtener. La omisión de estos análisis podría significar problemas económicos por indemnizaciones que se deban realizar por afectaciones, que pudieron ser previstas y prevenidas mediante el análisis de deformaciones correspondiente.

Adicionalmente, se resalta nuevamente que, durante las visitas realizadas, se observaron que los taludes existentes carecen de sistemas adecuados para el control de la escorrentía superficial. Por ejemplo, en el sector que corresponde al Condominio Oasis Toumón, las contracunetas existentes se encontraban totalmente obstruido por el crecimiento de vegetación y, en las cercanías del estacionamiento 0+900, diversas construcciones de viviendas y calles urbanas, tenían sistemas inadecuados de alcantarillado, con salidas de agua directamente sobre la cara del talud. En ambos casos, se recomienda implementar medidas integrales de mitigación, ya sea por parte de los propietarios o de la Administración del proyecto (quien sea el responsable), para detener y evitar la erosión de la cara del talud, así como, colocar sistemas para el control de la escorrentía superficial y evitar problemas de estabilidad.

Informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021	Mayo, 2021	Página 24 de 25
--------------------------------	------------	-----------------

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

Informe EIC-LANAMME-INF-009-2021	enero, 2022	Página 90 de 111
----------------------------------	-------------	------------------

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



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

IV. Referencias

- Asociación Costarricense de Geotecnia (2015). Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Asociación Costarricense de Geotecnia (2009). Código de Cimentaciones de Costa Rica. Comisión Código de Cimentaciones de Costa Rica. Segunda edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Bel Ingenieros Consultores. (2020) LAB-GEO-001. Estudio de suelos: proyecto muros barrio El Socorro ampliación R.N 32 del puente Virilla a intersección R.N 117. Alajuela.
- LanammeUCR. I-0348-2021 Informe de Ensayo del Proyecto Ampliación Ruta 32 (Talud). LanammeUCR. San José, Costa Rica.
- LanammeUCR. I-XXXX-2021 Informe de Ensayo del Proyecto Ampliación Ruta 32 (Talud). LanammeUCR. San José, Costa Rica.
- H Solís (2020). e-26-2020: Diseño de muro reforzado con anclajes pasivos. Ampliación de la vía R.32 desde el final del puente sobre el río Virilla a rest. Doña Lela. San José.
- Programa de Ingeniería Geotécnica (2021). LM-PIG-10-2021 Informe de la revisión del diseño del muro de retención del Proyecto Ampliación Ruta 32: desde el Puente Ricardo Saprissa al Barrio Socorro. LanammeUCR. San José, Costa Rica.
- Rojas, N. (2011). Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas mecánicas. Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica.

Informe LM-EIC-PIG-I-0013-2021	Mayo, 2021	Página 25 de 25
--------------------------------	------------	-----------------

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

Informe EIC-LANAMME-INF-009-2021	enero , 2022	Página 91 de 111
----------------------------------	--------------	------------------

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



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Anexo 3: Oficio EIC-Lanamme-075-2021



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

16 de diciembre de 2021
EIC-Lanamme-1075-2021

Consejo de Administración
CONAVI

Ing. Hannia Rosales Hernández
Directora Ejecutiva
CONAVI

Asunto: Sobre la audiencia para la
presentación del informe EIC-LANAMME-INF-009B-2021

Estimados señores y señoras:

En atención a las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias, mediante el cual se le confiere competencia fiscalizadora de la Red Vial Nacional al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR), nos permitimos informales sobre la audiencia del informe preliminar EIC – LANAMME-INF-009B-2021 "Evaluación de las actividades desarrolladas en el proyecto TOPICS: ampliación y rehabilitación del tramo Río Virilla – Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia en la Ruta Nacional 32". En dicha audiencia virtual no se presentó ningún representante de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, gerencia encargada del proyecto auditado, además de que no se recibió descargo al informe citado.

Cabe recordar que, en el proceso de auditoría técnica, la presentación de los informes preliminares constituye una herramienta para que la Administración aclare dudas que puedan surgir de la lectura del informe, y en aras de que exista la oportunidad de presentar un descargo en caso de que aplique y se pueda considerar mejorar aspectos que ameriten en la redacción final del documento.

Cabe mencionar que la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, mediante el oficio EIC-Lanamme-1017-2021, enviado el 23 de noviembre de 2021, emitió el informe preliminar para que fuese conocido por la Administración, donde además se indicaba la fecha propuesta de la presentación para el día jueves 2 de diciembre de 2021. Dicho oficio fue dirigido a la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes y a la Dirección Ejecutiva del CONAVI.



Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica | Tel: (506) 2511-2500
direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr



EIC-Lanamme-1075-2021
Página 2

Posteriormente, mediante un correo electrónico recibido el miércoles 1° de diciembre de 2021, (un día antes de la presentación del informe), el Ing. Rafael Cascante Leal señaló que la Ingeniería de Proyecto no podía participar de la presentación, por lo que a inicios de la siguiente semana (semana del 6 al 10 de diciembre de 2021) nos darían a conocer tres fechas posibles para la realización de la presentación.

No obstante, no se recibió ninguna propuesta. De acuerdo con esto, el viernes 10 de diciembre se comunicó por parte de la Unidad de Auditoría Técnica que la fecha definitiva de la presentación virtual del informe sería el martes 14 de diciembre a las 9 a.m. Sin embargo, a esta reunión virtual solo se presentaron representantes de la Auditoría Interna de CONAVI.

Sobre este particular, reiteramos a la Administración que la presentación de los informes de auditoría técnica en sus versiones preliminares son un espacio para que los funcionarios encargados de los proyectos viales auditados puedan aclarar dudas sobre el contenido de los informes. Asimismo, revisten de importancia para la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR para recibir criterios o explicaciones por parte de la Administración.

Por lo tanto, ante la ausencia señalada, y ante la inexistencia de descargo al informe por parte de la Administración, se procederá a formalizar el informe EIC – LANAMME-INF-009B-2021 en su versión final para su envío a los diferentes entes de Ley.

Atentamente,

UCR | Firmado digitalmente

Ing. Wendy Sequeira Rojas, M.Sc.
Coordinadora
Unidad de Auditoría Técnica

Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc..
Director

Archivo UAT.

C. Lic. Reynaldo Vargas Soto, Auditor Interno, CONAVI
Archivo

Código Postal 11501-2060, Universidad de Costa Rica | Tel: (506) 2511-2500
direccion.lanamme@ucr.ac.cr | www.lanamme.ucr.ac.cr



Anexo 4: Análisis del descargo

De acuerdo con los procedimientos de esta auditoría técnica del LanammeUCR, este informe en su versión preliminar LM-INF-IC-D-009B-2021 fue remitido a la Administración el día 23 de noviembre de 2021, mediante oficio EIC-Lanamme-1017-2021, para que fuese analizado por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes. La presentación del informe se realizó el día 5 de enero de 2022 de manera virtual, y fue dirigida a la parte auditada con el fin de que se conocieran con mayor claridad y se expusieran los puntos que se requirieran ampliar según el contenido del informe.

