

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1267-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL 34



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Setiembre, 2024

1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1267-2024	2. Versión No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL 34	4. Fecha del Informe 09/09/2024
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 34, 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 34, 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. En total fueron identificados 63 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, fue posible notar que estos se encuentran distribuidos a lo largo de toda la ruta, donde el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos con evidencias de inestabilidad se ubica entre los estacionamientos 150+000 al 180+000 (32 puntos), tramo localizado entre San Martín y Coronado.</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) por parte de un profesional en geotecnia responsable designado por la Administración para 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. Gustavo A. Badilla Vargas, D.Sc. Inspector 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 34. 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.

En total fueron identificados 63 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad. 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, ni de los usuarios de la carretera, solo fue posible aplicar en dos taludes 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. Los taludes evaluados se localizaron en los estacionamientos 26+529 (Latitud 9,68781099, Longitud -84,64719194) y 174+005 (Latitud 9,07849694, Longitud -83,65983093) de la Ruta Nacional 34. Con base en esta evaluación se determinó que la condición de ambos taludes puede clasificarse como "media" y se sugiere realizar una evaluación específica del sitio, considerando la topografía actual y considerando escenarios con saturación del terreno y sismo.

En el caso de los otros sitios, fue posible identificar la fecha del levantamiento, coordenadas exactas del sitio y una fotografía de la condición con la implementación y uso de una herramienta simplificada. A partir de esta evaluación fue posible notar que los sitios de interés geotécnico se encuentran distribuidos a lo largo de toda la carretera, donde el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos con evidencias de inestabilidad se ubica entre los estacionamientos 150+000 al 180+000 (32 puntos), tramo localizado entre San Martín y Coronado. De esta manera, en el tramo con mayor cantidad de taludes con evidencias de inestabilidad, es posible realizar, en visitas de campo posteriores, la aplicación de la herramienta RC-545. Por otro lado, debido a lo observado en la visita de campo realizada, se sugiere realizar evaluaciones específicas para los taludes localizados en los estacionamientos 18+264, 27+469 y 170+867 ya que las limitaciones encontradas en cuanto a espacio disponibles para estacionar el vehículo no permitieron realizar la evaluación con la herramienta RC-545 y el instructivo IT-IN-05.

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. Además, se recomienda utilizar 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 la Administración 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 16
- VII. RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN 17
- VIII. REFERENCIAS 18

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 34 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.

Específicamente, en el talud evaluado en el estacionamiento 26+529 se determinó que el material presente es un material compuesto primordialmente de roca altamente fracturada sin la presencia de material de relleno en las discontinuidades. Por su parte, en el talud ubicado en el estacionamiento 174+005 se tiene un material compuesto primordialmente por suelo friccionante. En la evaluación fue posible observar que la falta de manejo de escorrentía superficial ha favorecido la presencia de erosión superficial en la cara de ambos taludes. Además, en el momento de la inspección, ambos taludes se encontraban secos, no obstante, es probable que esta condición varíe en la época lluviosa. Con base en la evaluación realizada, se determinó que la condición de los taludes puede clasificarse como "media" y se sugiere realizar una evaluación específica del sitio, considerando la topografía actual y considerando escenarios con saturación del terreno y sismo.

Adicionalmente, como parte de la evaluación, se implementó el uso de una herramienta simplificada que consiste en un levantamiento rápido para el cual se almacena únicamente la fecha del levantamiento, coordenadas exactas del sitio 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 inspecciones 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. En total fueron identificados 63 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, fue posible notar que estos se encuentran distribuidos a lo largo de toda la ruta, donde el tramo que concentra una cantidad mayor se ubica entre los estacionamientos 150+000 al 180+000 (32 puntos), tramo localizado entre San Martín y Coronado.

Los resultados de esta evaluación representan un insumo que permitirá 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 34 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 determina 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" V02, 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 en el 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 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 Nacional 34, 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 geotécnico para el monitoreo del comportamiento de los taludes y su afectación en la ruta.

En total fueron identificados 63 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales solamente dos puntos 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 los otros puntos se cuenta con el registro de su ubicación y referencia fotográfica como resultado de la aplicación de una herramienta simplificada de evaluación.

En la Tabla 2 se enlistan las ubicaciones de los registros de los sitios identificados con condiciones consideradas como evidencias de inestabilidad utilizando la herramienta simplificada. Por su parte, los taludes ubicados en los estacionamientos 26+529 (Latitud 9,68781099, Longitud -84,64719194) y en el estacionamiento 174+005 (Latitud 9,07849694, Longitud -83,65983093) fueron evaluados con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02.

