



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0683-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 206



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Mayo, 2024



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-0683-2024	2. Versión No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 206	4. Fecha del Informe 13/05/2024
5. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440	
6. Palabras clave Ninguna	
7. Resumen <i>El presente informe de inspección de los taludes de la ruta nacional 206, 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.</i> <i>Debido a las condiciones de estabilidad observadas a lo largo de la ruta nacional 206, este informe presenta un análisis de estabilidad de los taludes de carácter preliminar que puede ser utilizado como insumo para análisis detallados por parte de la Administración. Proporciona un inventario actualizado de los sitios que muestran evidencia de inestabilidad y los factores que pueden incidir negativamente en el equilibrio del terreno.</i> <i>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 responsable de emitir las propuestas e implementar las obras requeridas, si fuese necesario.</i> <i>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.</i>	
8. Inspección e informe por: Ing. Laura Solano Matamoros Inspectora nivel 2 Programa de Ingeniería Geotécnica	9. Revisado por: Lic. Giovanni Sancho Sanz Asesoría Legal LanammeUCR
10. Revisado y aprobado por: Ing. 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 206. 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.

El trabajo llevado a cabo se centró en la inspección exhaustiva de los taludes a lo largo de la Ruta Nacional 206, identificando cualquier indicio de inestabilidad. La inspección estuvo a cargo de un profesional experto de PIG. Dependiendo de la posible incidencia de la evidencia de inestabilidad identificada, se realizó la evaluación del talud considerando su estabilidad actual, caracterización y las condiciones del entorno. En algunos casos, se registró únicamente la ubicación y una descripción general de la evidencia de inestabilidad observada, con el propósito de mantener un registro detallado y monitorear los sitios inestables desde una perspectiva geotécnica.

Para el talud del estacionamiento 5+077 la evaluación con la herramienta RC-545 desplegó una clasificación media, entre las características generales cabe resaltar que se conforma de suelo residual en condición medianamente agrietado y que carece de sistemas para el manejo de la escorrentía superficial, lo que conlleva a afectaciones en la cara del talud como erosión.

En el estacionamiento 5+698 se ubica un talud de 20 m de altura, conformado por material compuesto suelo roca, pero mayormente suelo. La clasificación al aplicar la herramienta RC-545 es baja. En general, el talud presenta evidente afectación producto de escorrentía superficial tales como cárcavas y caídos de material, sin embargo, no existen estructuras con una cercanía suficiente para que ante una posible inestabilidad la afectación sea directa.

El talud ubicado en el estacionamiento 6+421 es de 5,5 m de altura, conformado por compuesto suelo roca, pero primordialmente roca. La clasificación del talud al aplicar la herramienta RC-545 es media. De manera general el talud a pesar de no ser de gran altura presenta afectación en la cara del talud como erosión, formación de cárcavas y caídas de bloques.

En el estacionamiento 8+046 se ubica un talud de suelo residual de 9,8 m de altura con una clasificación baja de acuerdo con la evaluación realizada al aplicar la herramienta RC-545. Al igual que para los taludes en los estacionamientos mencionados anteriormente, este talud carece de suficientes sistemas de manejo de escorrentía superficial, lo que ocasiona afectaciones en la cara del talud como erosión.

Finalmente, en el estacionamiento 8+819, se ubica un talud de 25 m roca fracturada, el cual se encuentra a una distancia mayor a 15 m de las estructuras que pueden verse afectadas ante una posible inestabilidad de bloques que conforman el talud. Al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 se clasifica el talud con una posible afectación baja.

Los resultados de esta evaluación ofrecen información valiosa para identificar las condiciones de sitios específicos durante el período de la evaluación. Además, se proporcionan recomendaciones generales para el mantenimiento de los taludes y la prevención o mitigación de posibles deslizamientos.

Es importante enfatizar que, aunque este informe cuenta con un respaldo técnico adecuado, corresponde a los resultados de una evaluación visual realizada en un momento específico.



EIC-Lanamme-INF-0683-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 4 de 24
---------------------------	---	----------------

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 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 y a considerar todas las variables para tomar decisiones informadas y seguras.