Posteriormente, el día 10 de enero de 2022, se recibió el documento de descargo por parte de la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, oficio GCSV-108-2022-0051. Este oficio fue analizado por el equipo auditor y considerado para realizar aclaraciones y mejoras al informe con el fin de que sea de mayor claridad para la Administración.


Una vez analizado el oficio GCSV-108-2022-051 el contenido del Hallazgo 1 se mantiene, eliminando únicamente el texto subrayado del siguiente párrafo:

Sin embargo, en lo que respecta al proyecto en sí, también se considera que hubo una falta de planificación por parte de la Administración, puesto que previo al inicio de las labores se tuvo que haber verificado que la continuidad de los contratos de conservación vial y el contenido presupuestario permitiría concluir la totalidad de las obras requeridas.

Por último, el contenido de los Hallazgos 2,3 y de la Observación 1 se mantiene tal y como se presentó en el informe preliminar.



Anexo 5. Descargo por parte de la Administración oficio GCSV-108-2022-051

 Consejo Nacional de Vialidad CONAVI

Gerencia de Conservación de Vías y Puentes
jorge.cardoza@conavi.go.cr

10 de enero de 2022
GCSV-108-2022-0051

Ingeniero
MSc. Alejandro Navas Carro
Director, LANAMME UCR

Ingeniera
MSc. Wendy Sequeira Rojas
Coordinadora
Unidad de Auditoría Técnica, LANAMME UCR

REFERENCIA: Correcciones al informe preliminar No. EIC-LANAMME-INF-009B-2021 "Evaluación de las actividades desarrolladas en el proyecto TOPICS: Ampliación y Rehabilitación del Tramo Río Virilla-Cruce de San Miguel de Santo Domingo de Heredia en Ruta Nacional No. 32".

Estimado (a) Señor (a):


Con el fin de atender el oficio No. EIC-Lanamme-1017-2021 e informe No. EIC-LANAMME-INF-009B-2021 donde solicitan la revisión, se procede a brindar mediante una revisión previa aspectos que deben ser aclarados y corregidos con el fin de que sean tomados en cuenta en la redacción final del informe y que a continuación se detalla:

HALLAZGO 1. SE EVIDENCIARON DEFICIENCIAS EN LA GESTIÓN DE RIESGOS DEL PROYECTO

Se informa que para este punto la Gerencia discrepa en cuanto los fundamentos indicados para justificar este hallazgo, pues carecen de una consideración objetiva con respecto a la gestión de riesgos de un proyecto, en primer lugar, fundamenta deficiencias a modificaciones de contenidos presupuestarios asignados, a la modalidad Topics y a la problemática de contar con dos contratistas distintos para la gestión de la integralidad del proyecto.


Particularmente esta Gerencia considera que este proyecto ha contado con una Metodología de Administración del Proyecto (metodología aprobada por CONAVI) en el cual se han identificado los riesgos en todas sus fases, tanto de planificación y de ejecución, así como la situación que nos aqueja que es la suspensión de contratos identificados (por no aprobación de la Contraloría General de la República).

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

 Consejo Nacional de Vialidad CONAVI

Informe EIC-LANAMME-INF-009-2021	enero , 2022	Página 95 de 111
----------------------------------	--------------	------------------





05 de enero del 2022
GCSV-108-2022-0012
Página 2

Unidad Archivo Central


archivo.central@conavi.go.cr

Como se informó, el único riesgo que no fue identificado y que a la fecha ha afectado la ejecución y finalización del contrato fue lo sucedido en fecha de 14 de junio del presente año sobre el caso penal de "corrupción" en la entidad. Este riesgo nunca se identificó y no se tenía certeza de que existiera probabilidad alguna, esto dio pie a la situación de la suspensión de los contratos por medio del acuerdo de Consejo Director No. ACA-1-21-258 (74) con fecha 25 junio del 2021 como también a afectaciones presupuestarias y de incremento de probabilidades de los demás riesgos (riesgos de faltas de contenidos presupuestarios y riesgos de mantenimiento de contratos activos y su integración).


Una vez abordada la fase de inicio y de planificación, se identificaron riesgos y necesidades conforme se analizaba y se aprobaban los estudios y diseños finales del proyecto, determinando en el valor del proyecto un costo adicional de: una new jersey central, luminarias nuevas y nuevo puente peatonal al quitar el existente en calle Rojas monto inicial de la obra: 2800 millones, monto final del proyecto con las mejoras al diseño final: 3220 millones información brindada previo al inicio del proyecto, fase de ejecución.

Sobre la modalidad de realizar el proyecto por medio de mejoramientos puntuales conocida como TOPICS, esta es una modalidad administrativa con la que se cuenta y de la cual la ampara la modificación al decreto de creación del CONAVI, en la Ley No.7798 con la nueva Ley No. 9489, artículo No.1 y No. 1 bis que modifica la anterior la cual determina el porcentaje máximo a invertir en los mejoramientos puntuales. La Gerencia de Contratación de Vías y Puentes previo a esta modalidad, gestionó la construcción de este proyecto mediante obra nueva, en proceso de contratación administrativa inicial de los diseños, se evidenció un incremento del valor del proyecto tanto en el monto y plazo estimados de ejecución.

Sobre la integralidad del proyecto, no se tiene certeza técnica que una obra "salga mejor", realizando la obra solamente por una empresa. A nivel documental existen proyectos exitosos de plantear proyectos de esta indole (dos contratistas) lo importante es brindar desde un inicio el proceso y los procedimientos adecuados de la integralidad del proyecto en donde se tenga claridad de los alcances, responsabilidad y acciones necesarias en la cual la Administración controla el cumplimiento de las actividades de cada empresa y sus alternativas de soluciones en casos donde trascienda la transposición de una empresa con la otra.



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





Unidad Archivo Central

archivo.central@conavi.go.cr

05 de enero del 2022
GCSV-108-2022-0012
Página 3

Los objetivos de la gestión de riesgos del proyecto, son optimizar las posibilidades de éxito. Dentro del análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos, se identificó y se dio prioridad a contar con contratos vigentes y con contenidos presupuestarios con el fin de no detener las obras. Producto de implementar la respuesta a estos riesgos, se procedió a la solicitud de ampliación de los contratos activos que estaban próximos a cumplir con la finalización del plazo de ejecución, así como la propuesta de implementar un nuevo contrato que lograra una mejor integralidad de los proyectos (ya visualizado como posible plan o solución) en la cual se logra de forma exitosa la ampliación de la Contratación No. 2014LN-000018-OCV00 (Mantenimiento periódico y rehabilitación del pavimento de la Red Vial Nacional Pavimentada) en la Línea 1, previo al inicio del proyecto y se contaba con mas de 6 meses de plazo para la contratación No. 2014LN-000017-OCV00 con fecha de vencimiento el 22 de abril del 2021. Procediendo con el mismo plan de éxito, se plantea la ampliación de esta segunda contratación ante la Contraloría General de la República la cual se encontraba en proceso de aprobación y de la cual se habría aprobado previo a la fecha del caso penal citado (se presume).