Tabla 2. Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

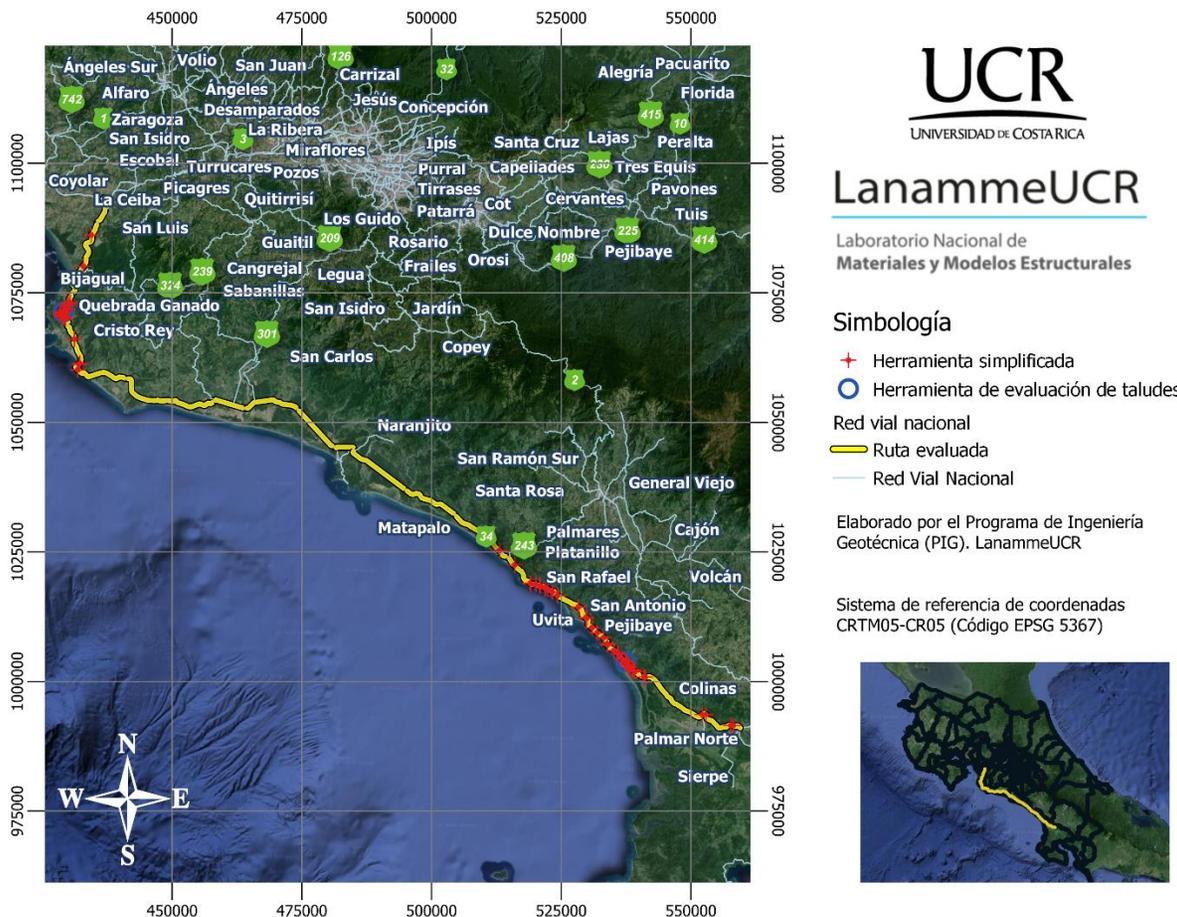
#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)			#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		
		Este	Norte	Est.			Este	Norte	Est.
1	22/01/2024	434409,01	1086139,40	8+044	33	05/03/2024	528297,38	1014348,43	159+225
2	22/01/2024	432915,43	1080091,47	15+262	34	05/03/2024	528297,38	1014348,43	159+225
3	22/01/2024	430914,03	1078204,18	18+265	35	05/03/2024	529749,51	1012341,22	161+939
4	22/01/2024	430814,31	1077682,88	18+814	36	05/03/2024	529902,06	1012206,33	162+143
5	22/01/2024	430360,03	1073128,58	24+018	37	05/03/2024	530950,94	1010387,92	164+488
6	22/01/2024	430016,33	1072848,83	24+498	38	05/03/2024	531901,51	1009384,27	165+899
7	22/01/2024	429769,53	1072520,36	24+915	39	05/03/2024	533153,93	1008450,45	167+485
8	22/01/2024	429542,08	1071791,60	25+746	40	05/03/2024	533878,74	1007277,54	168+921
9	22/01/2024	429467,52	1071715,39	25+853	41	05/03/2024	533908,03	1007077,75	169+123
10	22/01/2024	429125,75	1071376,18	26+358	42	05/03/2024	535187,55	1005991,35	170+868
11	22/01/2024	428920,88	1071287,67	26+589	43	05/03/2024	535951,84	1005373,94	171+862
12	22/01/2024	428542,70	1071244,22	27+001	44	05/03/2024	536022,45	1005318,39	171+951
13	22/01/2024	428532,88	1071138,15	27+108	45	05/03/2024	536752,00	1004342,80	173+185
14	22/01/2024	428451,89	1070795,27	27+469	46	05/03/2024	537398,53	1003848,38	174+005
15	22/01/2024	428966,85	1070477,49	28+148	47	05/03/2024	537586,04	1003733,56	174+225
16	22/01/2024	429176,98	1070359,14	28+395	48	05/03/2024	537856,48	1003267,43	174+777
17	22/01/2024	429414,51	1069969,02	28+862	49	05/03/2024	538130,05	1002807,82	175+333
18	22/01/2024	431161,77	1066050,94	33+538	50	05/03/2024	538146,12	1002800,79	175+350
19	22/01/2024	432228,23	1061376,46	38+574	51	05/03/2024	538674,91	1002293,98	176+092
20	22/01/2024	432072,38	1061184,28	38+828	52	05/03/2024	538766,23	1002206,52	176+218
21	22/01/2024	431786,31	1060127,12	40+355	53	05/03/2024	538808,92	1002152,64	176+287
22	05/03/2024	513133,07	1025273,11	138+918	54	05/03/2024	538865,50	1002106,42	176+361
23	05/03/2024	516033,09	1022502,29	143+194	55	05/03/2024	539141,67	1001899,72	176+707
24	05/03/2024	519004,48	1018939,04	148+231	56	05/03/2024	539184,88	1001863,24	176+763
25	05/03/2024	519089,76	1018865,04	148+345	57	05/03/2024	540957,38	1000858,59	178+851
26	05/03/2024	520081,40	1018810,41	149+413	58	05/03/2024	541194,10	1000826,36	179+091
27	05/03/2024	520877,46	1018464,38	150+321	59	05/03/2024	552189,24	993624,86	193+418
28	05/03/2024	520958,54	1018383,77	150+435	60	05/03/2024	552888,37	993612,97	194+286
29	05/03/2024	521915,11	1017966,18	151+563	61	05/03/2024	552952,06	993395,66	194+513
30	05/03/2024	522355,94	1017861,16	152+034	62	05/03/2024	557700,17	991522,12	200+574
31	05/03/2024	523277,37	1017269,85	153+151	63	05/03/2024	558138,75	991499,90	201+022
32	05/03/2024	524280,60	1016574,61	154+516					

