



# Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1497-2024

## INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL 126



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica  
Setiembre, 2024



<b>1. Informe:</b> EIC-Lanamme-INF-1497-2024	<b>2. Versión No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL 126	<b>4. Fecha del Informe</b> 17/09/2024
<b>5. Organización y dirección</b> 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	
<b>6. Palabras clave</b> Ninguna	
<b>7. Resumen</b> El presente informe de inspección de los taludes de la Ruta Nacional 126, es producto de las inspecciones de taludes que realiza el Programa de Ingeniería Geotécnica del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) que se realizan en el marco de las competencias asignadas al LanammeUCR según se indica en el artículo 6 de la ley 8114.  Debido a las condiciones de estabilidad observadas a lo largo de la Ruta Nacional 126, este informe proporciona un inventario actualizado de los sitios que muestran evidencia de inestabilidad y los factores que pueden incidir negativamente en el equilibrio del terreno, lo cual puede ser utilizado como insumo para análisis detallados por parte de la Administración. Se encontraron 20 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, que entre otros rasgos presentan afectación por mal manejo de escorrentía superficial y erosión. Adicionalmente, se lograron inspeccionar y evaluar un total de 9 puntos con mayor especificidad.  Es importante destacar que este informe constituye un insumo y una guía que puede ser tomada en consideración para llevar a cabo análisis adicionales con un mayor grado de detalle, que deben ser realizados por el profesional en geotecnia designado por la Administración responsable de emitir las propuestas e implementar las obras requeridas, si fuese necesario.  Este informe de inspección de taludes tiene validez únicamente en su forma íntegra y original. No se permite la reproducción total ni parcial de este documento sin la autorización del director del LanammeUCR.	
<b>8. Inspección e informe por:</b>  Laura Solano Matamoros Inspectora nivel 2 Programa de Ingeniería Geotécnica	<b>9. Revisado por:</b>  Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesoría Legal LanammeUCR
<b>10. Revisado y aprobado por:</b>  Ana Lorena Monge Sandí, MSc. Coordinadora Programa Ingeniería Geotécnica	



## RESUMEN EJECUTIVO

Este informe tiene como propósito realizar una evaluación preliminar de los taludes a lo largo de la Ruta Nacional 126. Este informe presenta los resultados de la aplicación de la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 y el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, elaborado por el Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR y cuya validación se realiza en campo con criterio profesional experto.

En total fueron identificados 29 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales 9 fueron evaluados con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para inspección de taludes" V02.

No obstante, debido a la limitación encontrada en esta carretera de montaña en cuanto a espacios disponibles para estacionar el vehículo sin obstruir el flujo del tránsito, sin poner en riesgo la vida de los operarios de las inspecciones y de los usuarios de la carretera, se destaca que existen tramos de la ruta en los que no fue posible realizar los levantamientos, como por ejemplo el tramo comprendido entre los estacionamientos 20+491 al 22+980. A partir de esta evaluación fue posible identificar que los tramos de carretera que concentra la mayor densidad de sitios con indicios de inestabilidad se localizan entre los estacionamientos 35+304 al 39+995 y del 41+800 al 42+965.

Así pues, identificados los tramos con mayor cantidad de taludes con evidencias de inestabilidad, es posible realizar en visitas de campo posteriores la aplicación de la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 bajo la metodología descrita en el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02.

De manera general se resalta que la mayoría de los taludes existentes carecen de sistemas adecuados para el control de la escorrentía superficial, por lo que se recomienda implementar medidas integrales de mitigación para detener y evitar la erosión de la cara de los taludes, así como colocar sistemas para el control de la escorrentía superficial para evitar que se magnifiquen los problemas de estabilidad que fueron observados. Además, también se recomienda colocar métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como la colocación de vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.

Es importante enfatizar que, aunque este informe cuenta con un respaldo técnico adecuado, corresponde a los resultados de una inspección visual realizada en un momento específico. Por lo tanto, constituye un insumo inicial para los análisis definitivos y para la toma de decisiones finales o recomendaciones de diseños de obras de ser necesarias. Para ello, se requiere un estudio completo que debe ser realizado por un profesional en geotecnia designado por la Administración para emitir propuestas e implementar obras de estabilidad de taludes, en caso de ser necesarias.

El objetivo final es garantizar la seguridad y eficiencia del tránsito en esta ruta nacional, promoviendo el bienestar de los usuarios y contribuyendo al desarrollo sostenible del país. Se insta a realizar estudios geotécnicos exhaustivos, con la exploración geotécnica requerida, y a considerar todas las variables para tomar decisiones informadas y seguras.