Contenido

I.	INTRODUCCIÓN	6
II.	OBJETIVOS	7
II.1	Objetivo general	7
II.2	Objetivos específicos	7
III.	ALCANCE DEL INFORME	8
IV.	DESCRIPCIÓN DE LOS TALUDES INSPECCIONADOS.....	9
V.	RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN	11
VI.	Comentarios finales.....	22
VII.	Recomendaciones derivadas de la inspección	23
VIII.	REFERENCIAS	24



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 206 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", versión 01, 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, se implementó la simplificación de la herramienta RC-545 "herramienta del Lanamme para la inspección de taludes", 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 los taludes o laderas a lo largo de toda la ruta nacional N°206 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 los taludes o laderas y el estado que muestran al momento de la inspección
- Establecer si existe evidencia de movimiento o falla en los taludes o laderas bajo las condiciones del entorno en que se encuentran
- Verificar si existen obras de drenaje, manejo de aguas o estabilización
- Revisar si la condición de los taludes o laderas puede impactar directamente emplazamientos, vías o servicios cercanos que generen afectación a los usuarios.

El presente informe pretende establecer niveles de evaluación y clasificación de la condición de los taludes o laderas para la identificación de la necesidad o no de recomendaciones técnicas o intervenciones más profundas a cargo de profesionales en geotecnia responsables de diseños, 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 establece según la aplicación de la herramienta RC-545 “Herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes” V02 y el instructivo IT-IN-05 Procedimiento para inspección de taludes. Versión 01, elaborado por el PIG del LanammeUCR y cuya validación se realiza en campo con criterio profesional experto y que se presentan a continuación:

Tabla 1

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

Clasificación	Descripción
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 206 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 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 la ruta.

En total fueron identificados 43 sitios con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales 5 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. 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 206