La herramienta simplificada surge a raíz de 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. Con esta otra herramienta es posible identificar los sitios con evidencias de inestabilidad que puedan evolucionar a movimientos de material y que, eventualmente, puedan afectar la carretera al cambiar sus condiciones geométricas o de saturación del medio.

Por su parte, en la Figura 1 se muestran con una cruz roja estos mismos sitios registrados con la herramienta simplificada y con un círculo azul los sitios inspeccionados y evaluados con la herramienta de inspección de taludes en carretera (RC-545) del PIG del LanammeUCR.

Como se puede notar, la mayoría de los deslizamientos se encuentran distribuidos a lo largo de toda la carretera, donde el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos con evidencias de inestabilidad se ubica entre los estacionamientos 150+000 al 180+000 (32 puntos), tramo localizado entre San Martín y Coronado.

Figura 1. Ubicación gráfica del inventario de taludes con evidencias de inestabilidad a lo largo del tramo de carretera de montaña de la RN34



V. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

Los taludes inspeccionados, generalmente, presentan alturas entre los 3 m a 15 m y muestran evidencias de movimiento de material, reflejado por la presencia de coronas, árboles inclinados y deslizamientos. Adicionalmente se observaron evidencias de erosión superficial y en algunos casos se observaron etapas tempranas de la formación de cárcavas asociadas con la falta de estructuras para el control y manejo de la escorrentía superficial (ver Figura 2).