## Contenido

I.	INTRODUCCIÓN .....	5
II.	OBJETIVOS .....	6
II.1	Objetivo general .....	6
II.2	Objetivos específicos .....	6
III.	ALCANCE DEL INFORME .....	7
IV.	DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS.....	8
V.	RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN .....	10
VI.	COMENTARIOS FINALES.....	30
VII.	RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN .....	31
VIII.	REFERENCIAS .....	32



## I. INTRODUCCIÓN

La inspección y evaluación a elementos que son considerados activos viales, como lo son los taludes, se realiza de conformidad con las disposiciones del artículo 6 de la Ley N°8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias y su reforma mediante la Ley N°8603, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Dado lo anterior, el presente documento es un informe de inspección y evaluación de taludes de la Ruta Nacional 126 que se enmarca en las funciones de fiscalizador que la ley citada le confiere al LanammeUCR.

El trabajo realizado consiste en la inspección y evaluación de los taludes o laderas a lo largo de toda la ruta, con especial atención a aquellos que muestran signos de inestabilidad. Este análisis se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido en el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, desarrollado por el PIG del LanammeUCR. Además, se destaca que la validación de los resultados se realizó en campo, contando con la experiencia y el criterio profesional de expertos en el área.

Como parte de la evaluación, además de utilizar el RC-545 "Herramienta del Lanamme para inspección de taludes" V02, se implementó la herramienta simplificada que consiste en un levantamiento rápido para el cual se registra la fecha del levantamiento, coordenadas exactas del sitio, la evidencia de inestabilidad y una fotografía de la condición. La herramienta simplificada surge a raíz de la limitación de algunas zonas de las carreteras de montaña en cuanto a espacios disponibles para estacionar el vehículo sin obstruir el flujo del tránsito, sin poner en riesgo la vida de los operarios de las evaluaciones y de los usuarios de la carretera. Con esta otra herramienta es posible identificar sitios con evidencias de inestabilidad que puedan evolucionar a movimientos de material que eventualmente afecten la carretera al cambiar sus condiciones geométricas o de saturación del medio.

Los resultados de esta evaluación representan un insumo que permitirán tener un conocimiento de los sitios específicos que al momento de la evaluación presentan inestabilidades de algún tipo, así como recomendaciones técnicas generales para el mantenimiento de los taludes o laderas y prevención o mitigación de posibles deslizamientos



## II. OBJETIVOS

### II.1 *Objetivo general*

Inspeccionar y evaluar la condición de taludes y laderas a lo largo de toda la Ruta Nacional 126 y su entorno, para determinar si en su estado actual amerita realizar estudios y análisis adicionales para establecer su condición de estabilidad.

### II.2 *Objetivos específicos*

- Determinar las características generales de los materiales que componen el talud y el estado que muestran al momento de la inspección
- Establecer si existe evidencia de movimiento o falla del talud bajo las condiciones del entorno en que se encuentra
- Verificar si existen obras de drenaje, manejo de aguas o estabilización
- Revisar si la condición del talud puede impactar directamente emplazamientos, vías o servicios cercanos que generen afectación a los usuarios de estos

El presente informe pretende establecer niveles de evaluación y clasificación de la condición de los taludes para la identificación de la necesidad o no de recomendaciones técnicas o intervenciones más profundas a cargo de profesionales en geotecnia asignados por la Administración, a partir de la evaluación visual realizada del talud.



### III. ALCANCE DEL INFORME

El presente informe no está destinado a presentar los resultados de una evaluación rigurosa del riesgo de los taludes evaluados, puesto que este tipo de evaluaciones requieren de la incorporación de conceptos más complejos. No obstante, el presente informe pretende establecer niveles de evaluación y clasificación de la condición de los taludes con base en el criterio experto del Programa de Ingeniería Geotécnica (PIG) del LanammeUCR, para la identificación de la necesidad o no de recomendaciones técnicas o intervenciones más profundas, a partir de la evaluación visual realizada del talud.

En este sentido, la evaluación realizada establece dos áreas generales de estudio, a saber:

- La caracterización del talud: En esta se incluyen las características talud, tales como altura, pendiente, material que lo conforma entre otros, así como condiciones climáticas de la zona.
- Observaciones en la zona del talud: En esta, la evaluación se concentra en verificar si hay evidencia de movimiento y si existe alguna posible afectación en la zona circundante al talud.

Para efectos de los alcances de este informe se han establecido tres niveles (ver Tabla 1), cuya asignación se define según la aplicación de la herramienta y el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, elaborado por el PIG del LanammeUCR y cuya validación se realiza en campo con criterio profesional experto que se presentan a continuación:

**Tabla 1**

*Clasificación de la condición de los taludes con base a criterio experto del PIG LanammeUCR*

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Baja	El nivel de afectación del talud leve y la incidencia sobre las estructuras cercanas no implica análisis adicionales específicos o más profundos del sitio. Las recomendaciones que se brindan son de carácter general.
Media	El nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas requiere de una evaluación específica del sitio, con el fin de determinar si el talud requiere de recomendaciones especiales para el sitio o análisis más profundos, o si bien las recomendaciones generales son suficientes para mejorar la condición del talud.
Alta	El nivel de afectación del talud y la incidencia sobre estructuras cercanas requiere realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Las recomendaciones dependerán del resultado del análisis, si son requeridas.