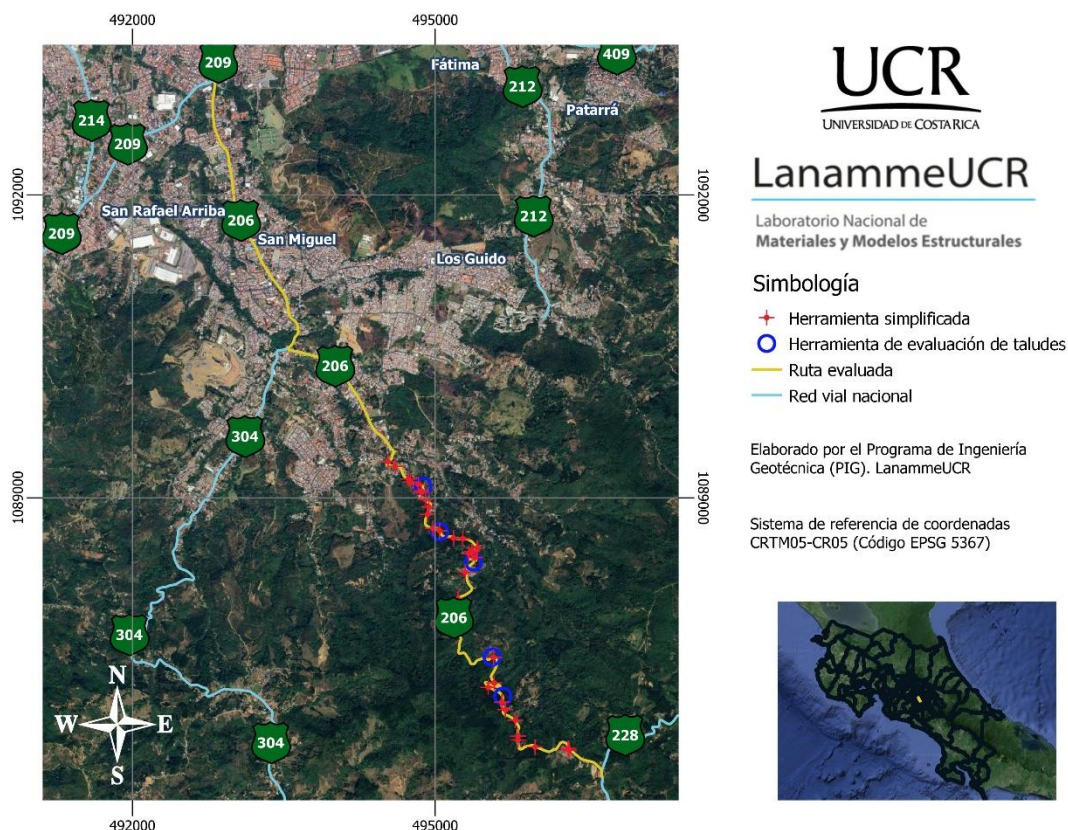




Tabla 2

Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
1	25/1/2024	494531,76	1089359,35	4+583	20	25/1/2024	495395,61	1088408,50	6+361
2	25/1/2024	494602,79	1089312,28	4+703	21	25/1/2024	495298,49	1088263,33	6+552
3	25/1/2024	494735,52	1089186,95	4+909	22	25/1/2024	495226,63	1087998,77	6+910
4	25/1/2024	494756,87	1089156,65	4+947	23	25/1/2024	495222,33	1087991,00	6+918
5	25/1/2024	494833,53	1089133,87	5+032	24	25/1/2024	495179,55	1087844,13	7+213
6	25/1/2024	494845,52	1089129,05	5+044	25	25/1/2024	495183,51	1087829,86	7+232
7	25/1/2024	494861,42	1089067,92	5+128	26	25/1/2024	495579,63	1087419,47	8+062
8	25/1/2024	494861,44	1089051,54	5+144	27	25/1/2024	495585,12	1087167,16	8+355
9	25/1/2024	494902,84	1088983,96	5+239	28	25/1/2024	495585,52	1087165,77	8+356
10	25/1/2024	494937,25	1088908,90	5+344	29	25/1/2024	495525,57	1087122,81	8+650
11	25/1/2024	494923,24	1088836,04	5+419	30	25/1/2024	495665,38	1086976,61	8+878
12	25/1/2024	494978,29	1088698,39	5+610	31	25/1/2024	495660,07	1086975,84	8+880
13	25/1/2024	495044,08	1088674,44	5+689	32	25/1/2024	495695,80	1086902,77	8+974
14	25/1/2024	495182,62	1088601,07	5+864	33	25/1/2024	495794,61	1086797,60	9+160
15	25/1/2024	495274,64	1088595,20	5+956	34	25/1/2024	495820,66	1086639,95	9+329
16	25/1/2024	495416,58	1088502,64	6+135	35	25/1/2024	495821,56	1086601,19	9+368
17	25/1/2024	495417,84	1088504,48	6+134	36	25/1/2024	495990,49	1086531,34	9+633
18	25/1/2024	495365,79	1088468,21	6+209	37	25/1/2024	496319,68	1086517,51	10+047
19	25/1/2024	495333,49	1088447,52	6+248	38	25/1/2024	496329,34	1086500,48	10+065

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	25/1/2024	494878,67	1089116,24	5+077	4	25/1/2024	495564,83	1087421,38	8+046
2	25/1/2024	495045,54	1088664,99	5+698	5	25/1/2024	495669,43	1087036,05	8+819
3	25/1/2024	495379,81	1088363,79	6+421					



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 206, 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”, aplicado a los sitios identificados con evidencia de inestabilidad de la ruta nacional 206, 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 se conforman principalmente de una matriz de suelo con bloques de roca. Son taludes de mediana altura, entre los 8 m y 15 m, y 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 en los taludes.

En la Figura 2 y Figura 3 se señala la evidencia de inestabilidad identificada en dos estacionamientos diferentes a lo largo de la ruta nacional 206, los cuales corresponden a un deslizamiento en la corona del talud ubicado en la margen inferior de la vía, ocasionando estrechamiento de esta, Como se observa en las fotografías, no es posible identificar estructuras para el manejo de agua.

Figura 2

Deslizamiento en la corona del talud de la margen inferior de la vía, estacionamiento 5+689



Figura 3

Deslizamiento en la corona del talud de la margen inferior de la vía, estacionamiento 9+160



Dada la ubicación de los taludes de los estacionamientos 5+689 y 9+160, no fue posible acceder a ellos para realizar la evaluación con la herramienta RC-545 “Herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes”, por lo que se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la pendiente actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para realizar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar un levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente realizar análisis con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Por otro lado, se evaluaron en total 5 sitios con la herramienta RC-545 para la inspección de taludes en carretera, algunos conformados por material rocoso y otros por material tipo suelo, en general carecen de adecuados sistemas para el manejo de agua de escorrentía superficial, y obtuvieron una clasificación de la condición del talud baja y media, pero en ninguno de los casos se clasificó como alta.