Con respecto al presupuesto, se contaba con contenidos suficientes y necesarios para la ejecución del proyecto, con el conocimiento de que también se brindaría una modificación presupuestaria la cual reforzaría el contenido para el pago en estas dos contrataciones.

Dado lo anterior, se conocían los riesgos asociados que fueron identificados y que se contaba con mayor importancia en el posible impacto y probabilidad de que sucediera, razón por la cual, externamos nuestra oposición a la fundamentación de este hallazgo.

Este proyecto a nivel de la Gerencia de Conservación ha conllevado a la aplicación de una metodología híbrida entre la modalidad de programas y obra nueva de la cual se ha contado con expertos gestores de proyectos, aplicación de fases iniciales de planificación involucrando a la mayoría de los interesados y documentar y contar con la totalidad de las aprobaciones de diseños y estudios que brinden respaldo técnico que garantice la continuidad y finalización de las obras.

HALLAZGO 2. LA SUSPENSIÓN DE LAS LABORES DEL PROYECTO HA FAVORECIDO LA APARICIÓN DE DETERIOROS PREMATUROS Y RIESGOS A LA SEGURIDAD VIAL DE LOS USUARIOS.



05 de enero del 2022
GCSV-108-2022-0012
Página 4

Unidad Archivo Central

archivo.central@conavi.go.cr

En relación a este hallazgo, es importante aclarar que la Administración realizó la programación de los trabajos en el marco de la herramienta técnica legal Licitación Pública No. 2014LN-000018-0CV00 y No. 2014LN-000017-0CV00, de acuerdo con los rendimientos establecidos por las empresas encargadas de la ejecución de las obras con los cuales se cumplía satisfactoriamente la ejecución de los trabajos. Sin embargo, por las situaciones descritas a continuación, se provocaron atrasos en la ejecución del proyecto:

- La detección de hallazgos arqueológicos específicamente en el sector donde se ha recuperado el derecho de vía, provocó la necesidad de incluir en el proyecto una evaluación arqueológicamente de la Zona, razón por la cual, la Administración en conjunto con personeros del Museo Nacional (ACAM) realizaron visitas, producto de las mismas, los funcionarios de la ACAM determinaron la necesidad de designar un arqueólogo a tiempo completo en el frente de trabajo, de tal forma que pudiera verificar durante toda la excavación por un profesional certificado en arqueología, Esta condición insidioso en un bajo rendimiento, por cual se reflejó incumplimiento y retrasos en los trabajos programados, dado que los mismos consideraban una doble jornada (diurna y nocturna). Sin embargo, debido a las circunstancias mencionadas, las labores de excavación debieron y deben realizarse bajo supervisión arqueológica, la jornada se redujo al horario diurno, esto debido a que no era posible realizar la inspección por parte del arqueólogo en la jornada nocturna.
- Por otra parte, durante la ejecución del proyecto se presentaron condiciones climáticas adversas propias de la Zona. Esta situación generó atrasos debido a la saturación de botaderos para el movimiento de tierras, materiales saturados para el mejoramiento, entre otras situaciones. Cabe destacar, que en la programación realizada del proyecto se consideraba la construcción de obra para el drenaje pluvial simultánea a la construcción de la estructura de pavimentos, lo cual ayudaba en la protección de la inversión realizada. Sin embargo, debido a los atrasos y a la suspensión de contratos no fue posible iniciar con la construcción de esta obra. Con respecto a las reparaciones, en las láminas adjuntas se registran detalladamente los resultados con fechas y pruebas de laboratorio de los paños de base mejorada y base estabilizada. En cuanto a la seguridad de los usuarios, se realiza una demarcación temporal del kilómetro 4+645 al 6+207, del cruce de Barrio Socorro al cruce con la Ruta Nacional No. 117. En las siguientes imágenes se muestra el estado en cual se dejó acondicionado el proyecto antes de la suspensión del mismo.



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

www.conavi.go.cr





05 de enero del 2022
GCSV-108-2022-0012
Página 5

Unidad Archivo Central

archivo.central@conavi.go.cr



Figura No.1 Elementos de Seguridad vial



Figura No. 2 Estado de la vía



Figura No. 3 Línea de Borde.



Figura No.4 Rotulación nocturna.



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





05 de enero del 2022
GCSV-108-2022-0012
Página 6

Unidad Archivo Central

archivo.central@conavi.go.cr



Figura No.5 Demarcación de giros.

HALLAZGO 3. LA BASE ESTABILIZADA UTILIZADA EN EL PROYECTO NO SE AJUSTÓ DESDE SU INICIO A LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIGENTES.

En lo referente a este hallazgo es importante mencionar que es la empresa Constructora (contratista) Meco quien mediante oficio No. M Y P (L-1)-130-2020, de fecha 07 de octubre del 2020, remitió los informes No. ITP-GTC-059-2020 rehabilitación de los carriles existente en fecha informe 03 de octubre del 2020) y No. ITP-GTC-071-2020 ampliación de los carriles en fecha del informe 05 de octubre del 2020, donde se indican los espesores de estructura de pavimento para los periodos de 10, 15 y 20 años. Esto basado en metodología de trabajo que ellos mismos proponen.

Y tal como debe proceder la Gerencia de Conservación de Vías y Puentes, gestiona ante la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes del CONAVI la evaluación y aprobación de los diseños propuestos por el contratista Meco tanto para la ampliación como para superficie de ruedo existente, para lo cual se realiza una modalidad de trabajo reuniones con la Ing. Sofía Rodríguez Lepiz y el diseñador encargado por parte de la Constructora, donde se abordan temas sobre el mejoramiento con cemento de la base virgen colocada en la ampliación y la misma fue aprobada por la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes mediante oficio No. DVP-23-2020-0433 de fecha 21 de octubre del 2020, aprobando el paquete estructural propuesta para la Conservación de la Ruta Nacional No. 32 sección de control 40500. Es importante indicar que el contratista presentó la propuesta de intervención de una base mejorada de 15 Kg/cm² a tres días debido a la necesidad de apertura al tránsito urgente.



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

www.conavi.go.cr





Unidad Archivo Central

archivo.central@conavi.go.cr

05 de enero del 2022
GCSV-108-2022-0012
Página 7

Análisis de los resultados de verificación de la calidad aportados a esta Auditoría.

Con respecto a este punto se indica que los resultados fallados a los 7 días corresponden a trabajos ejecutados en finales diciembre del 2020 los cuales fueron fallados en enero del 2021, los resultados obtenidos corresponden a valores superiores a los 15 kg/cm² lo que indica que a los 3 días alcanzó la resistencia esperada. Por otra parte, se aclara que la Administración siempre aceptó la resistencia de 15 kg/cm² para la base mejorada, la cual fue aprobada por la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes.