#### IV. DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS

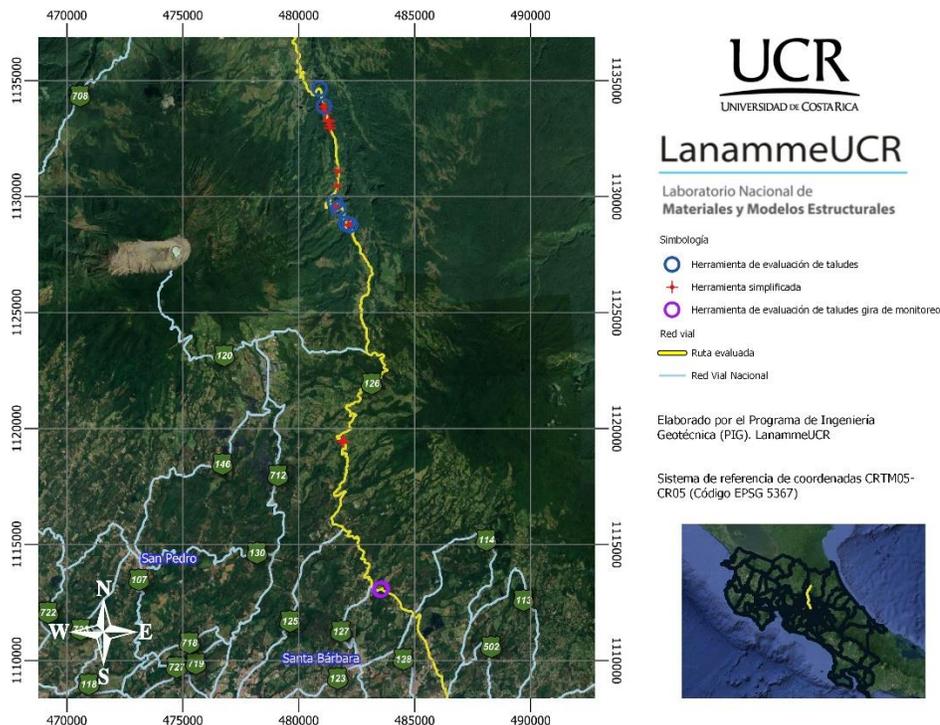
Con la finalidad de evaluar la condición desde el punto de vista geotécnico de los taludes y laderas de la Ruta Nacional 126 y contar con un inventario de los taludes o laderas que presentan indicios de inestabilidad a lo largo del sector de carretera de montaña de la ruta, se realizó el recorrido de la ruta capturando las coordenadas, y evidencia fotográfica de los sitios que bajo el criterio del profesional experto en el área fueron considerados de interés para el monitoreo del comportamiento de los taludes y su afectación en esta.

En total fueron identificados 29 sitios con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales nueve fueron evaluados a detalle aplicando la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02 bajo la metodología descrita en el instructivo IT-IN-05 "Procedimiento para inspección de taludes" V02, y para todos se cuenta con el registro de su ubicación y referencia fotográfica como resultado de la aplicación de la herramienta simplificada de evaluación.

En la Figura 1 se muestran los sitios identificados con algún indicio de inestabilidad. Las cruces rojas muestran los sitios de interés geotécnico levantados con la herramienta simplificada y los círculos azules y violeta con el RC-545, durante la gira de evaluación y de monitoreo respectivamente. El monitoreo se realizó el 15 de julio de 2024. En la Tabla 2 y Tabla 3 se enlistan las ubicaciones de los registros de sitios identificados con condiciones que son consideradas evidencias de inestabilidad registrados con la herramienta simplificada y con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" del PIG respectivamente.

Figura 1

Ubicación de los sitios con evidencia de inestabilidad en la Ruta Nacional 126





**Tabla 2**

*Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada*

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
1	24/10/2023	481941,23	1119430,42	20+555	11	21/11/2023	481361,01	1132939,44	41+905
2	24/10/2023	481889,74	1119454,98	20+611	12	21/11/2023	481356,27	1132967,86	41+934
3	24/10/2023	481874,01	1119485,69	20+645	13	21/11/2023	481327,45	1133070,84	42+041
4	24/10/2023	482215,73	1128818,84	35+369	14	21/11/2023	481309,43	1133221,60	42+192
5	24/10/2023	482116,52	1128763,49	35+783	15	21/11/2023	481310,71	1133261,49	42+233
6	21/11/2023	481593,82	1129552,56	37+377	16	21/11/2023	481297,82	1133287,54	42+263
7	21/11/2023	481593,25	1129553,00	37+378	17	21/11/2023	481163,40	1133589,18	42+610
8	21/11/2023	481600,74	1129576,41	37+401	18	21/11/2023	481116,91	1133708,03	42+737
9	21/11/2023	481654,62	1130462,35	39+339	19	21/11/2023	481083,12	1133839,68	42+873
10	21/11/2023	481681,85	1131083,55	39+978	20	21/11/2023	481073,03	1133896,25	42+930