Como se mencionó anteriormente, el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas para la clasificación baja únicamente requiere de recomendaciones generales, mientras que para la clasificación media requiere de una evaluación específica del sitio, con el fin de determinar si el talud requiere de recomendaciones especiales, análisis más profundos, o bien si las recomendaciones generales son suficientes para mejorar la condición del talud. Los comentarios específicos de cada sitio evaluado se mencionan a continuación:

En la Tabla 4 se presenta el resultado de la evaluación de un talud en la estación 5+077, de media altura, 9 m, que presenta evidencia de inestabilidad y aunado a esto, presenta deficiencia en el sistema de manejo de agua de escorrentía superficial, lo que ha generado importante afectación en la cara del talud y se identifican formación de cárcavas y erosión.



Tabla 4

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 5+077

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	25/1/2024
	Ruta	206
	Latitud	9,84964787
	Longitud	-84,0466938
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	70°
	Altura del talud	9 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento cara del talud	Altamente agrietado
	Vegetación	Bosque secundario
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Compuesto
	Forma del Talud	Compuesta
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	Agua en el talud	Seco
Evidencia de movimiento	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	Si
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
	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	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
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio





Únicamente fue posible identificar la estructura de cuneta al pie del talud. Se considera recomendable implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial adicional a la cuneta al pie del talud. Así como considerar el diseño y construcción del sistema de drenajes específico para el talud y sistemas para el control de la erosión.

Adicionalmente, se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la pendiente actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para realizar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar un levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente realizar análisis con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

En la Tabla 5 se presenta el resultado de la evaluación de un talud alto (mayor o igual que 20 m) en el estacionamiento 5+698, conformado por material compuesto primordialmente suelo, que presenta evidencia de inestabilidad y aunado a esto, presenta deficiencia en el sistema de manejo de agua de escorrentía superficial, ocasionando afectaciones en la cara del talud como formación de cárcavas.

Dado que en el momento de la visita el talud presenta el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas baja, no requiere de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.



Tabla 5

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 5+698

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	25/1/2024
	Ruta	206
	Latitud	9,84556837
	Longitud	-84,04517212
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	55°
	Altura del talud	20 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Ambos
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Bosque secundario
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	Drenaje obstruido
	Afectación por escorrentía	Ninguna
	Agua en el talud	Seco
Evidencia de movimiento	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	No
	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	No hay
	Presencia de pasos peatonales	No hay
Recomendación final	Presencia de cultivos	No hay
	Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud	





En la tabla 6, se identifica un talud de baja altura en el estacionamiento 6+421, confirmado principalmente por roca, pero que presenta una matriz de suelo en menor proporción. Muestra indicios de evidencia de inestabilidad, su forma es compuesta producto de pérdidas de material por pequeños deslizamientos del tipo traslacional y caída de material, sin embargo, no hay evidencia de material caído en la zona.

Al igual que como se mencionó anteriormente, presenta deficiencia en el sistema de manejo de aguas de escorrentía superficial, lo que ocasiona afectaciones en la cara del talud como erosión. La superficie afectada se encuentra en la margen de la carretera en pendiente y abarca la zona de curva y se extiende aproximadamente 10 m en ambos sentidos a partir del vértice de la curva.

Se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la pendiente actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar un levantamiento topográfico del talud para realizar 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 realizar análisis 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 una mejora en el sistema de drenajes existente, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud.



Tabla 6

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 6+421

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	25/1/2024
	Ruta	206
	Latitud	9,84284528
	Longitud	-84,04212436
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	67°
	Altura del talud	5,5 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Compuesto (primordialmente roca)
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Altamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
	Vegetación	Bosque secundario
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	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	Seco
Evidencia de movimiento	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	No
	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	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
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio





En la Tabla 7 se presenta el resultado de la evaluación de un talud de media altura en el estacionamiento 8+046.