Debido a los problemas presentados con la resistencia en los meses de febrero y marzo del 2021, la empresa presenta dos nuevos diseños esta vez con base estabilizada B-25, los cuales fueron presentados mediante oficio Nos. M Y P (L-1)-023-2021, diseño ITP-GTC-016-2021 de fecha 26 de marzo del 2021 y M Y P (L-1)-025-2021, diseño ITP-GTC-019-2021 de fecha 29 de marzo del 2021.

Cabe destacar que a pesar de que la propuesta técnica es referida a un mejoramiento de la base con cemento, se definió como requerimiento técnico una resistencia mínima de la base de 15 kg/cm² que, según indicaciones de la ingeniería de proyecto, se mediría a los 3 días.

Respecto a este requerimiento técnico esto no está avalado en la normativa técnica vigente, pero el mismo fue propuesto por el contratista y con la aprobación de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes.

Por otra parte, si lo que se buscaba era obtener una base estabilizada con cemento, el requerimiento técnico nacional del Manual CR-2010 para este material es claro, en el cual se especifica que debe cumplir una resistencia promedio de 3 MPa (aproximadamente 30 kg/cm²) medida a los 7 días, debiendo cumplirse dentro de un control de calidad, resistencias mínimas de 2,1 MPa y máximas de 3,9 MPa, siendo una base estabilizada conocida como BE-25.

De acuerdo con el diseño del pavimento propuesto y el módulo resiliente mayor que 535.000 psi considerado en dicho diseño, que lo que se consideraba colocar era una base estabilizada, cuya normativa para su diseño, producción y colocación se especifica en el Manual CR-2010.

HALLAZGO 4. LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS REALIZADOS FUERON INSUFICIENTES Y DEFICIENTES PARA EL DISEÑO DE LOS TALUDES Y MUROS DE REFUERZO



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





05 de enero del 2022
GCSV-108-2022-0012
Página 8

Unidad Archivo Central

archivo.central@conavi.go.cr

La entrega de estudios geotécnicos que el CONAVI ha realizado en conjunto con los Contratistas de Obra obedece ha modelar condiciones de los proyectos, los cuales deben de cumplir con los aspectos técnicos solicitados mediante los contratos que se implementan para la conservación y mantenimiento vial, en este caso la Licitación Pública No. 2014LN-000017-0CV00. Sobre la aplicación de dicho contrato existe un ítem que regulan la realización de dichos estudios, por magnitud y por importancia por lo que se delimitan a la realización de un modelo en base a la tipología de suelos, a los cortes a realizar en base a las condiciones más críticas y con ellas valorar la determinación de soluciones técnicas.

Para el caso que nos ocupa se realizó una modelación de los escenarios más críticos sobre las condiciones del proyecto. En este caso se valoró en primera instancia el diseño geométrico en donde la curva es una condición a tomar en cuenta por las condiciones de la seguridad vial, carga sobre el talud y la máxima altura de corte, por lo que, según lo observado no es un estudio puntual, es un estudio generalizado de todo el proyecto.

El proyecto conto con la aprobación de cortes de bermas y taludes mediante el oficio No. DVP-20-2020-0432 de la Dirección de Diseños de Vías y Puentes de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes.

Finalmente mediante oficio No. DVP-20-2021-0507 de fecha 18 de octubre del 2021 ante una solicitud de parte de esta Gerencia de analizar estudios geotécnicos tanto de su área Geotécnica, La Dirección de Diseño de Vías y Puentes de la Gerencia de Contratación de Vías y Puentes, considera que todos los estudios obedecen a las consideraciones o adopciones de investigación y no indica que estén erradas o contrarias a la normativa técnica aplicable para este tipo de proyecto, considera como resumen que lo externado en dichos estudios si bien tiene datos dispersos, estos son producto de las determinaciones o adopciones de implementación de datos en las Metodologías de estudios por los profesionales expertos para lo cual la unidad de revisión por parte de CONAVI indica textualmente:

"Es importante recordar que la Geotecnia no corresponde a una ciencia exacta, sino a la que busca, mediante una adecuada caracterización y modelado del entorno geológico, predecir el comportamiento de las estructuras con este último, en términos de su respuesta a la deformación inducida por las cargas aplicadas. Todo lo anterior valorado a la luz del cumplimiento de factores de seguridad y demás lineamientos, establecidos por la normativa que rige la materia. Así las cosas, la dispersión en los resultados como se verá adelante, puede responder a los pormenores de la campaña de investigación realizada, la interpretación de los resultados de campo y laboratorio, así como la metodología elegida para los análisis de gabinete.



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





05 de enero del 2022
GCSV-108-2022-0012
Página 9

Unidad Archivo Central

archivo.central@conavi.go.cr

Por último, se debe tener presente el carácter determinístico de las valoraciones realizadas, es decir, que no analiza la probabilidad de variación de las condiciones analizadas en el tiempo, limitando los resultados obtenidos a un instante específico de las circunstancias reinantes."

Concordamos en que se deberán de adoptar medidas de control de escorrentías superficiales, así como el control de salidas de aguas de las casas vecinas con el fin de evitar afectar la condición geológica y geotécnicas en sitio, control a ser abordado por el Gobierno Local. Asimismo, se adoptará gestionar ante el profesional experto del CONAVI, las recomendaciones que arroje de forma puntual las soluciones geotécnicas en los nuevos puntos de hallazgos considerados como críticos con el fin de adoptar soluciones similares a las aprobaciones anteriores una vez que se reinicie nuevamente el proyecto.

Quedando atentos a su criterio,
Atentamente

Ing. Jorge Cardoza Sanchez
Ingeniero de Proyecto, zona 1-1
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes

Ing. Rafael Cascante Leal
Ingeniero de Proyecto, Línea 1, LP-18
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes

Ingra. Hannia Rosales Hernández
Gerente a.i.
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes



Ing. Marco Peña Jiménez
Director Regional Central
Gerencia de Conservación de Vías y Puentes