**Tabla 3**

*Ubicación de los sitios evaluados con la herramienta de evaluación de taludes en carretera del PIG del LanammeUCR*

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est,
		Este	Norte				Este	Norte	
1	15/7/2024	483575,35	1113086,46	9+633	6	21/11/2023	481705,51	1129485,01	37+127
2	15/7/2024	483512,51	1113047,56	9+706	7	21/11/2023	481561,96	1129742,09	37+588
3	21/11/2023	482206,40	1128773,06	35+282	8	21/11/2023	481080,24	1133891,73	42+925
4	21/11/2023	482193,72	1128769,20	35+296	9	21/11/2023	480889,20	1134653,82	43+729
5	21/11/2023	482045,01	1128833,81	36+102					



## V. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

Con la finalidad de evaluar la condición y contar con un inventario de los taludes que presentan indicios de inestabilidad a lo largo de la Ruta Nacional 126, se utilizó la herramienta bajo la metodología descrita en apartados anteriores, para evaluar la condición de taludes.

A continuación, se muestra el resumen de los resultados de la inspección y evaluación de los taludes realizados con ayuda de la herramienta RC-545 “Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes” V02 para la inspección de taludes en carretera, aplicado a los sitios identificados con evidencia de inestabilidad de la Ruta Nacional 126, en los que las condiciones de la carretera permitieran un acercamiento al sitio, suficiente para realizar la inspección visual y mediciones necesarias para la evaluación sin poner en riesgo la integridad de los evaluadores y el equipo de trabajo

De manera general los sitios identificados con alguna evidencia de inestabilidad son taludes que en la mayoría de los casos responden a un patrón de afectación por escorrentía superficial y pendientes escarpadas. Cabe resaltar la deficiencia en el sistema de manejo de agua, principalmente en la corona del talud, y ausencia de elementos de drenaje de agua de infiltración. Esta condición se muestra a manera de ejemplo en la Figura 2. Entre las principales observaciones del sitio se resalta la afectación por erosión en la cara del talud y la acumulación de material caído, presencia de flujo de agua desde la corona del talud, aunado a esto no existen estructuras para el manejo de agua en la corona del talud, ni medidas para controlar la erosión de la cara del talud.

**Figura 2**

*Acumulación de material caído y presencia de flujo de agua en el talud del estacionamiento 20+555*



En la Figura 3 se presentan tres estacionamientos a manera de ejemplo de la afectación por erosión presente en gran parte de la ruta. Además, en todos los casos se señala la ausencia de estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, así como tampoco existen sistemas para el control de la erosión.

### Figura 3

*Afectación por erosión en la cara de los taludes, condición generalizada a lo largo de la ruta*



Est.39+340



Est.41+934



Est.42+233

Dadas las condiciones observadas se considera recomendable realizar una limpieza de la vegetación y del material acumulado al pie del talud. Implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, así como contemplar realizar análisis con mayor detalle del talud del estacionamiento 20+555, incluyendo exploración geotécnica y el uso de algún software especializado. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico de los taludes para efectuar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio, y las condiciones de carga a las que está sometido el talud, así como la incidencia de un posible deslizamiento o movimiento de la masa de suelo a estructuras cercanas. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

En la Tabla 4 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 9+633, el cual alcanza una altura y pendiente aproximadas de 11 m y 65° grados respectivamente. El talud se conforma de material cohesivo de origen residual, con un grado medio de agrietamiento en la cara del talud. Presenta una superficie de falla del tipo traslacional y un alto grado de afectación por erosión y formación de cárcavas. Aunado a esto, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, sistemas de drenaje de agua de infiltración y tampoco sistemas para el control de la erosión superficial. Es posible identificar humedad en toda la cara del talud hasta la corona.



Finalmente cabe resaltar la presencia de estructuras cercanas tales como puentes vehiculares, redes eléctricas, red vial y también la presencia de cultivos.

Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 9+633 una clasificación “media” para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud y la superficie de falla observada, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar la implementación, el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para el talud.