Tabla 7

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 8+046

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	25/1/2024
	Ruta	206
	Latitud	9,83432441
	Longitud	-84,04043552
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	45°
	Altura del talud	9,8 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Bosque secundario
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Deslizamiento traslacional
	Forma del Talud	Rectilínea
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	Seco
Evidencia de movimiento	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	Si
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	200 a 500 - 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	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
Recomendación final		Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud



Zona de deslizamiento



Deficiencia en el sistema de manejo de aguas de escorrentía



Este talud está conformado por material cohesivo y friccionante que presenta evidencia de inestabilidad y aunado a esto, presenta deficiencia en el sistema de manejo de agua de escorrentía superficial. Se observa en el talud una zona que presenta evidencias asociadas a deslizamiento de una pequeña porción de material, con un patrón del tipo traslacional.

Dado que en el momento de la visita el talud presenta el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas baja, no requiere de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.

En la Tabla 8 se presenta el resultado de la evaluación de un talud alto en el estacionamiento 8+819 y con pendiente escarpada, conformado por material rocoso altamente fracturado, que presenta evidencia de inestabilidad y aunado a esto, presenta deficiencia en el sistema de manejo de agua de escorrentía superficial, lo que ha ocasionado formación de cárcavas en la cara del talud y afectación por erosión.

Al igual que el talud anterior, dado que en el momento de la visita el talud presenta el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas baja, no requiere de una evaluación específica del sitio, y las recomendaciones generales como manejo de escorrentía superficial e implementación de técnicas para el control de la erosión son suficientes para mejorar la condición del talud.



Tabla 8

Resultado de evaluación del talud rocoso ubicado en el estacionamiento 8+819

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	25/1/2024
	Ruta	206
	Latitud	9,83084001
	Longitud	-84,03948185
	Precipitación	Menos de 2000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	65°
	Altura del talud	25 m
	Material predominante	Roca
	Estado de la roca	Roca fracturada
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Altamente fracturado
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno
	Espesor del relleno de discontinuidades	-
Condición del talud	Vegetación	Bosque secundario
	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Cuña
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	Seco
Evidencia de movimiento	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo
	Evidencia de movimiento	Si
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
Estructuras cercanas	Material caído	No
	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 menor
	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
Recomendación final		Baja - Recomendaciones generales según la condición del talud





En resumen, como resultado de la aplicación de la herramienta RC-545 “Herramienta del LanammeUCR para la inspección de taludes” V02 y el instructivo IT-IN-05 “Procedimiento para inspección de taludes” V02, se ha establecido que un total de 2 sitios arrojaron una condición de susceptibilidad media ante posibles deslizamientos, y por lo tanto se recomienda que profesionales especializados en geotecnia designados por la Administración, evalúen la conveniencia de determinar la necesidad de realizar análisis más específicos en estos sitios y con ello emitir recomendaciones. Por su parte, 3 de los taludes presenta condiciones que lo califican con susceptibilidad alta ante posibles deslizamientos y que obligatoriamente debe ser analizado por profesionales especialistas en el área de geotecnia designados por la Administración.

En el caso de los taludes en los cuales se obtuvo una condición media y alta se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad, considerando la pendiente actual en condiciones de saturación y sismo. Para esto es recomendable realizar levantamientos topográficos del talud para realizar el análisis en softwares especializados aplicando la geometría representativa del sitio. Una posibilidad para contar con la topografía del sitio es realizar un levantamiento con Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) para la generación de Modelos de Elevación Digital (MED), y posteriormente realizar análisis con softwares especializados en geotecnia que permitan determinar las superficies de falla con mayor precisión.

Por la condición observada en campo, para todos los taludes evaluados 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 una mejora en el sistema de drenajes existente, y el diseño y construcción de un sistema de drenajes específico adecuado para el talud.



VI. COMENTARIOS FINALES

Después de realizar la visita de campo a la ruta nacional 206, 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 cada uno de los sitios con clasificación media en el resultado de la evaluación. 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. La omisión de estos aspectos podría significar riesgos económicos a la administración y a los usuarios de la ruta.

Adicionalmente, para los casos en los que se requiere un análisis más específico, resulta apropiado identificar la superficie de falla crítica en la modelación tridimensional 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.

Finalmente se considera importante complementar los análisis de estabilidad con análisis de esfuerzo-deformación en las zonas próximas a la superficie de ruído 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.

Sin embargo, 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.