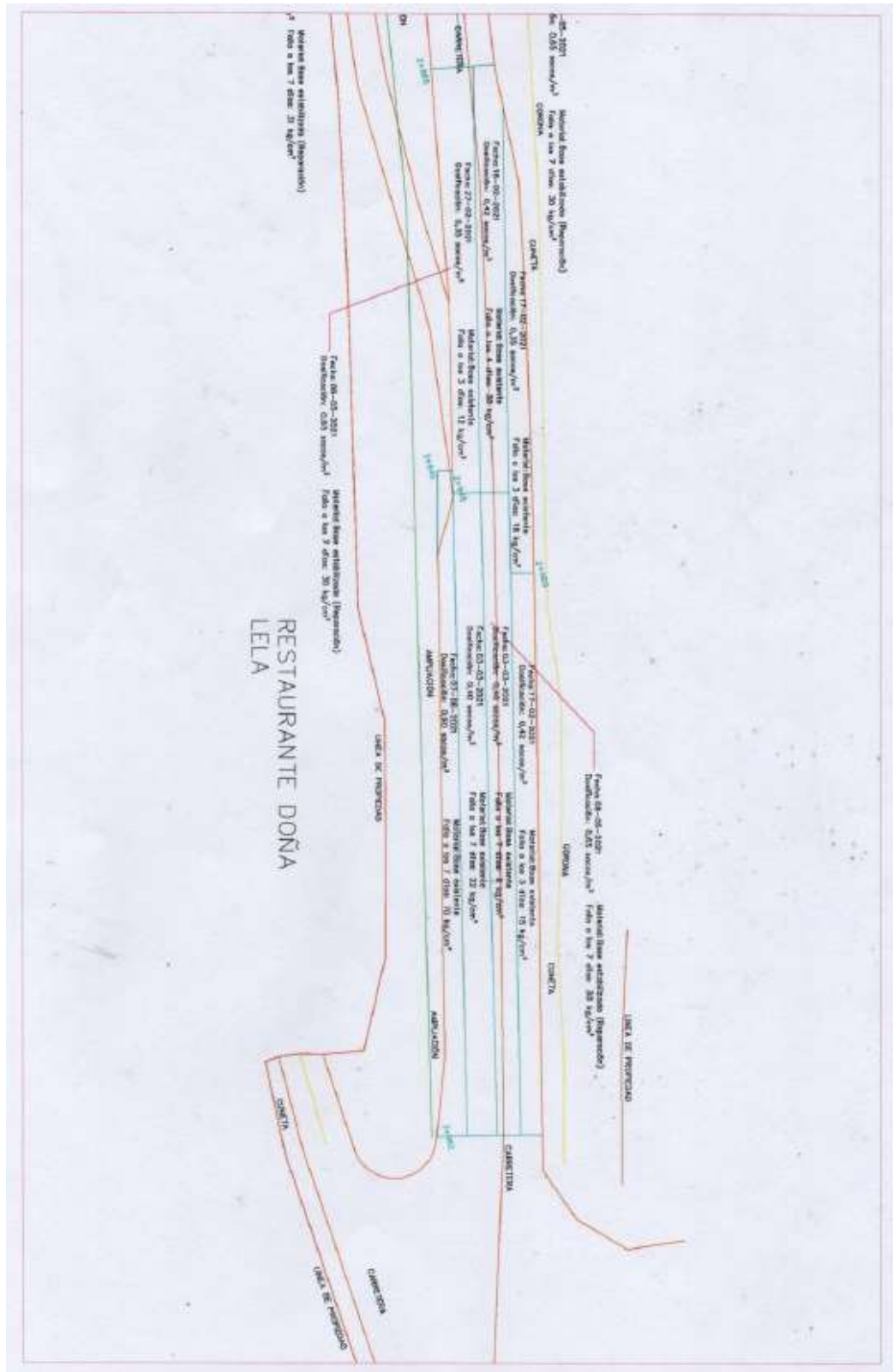
- c. Ing. Rodolfo Méndez Mata, Ministro de Obras Públicas y Transporte, MOPT
- Ing. Thomas Figueroa, Ministro de Infraestructura, MOPT
- Ingra. Hannia Rosales Hernández, Directora Ejecutiva, CONAVI
- Lic. Reynaldo Vargas Soto, Auditoría Interna, CONAVI
- Archivo.