**Tabla 4**

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 9+633

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano	
	Fecha	15/07/2024	
	Ruta	126	
	Latitud	10,066354	
	Longitud	-84,149851	
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm	
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	65°	
	Altura del talud	11 m	
	Material predominante	Suelo	
	Estado del suelo	Suelo residual	
	Naturaleza del suelo	Cohesivo	
	Agrietamiento en la cara del talud	Altamente agrietado	
	Vegetación	Pastos Naturales	
<b>Condición del talud</b>	Uso de suelo	Camino/carretera	
	Falla en el talud	Traslacional	
	Forma del Talud	Cóncava	
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía	
	Afectación por escorrentía	Formación de cárcavas	
	Agua en el talud	En la corona	
<b>Evidencia de movimiento</b>	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo	
	Evidencia de movimiento	Sí	
	Árboles inclinados	No	
	Formación de Coronas	No	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	Sí	
<b>Estructuras cercanas</b>	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño	
	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	No hay	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Colectora mayor	
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m	
	Presencia de red de agua potable	No hay	
	Presencia de puentes vehiculares	3 m - 8 m	
Presencia de pasos peatonales	No hay		
Presencia de cultivos	0 m - 3 m		
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>	



En la Tabla 5 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 9+706, el cual alcanza una altura y pendiente aproximadas de 4 m y 73° grados respectivamente. El talud se conforma de material cohesivo de origen residual, con un grado medio de agrietamiento en la cara del talud. Presenta una superficie de falla del tipo traslacional y un alto grado de afectación por erosión. Aunado a esto, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, sistemas de drenaje de agua de infiltración y tampoco sistemas para el control de la erosión superficial. Es posible identificar humedad en toda la cara del talud hasta la corona, además se observa agrietamiento en el pavimento en los alrededores del talud. Finalmente cabe resaltar la presencia de estructuras cercanas tales como puentes vehiculares, redes eléctricas, red vial y también la presencia de cultivos.

Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 9+706 una clasificación “media” para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. De acuerdo con el criterio experto del PIG, el talud no requiere de una evaluación profunda del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión podrían ser suficientes para mejorar la condición del talud. Se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar la implementación, el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para el talud.



**Tabla 5**

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 9+706

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano	
	Fecha	15/07/2024	
	Ruta	126	
	Latitud	10,066002	
	Longitud	-84,150424	
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm	
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	73°	
	Altura del talud	4 m	
	Material predominante	Suelo	
	Estado del suelo	Suelo residual	
	Naturaleza del suelo	Cohesivo	
	Agrietamiento en la cara del talud	Medianamente agrietado	
	Vegetación	Pastos Naturales	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	No	
	Forma del Talud	Compuesta	
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía	
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial	
	Agua en el talud	En la corona	
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo	
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Sí	
	Árboles inclinados	Sí	
	Formación de Coronas	No	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	Grietas en la carretera	
	Material caído	No	
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	No hay	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Colectora mayor	
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m	
	Presencia de red de agua potable	No hay	
	Presencia de puentes vehiculares	3 m - 8 m	
	Presencia de pasos peatonales	No hay	
Presencia de cultivos	0 m - 3 m		
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>	



En la Tabla 6 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 35+282, el cual alcanza una altura y pendiente aproximadas de 6 m y 90° grados respectivamente. El talud se conforma de roca poco fracturada con discontinuidades sin relleno. Presenta una superficie rectilínea con algún grado de afectación por erosión, además, el talud se encontraba completamente húmedo y con flujo en la corona del talud. Aunado a esto, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, drenajes y tampoco sistemas para el control de la erosión superficial. Finalmente cabe resaltar la presencia de estructuras cercanas tales como redes de agua potable, redes eléctricas, red vial y también la presencia de viviendas o comercios.

Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 35+282 una clasificación “media” para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. De acuerdo con el criterio experto del PIG, el talud no requiere de una evaluación profunda del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión podrían ser suficientes para mejorar la condición del talud. Se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar la implementación, el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para el talud.



**Tabla 6**  
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 35+282

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	24/10/2023
	Ruta	126
	Latitud	10,208182
	Longitud	-84,162413
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	90°
	Altura del talud	6 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Poco fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Discontinuidad sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Bosque secundario
	Uso de suelo	Terreno natural
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	En la corona
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Sí
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	Más de 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	Presencia de redes eléctricas	8 m - 15 m
	Presencia de red de agua potable	8 m - 15 m
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
Presencia de cultivos	No hay	
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>



Condición de la roca





En la Tabla 7 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 35+282, el cual alcanza una altura y pendiente aproximadas de 8,5 m y 85° grados respectivamente. El talud se conforma de roca medianamente fracturada con discontinuidades sin relleno. Presenta una superficie rectilínea con algún grado de afectación por erosión, además, el talud se encontraba completamente húmedo y con flujo en la corona del talud. Aunado a esto, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, drenajes y tampoco sistemas para el control de la erosión superficial. Finalmente cabe resaltar la presencia de estructuras cercanas tales como redes de agua potable, redes eléctricas, red vial y también la presencia de viviendas o comercios.