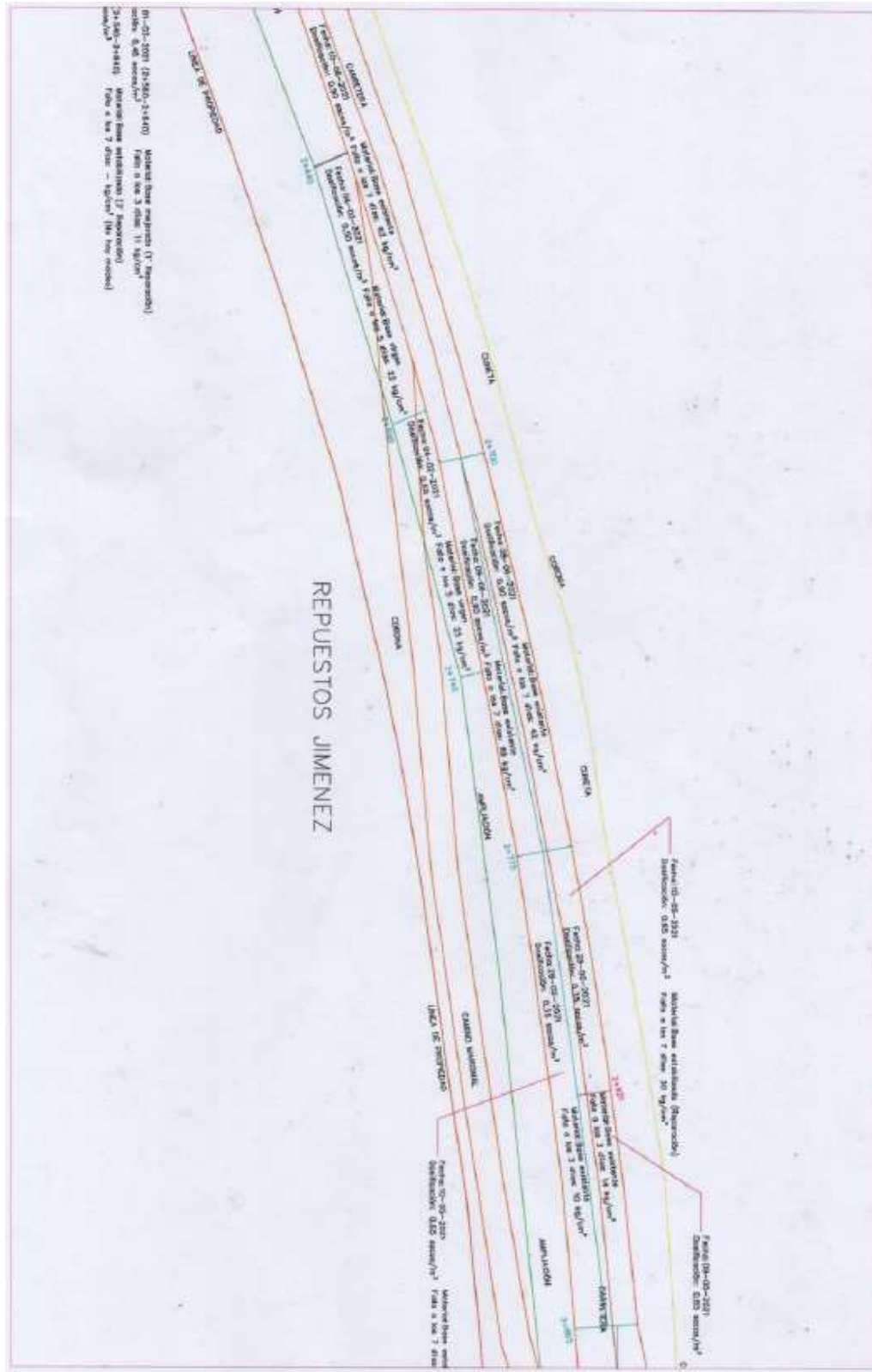


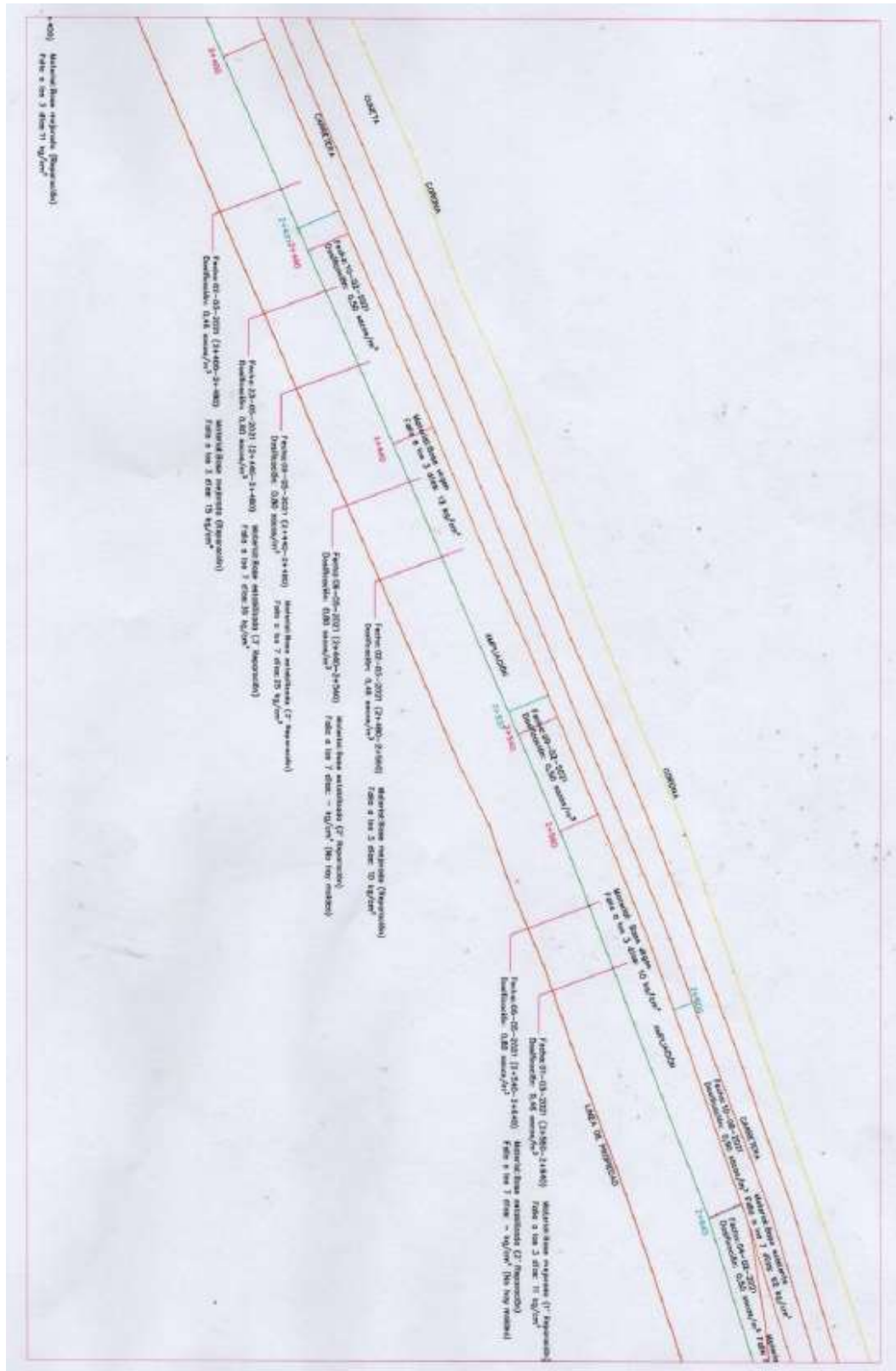
Consejo Nacional de Vialidad. 100 metros Este de la Rotonda de Betania, Montes de Oca.
Tel.: (506) 2202-5300 Fax: (506) 2202-5315 Apartado Postal 616-2010 San José, Costa Rica

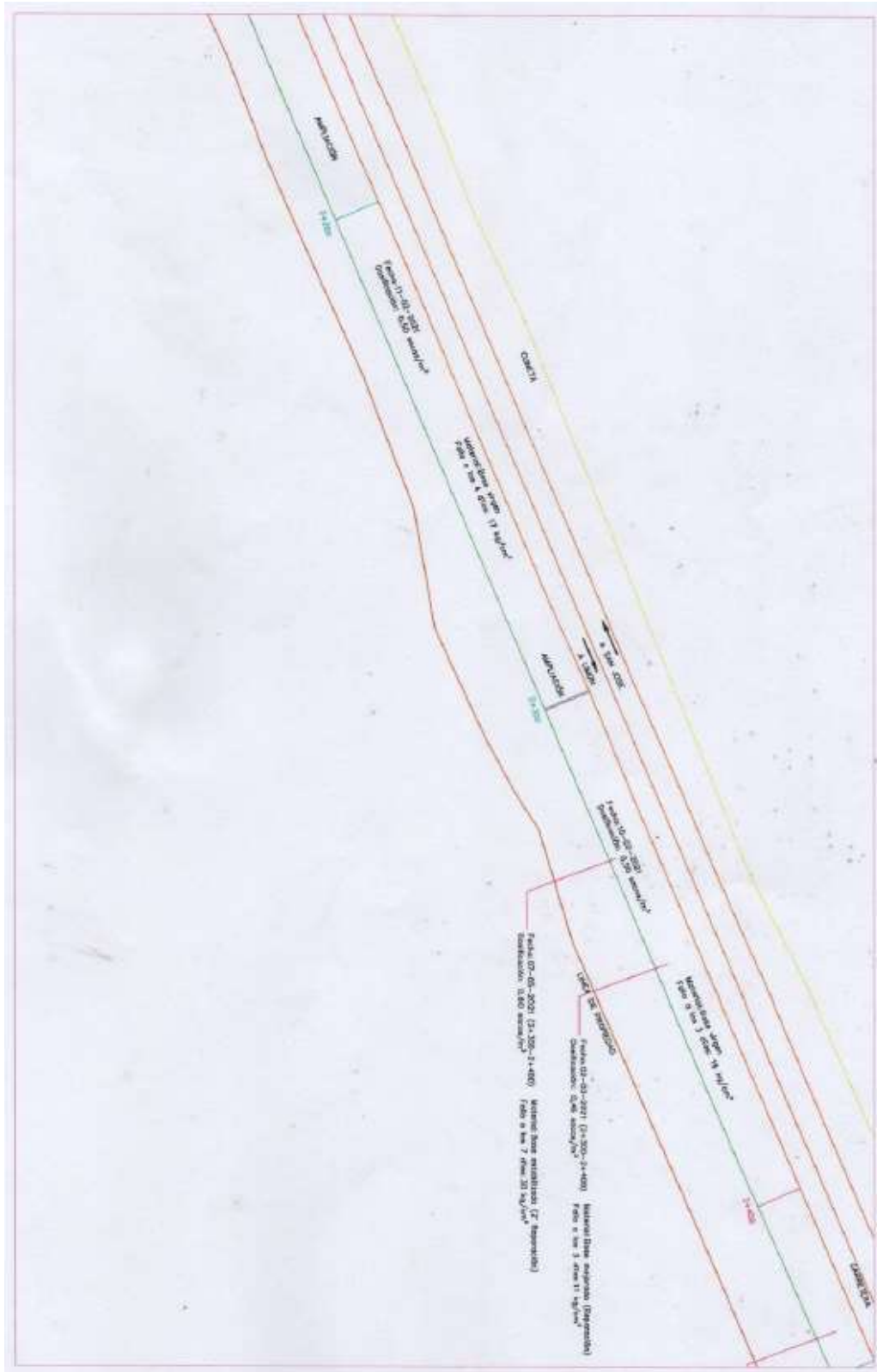
www.conavi.go.cr

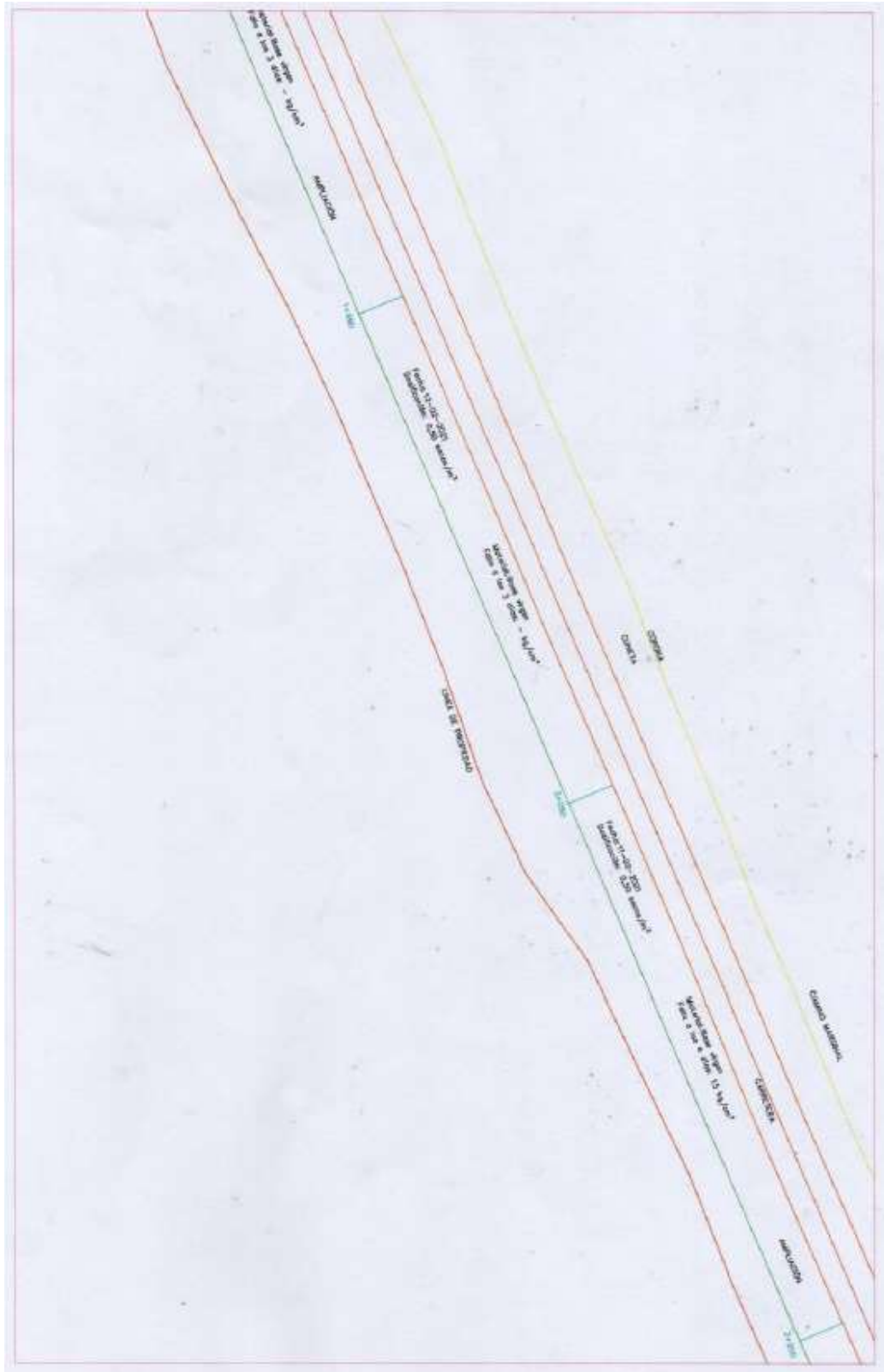


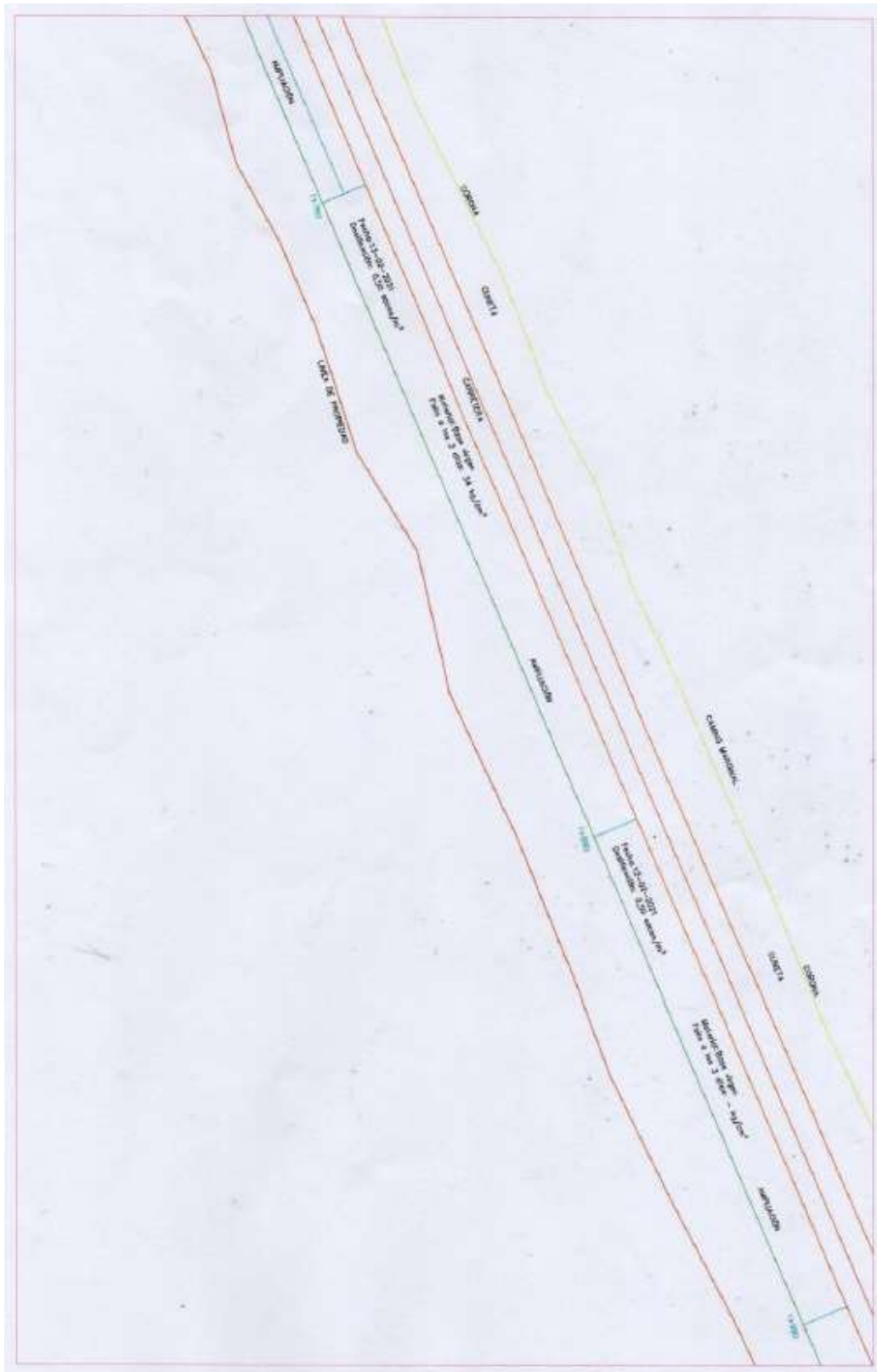


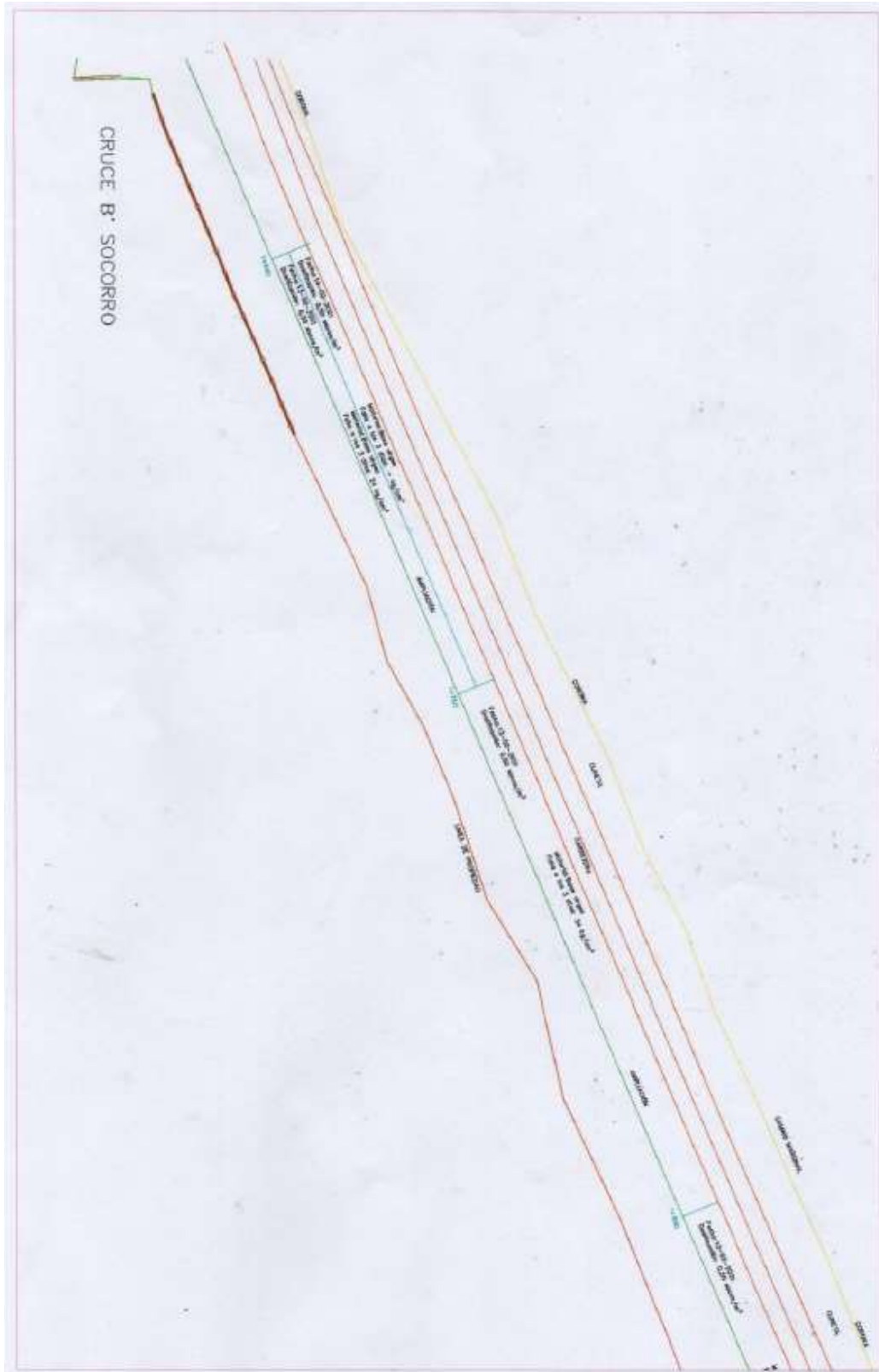














EQUIPO AUDITOR		
Preparado por: Ing. Luis Diego Herra Gómez Auditor Técnico	Preparado por: Ing. Mauricio Salas Chaves Auditor Técnico	Preparado por: Ing. José David Rodríguez Morera Auditor Técnico
Ing. Gustavo Badilla Vargas, PhD. Colaboración como experto técnico	Ing. Ana Monge Sandí, MSc. Colaboración como experta técnica	Aprobado por: Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc. Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica
Visto bueno de legalidad: Licda. Nidia Segura Jiménez Asesora Legal LanammeUCR		Aprobado por: Ing. Alejandro Navas Carro, MSc. Director LanammeUCR