Dado que el resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 da un nivel de incidencia “bajo” a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Se considera apropiado mantener el talud monitoreado, realizar una limpieza del material acumulado al pie del talud, implementar adecuados sistemas para el manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión, siendo estos suficientes para mejorar la condición del talud.



**Tabla 7**

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 35+296

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	24/10/2023
	Ruta	126
	Latitud	10,208147
	Longitud	-84,162528
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	85°
	Altura del talud	8,5 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Discontinuidad sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	Sin relleno
	Vegetación	Bosque secundario
<b>Condición del talud</b>	Uso de suelo	Terreno natural
	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	Drenaje en mal estado
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	Agua en el talud	A media altura
<b>Evidencia de movimiento</b>	Flujo de agua en el talud	Sin flujo
	Evidencia de movimiento	Sí
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
<b>Estructuras cercanas</b>	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	8 m - 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	Presencia de redes eléctricas	0 m - 3 m
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
Presencia de cultivos	No hay	
<b>Recomendación final</b>		<b>Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud</b>





En la Tabla 8 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 36+102, el cual alcanza una altura y pendiente aproximadas de 8 m y 70° grados respectivamente. El talud se conforma de material compuesto suelo y roca primordialmente suelo, con un grado medio de agrietamiento en la cara del talud. Presenta una superficie de falla de tipo compuesta. Es posible identificar humedad en toda la cara del talud hasta la corona, aunado a esto, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, sistemas de drenaje de agua de infiltración y tampoco sistemas para el control de la erosión superficial. Finalmente cabe resaltar la presencia de estructuras cercanas tales como puentes vehiculares, red vial y viviendas o comercios.

Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene una clasificación “baja” para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Sin embargo, dadas las dimensiones del talud y la superficie de falla observada, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar la implementación, el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para el talud.



**Tabla 8**

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 36+102

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	21/11/2023
	Ruta	126
	Latitud	10,20873
	Longitud	-84,163886
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	70°
	Altura del talud	8 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto roca/suelo (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento en la cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Vegetación autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Compuesto
	Forma del Talud	Convexa
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	No hay flujo
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Sí
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	Sí
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	Más de 15 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	Presencia de redes eléctricas	No hay
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	8 a 15 m
	Presencia de pasos peatonales	No hay
Presencia de cultivos	No hay	
<b>Recomendación final</b>		<b>Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud</b>





En la Tabla 9 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 37+127, el cual alcanza una altura y pendiente aproximadas de 12 m y 45° grados respectivamente. El talud se conforma de material granular de origen residual. Presenta una superficie con bermas y un grado medio de afectación por erosión, además, el talud se encontraba completamente húmedo hasta la corona. Aunado a esto, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, drenajes y tampoco sistemas para el control de la erosión superficial. Finalmente cabe resaltar la presencia de estructuras cercanas tales como redes eléctricas, red vial y también la presencia de viviendas o comercios.

Dado que el resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 da un nivel de incidencia “bajo” a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Se considera apropiado mantener el talud monitoreado, realizar una limpieza del material acumulado al pie del talud, implementar adecuados sistemas para el manejo de escorrentía superficial y la implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.

**Tabla 9**

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 37+127

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano	
	Fecha	21/11/2023	
	Ruta	126	
	Latitud	10,214617	
	Longitud	-84,166988	
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm	
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	45°	
	Altura del talud	12 m	
	Material predominante	Suelo	
	Estado del suelo	Suelo residual	
	Naturaleza del suelo	Ambos	
	Agrietamiento de la cara cara del talud	Sin grietas	
	Vegetación	Pastos Naturales	
<b>Condición del talud</b>	Uso de suelo	Camino/carretera	
	Falla en el talud	No	
	Forma del Talud	Rectilínea	
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido	
	Afectación por escorrentía	Erosión	
	Agua en el talud	En la corona	
<b>Evidencia de movimiento</b>	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo	
	Evidencia de movimiento	No	
	Árboles inclinados	No	
	Formación de Coronas	No	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	No	
	Material caído	No	
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	Más de 15 m	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Colectora mayor	
	Presencia de redes eléctricas	0 m - 3 m	
	Presencia de red de agua potable	No hay	
	Presencia de puentes vehiculares	No hay	
	Presencia de pasos peatonales	No hay	
	Presencia de cultivos	No hay	
<b>Recomendación final</b>		<b>Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud</b>	



En la Tabla 10 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 37+588, el cual alcanza una altura y pendiente aproximadas de 10 m y 65° grados respectivamente. El talud se conforma de material cohesivo de origen residual, sin grietas en la cara del talud. Presenta una superficie de falla compuesta con un patrón de flujo de material y un alto grado de afectación por erosión. Aunado a esto, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, sistemas de drenaje de agua de infiltración y tampoco sistemas para el control de la erosión superficial, únicamente se identifica la estructura de la cuneta, la cual se encontraba obstruida al momento de la evaluación. Es posible identificar humedad en toda la cara del talud hasta la corona. Finalmente cabe resaltar la presencia de estructuras cercanas tales como viviendas o comercios y red vial.

Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 37+588 una clasificación “media” para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud y la superficie de falla observada, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar la implementación, el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para el talud.



**Tabla 10**

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 37+588

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	21/11/2023
	Ruta	126
	Latitud	10,21694
	Longitud	-84,168299
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	65°
	Altura del talud	10 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento en la cara del talud	Sin grietas
	Vegetación	Pastos Naturales
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Compuesto
	Forma del Talud	Convexa
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	Afectación por escorrentía	Erosión
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Sí
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	3 m - 8 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	Presencia de redes eléctricas	No hay
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
	Presencia de cultivos	No hay
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>



Deslizamiento compuesto





En la Tabla 11 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 42+925, el cual alcanza una altura y pendiente aproximadas de 13 m y 65° grados respectivamente. El talud se conforma de material cohesivo de origen residual, con un grado medio de agrietamiento en la cara del talud. Presenta una superficie de falla del tipo rotacional en el medio superior del talud y en el medio inferior del talud un alto grado de afectación por erosión y formación de cárcavas. Aunado a esto, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, sistemas de drenaje de agua de infiltración y tampoco sistemas para el control de la erosión superficial. Es posible identificar humedad en toda la cara del talud hasta la corona. Finalmente cabe resaltar la presencia de estructuras cercanas tales como puentes vehiculares, redes eléctricas, red vial y también la presencia de cultivos.

Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud una clasificación “media” para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud y la superficie de falla observada, se recomienda realizar un análisis con mayor detalle del sitio, incluyendo exploración geotécnica básica y el uso de algún software especializado. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para efectuar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente analizarlos con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Además, se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar la implementación, el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para el talud.

**Tabla 11**  
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 42+925

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	21/11/2023
	Ruta	126
	Latitud	10,254458
	Longitud	-84,172717
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	65°
	Altura del talud	13 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento en la cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Pastos Naturales
	Uso de suelo	Camino/carretera
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	Deslizamiento rotacional
	Forma del Talud	Compuesta
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Formación de cárcavas
	Agua en el talud	En la corona
	Flujo de agua en el talud	A media altura
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	Sí
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	Sí
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	No
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Colectora mayor
	Presencia de redes eléctricas	0 m - 3 m
	Presencia de red de agua potable	No hay
	Presencia de puentes vehiculares	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
Presencia de cultivos	No hay	
<b>Recomendación final</b>		<b>Media - Evaluación específica del sitio</b>





En la Tabla 12 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 43+729, el cual alcanza una altura y pendiente aproximadas de 7 m y 55° grados respectivamente. El talud se conforma de material cohesivo de origen residual. Presenta una superficie rectilínea, además, el talud se encontraba completamente húmedo hasta la corona. Aunado a esto, no cuenta con estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial, drenajes y tampoco sistemas para el control de la erosión superficial. Finalmente cabe resaltar la presencia de estructuras cercanas tales como redes eléctricas, red vial y también la presencia de viviendas o comercios.

Dado que el resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 da un nivel de incidencia “bajo” a las estructuras cercanas, este sitio no requiere de análisis más profundos. Se considera apropiado mantener el talud monitoreado, realizar una limpieza del material acumulado al pie del talud, implementar adecuados sistemas para el manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.



**Tabla 12**

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 43+729

<b>Datos Generales</b>	Profesional a cargo	Laura Solano	
	Fecha	21/11/2023	
	Ruta	126	
	Latitud	10,261347	
	Longitud	-84,174464	
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm	
<b>Caracterización del talud</b>	Pendiente	55°	
	Altura del talud	7 m	
	Material predominante	Suelo	
	Estado del suelo	Suelo residual	
	Naturaleza del suelo	Cohesivo	
	Agrietamiento en la cara del talud	Sin grietas	
	Vegetación	Pastos Naturales	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
<b>Condición del talud</b>	Falla en el talud	No	
	Forma del Talud	Rectilínea	
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido	
	Afectación por escorrentía	Ninguna	
	Agua en el talud	Seco	
	Flujo de agua en el talud	Sin flujo	
<b>Evidencia de movimiento</b>	Evidencia de movimiento	No	
	Árboles inclinados	No	
	Formación de Coronas	No	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	No	
	Material caído	No	
<b>Estructuras cercanas</b>	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	Mas de 15 m	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Colectora mayor	
	Presencia de redes eléctricas	3 m - 8 m	
	Presencia de red de agua potable	No hay	
	Presencia de puentes vehiculares	No hay	
	Presencia de pasos peatonales	No hay	
Presencia de cultivos	No hay		
<b>Recomendación final</b>		<b>Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud</b>	



## VI. COMENTARIOS FINALES

Después de realizar la visita de campo a la Ruta Nacional 126, de manera general se resalta que la mayoría de los taludes existentes carecen de sistemas adecuados para el control de la escorrentía superficial, por lo que se recomienda implementar medidas integrales de mitigación para detener y evitar la erosión de la cara de los taludes, así como, colocar sistemas para el control de la escorrentía superficial y evitar que se magnifiquen los problemas de estabilidad que fueron observados.

Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales incluyendo ensayos in situ y de laboratorio, que constituye una exploración geotécnica más a detalle que permita establecer un modelo geotécnico específico y representativo de los sitios que no pudieron ser evaluados con la herramienta RC-545, pero que, con el registro mostrado en apartados anteriores, queda en evidencia que ante una posible inestabilidad el nivel de afectación a las estructuras cercanas puede ser considerable. Posterior a esto, realizar los respectivos análisis de estabilidad en condición tanto estática como pseudo-estática, así como evaluar diferentes condiciones de saturación de los materiales, dada la influencia observada en los análisis del presente informe, así como también evaluar diferentes propuestas de estabilización de los taludes y su respectiva optimización, en caso de ser necesarias. La omisión de estos aspectos podría significar riesgos económicos a la Administración y a los usuarios de la ruta.

Adicionalmente, para los casos mencionados en apartados anteriores, en los que se requiere un análisis más específico, por ejemplo, sitios en los que el talud presenta una superficie de falla claramente definida, y presentan evidencias de inestabilidad, resulta apropiado identificar la superficie de falla crítica tras modelar en tres dimensiones la geometría actual del sitio, y analizar esta superficie en dos dimensiones, modificando las condiciones de análisis, es decir, estática, pseudoestática, seca y saturada. Este enfoque permite simular el comportamiento de la misma superficie de falla bajo diferentes condiciones y, de esta manera, obtener resultados más representativos. Estos resultados proporcionarán la base para ofrecer recomendaciones específicas por parte de un ingeniero especializado en geotecnia que esté a cargo del proyecto designado por la Administración.

Finalmente se considera valioso complementar los análisis de estabilidad con análisis de esfuerzo-deformación contemplando las cargas impuestas por una estructura ubicada en la corona del talud. Estos análisis se realizan usando el Método de Elementos Finitos (MEF), con la finalidad de incluir un análisis de deformaciones en los taludes y sectores próximos a éstos, y establecer posibles afectaciones que puede sufrir la vía debido a las deformaciones por la redistribución de los esfuerzos in situ y verificar el estado límite de servicio de los taludes, pavimento y cualquier otra obra de infraestructura cercana.



## VII. RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN

Dado el alcance de las inspecciones y evaluaciones realizadas en los sitios visitados, en este informe no es posible emitir recomendaciones y diseños detallados de alguna obra de retención. Así pues, corresponde a la Administración la designación de un profesional en geotécnica para la elaboración de un estudio completo y la emisión de las propuestas de las obras de estabilidad o retención de talud, en caso de ser necesarias.

De manera general se sugiere llevar a cabo estudios adicionales incluyendo ensayos in situ y de laboratorio, que constituya una exploración geotécnica más a detalle. Con ello sería posible establecer modelos geotécnicos específicos y representativos de cada uno de los taludes analizados y, posterior a esto, realizar los respectivos análisis de estabilidad.

De la visita de campo realizada, fue posible observar que los taludes analizados carecen de sistemas de drenaje superficial y control de la escorrentía superficial. Por lo cual se recomienda construir sistemas de drenajes en el propio talud, así como llevar a cabo el diseño y construcción del sistema de drenajes específicos para los problemas observados en cada uno de los taludes evaluados, estos sistemas deben incluir contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial. El diseño de estas obras deberá estar a cargo y bajo la supervisión del ingeniero en geotecnia encargado del proyecto, designado por la Administración.

Se considera recomendable la colocación de métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como: vegetación, geomantas, biomantas, entre otros. Estos métodos deben contar con un diseño específico para el sitio evaluado y el diseño y selección del método deberá estar a cargo y bajo la supervisión del ingeniero en geotecnia encargado del proyecto, que indique la forma adecuada de colocar estas alternativas, con el fin de optimizar la solución y no generar problemas mayores a posteriori.

Dada la dificultad para acceder a ciertos taludes y hacer una evaluación apropiada del sitio específico, así como para conocer su topografía específica, se recomienda realizar el levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED) como medida alternativa para generar dicha topografía, y posteriormente realizar análisis con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.



## VIII. REFERENCIAS

- LanammeUCR (2023). **RC-545 Herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes” V02, en Survey123**. LanammeUCR. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.
- Programa de Ingeniería Geotécnica (2023). **IT-IN-05 “Procedimiento para inspección de taludes” V02**. LanammeUCR. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.