Figura 2. Condición de taludes inspeccionados en la Ruta Nacional 34



(a) evidencias de erosión, presencia de cárcavas y deslizamientos, estación 174+005



(b) evidencias de erosión, formación de coronas y deslizamientos, estación 148+345



(c) evidencias de erosión, formación de coronas y deslizamientos, estación 151+563



(d) evidencias de erosión en la cara del talud y formación de coronas, estación 161+143



(e) evidencias de erosión, presencia de cárcavas, deslizamientos y ausencia de cunetas, estación 143+194



(f) evidencias de erosión, presencia de cárcavas y deslizamientos y ausencia de cunetas, estación 193+418

En general, no se observó la presencia de cunetas o contracunetas las cuales se consideran esenciales para asegurar la estabilidad de los taludes. De esta manera, se considera oportuno implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua para evitar la escorrentía superficial sobre la cara de los taludes y, en el caso de existir algún sistema de drenaje, considerar mejorarlo, en tal caso, el diseño y construcción debe ser adecuado y específico al talud a intervenir. Adicionalmente, se recomienda la colocación de métodos adecuados para el manejo de erosión, a saber: vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.

Para el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos con evidencias de inestabilidad ubicado entre los estacionamientos 150+000 al 180+000 (32 puntos), entre San Martín y Coronado se considera apropiado realizar análisis especializados de estabilidad considerando la topografía actual y valorando escenarios con saturación del terreno 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.

Por otra parte, como se mencionó anteriormente el talud ubicado en el estacionamiento 26+529 (Latitud 9,68781099, Longitud -84,64719194) fue evaluado con la herramienta RC-545 "Herramienta del Lanamme para la inspección de taludes" V02, esta herramienta permitió realizar una caracterización de la condición del talud, de las evidencias de movimiento presente en el mismo y de las condiciones del entorno de este, asignando una calificación acorde con lo observado en campo.

Específicamente, en la Tabla 3 se pueden ver los resultados de la caracterización de la evaluación realizada para este talud. Esta se puede resumir como sigue: el material presente en este talud es un material compuesto, primordialmente roca altamente fracturada sin la presencia de material de relleno en las discontinuidades. Su pendiente es de aproximadamente 70° , por lo cual se puede clasificar como escarpada. Se trata de un talud de corte de una altura aproximada de 21 m. Por lo observado en campo, el talud tiene una forma rectilínea en el cual ya se han presentado fallas del tipo planar. Fue posible notar evidencias de movimiento con la presencia de árboles inclinados y material caído de un volumen pequeño (de 200 m^3 a 500 m^3). Sin embargo, no se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a la evolución de las fallas y eventualmente a deslizamientos mayores.

Adicionalmente, no fueron observadas obras para el control de la escorrentía superficial en la cara del talud, ni la presencia de contracunetas. Aunque fueron observadas algunas cunetas en la base del talud, esta medida se considera insuficiente para asegurar la estabilidad de los taludes, situación que puede ser agravada por el hecho de que éstas se encontraban obstruidas por el material deslizado. Esta falta de control de la escorrentía combinado con los agrietamientos de la cara del talud, son condiciones desfavorables para la estabilidad del talud ya que incrementa los efectos de la erosión. Al momento de la inspección el talud se encontraba seco, sin embargo, es probable que esta condición varíe en la época lluviosa.

En los alrededores, además de la presencia de la carretera (Ruta Nacional 34) y redes eléctricas, no fueron observadas otras estructuras cercanas como viviendas, puentes, agua potable o pasos peatonales. Así pues, con base en esta caracterización, la condición del talud puede clasificarse como "media" y se considera necesario realizar una evaluación específica del sitio, considerando la topografía actual y considerando escenarios con saturación del terreno y sismo para establecer las recomendaciones técnicas pertinentes para la atención de este talud.

Tabla 3. Talud en el estacionamiento 26+529

Datos Generales	Profesional a cargo	Gustavo Badilla	Condición actual del talud evaluado, la cual consiste en un talud de material compuesto, primordialmente una roca altamente fracturada de aproximadamente 21 m de altura
	Fecha	22/01/2024	
	Ruta	34	
	Latitud	9,68781099	
	Longitud	-84,64719194	
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm	
Caracterización del talud	Pendiente	70°	
	Altura del talud	21 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	Arbustos	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
Condición del talud	Falla en el talud	Planar	El talud muestra algunas evidencias de erosión. Se observó la presencia de cunetas, las cuales se encontraban obstruidas debido a la caída de material del talud. No se observó la presencia de contracunetas u otra medida de control de escorrentía superficial
	Forma del Talud	Rectilínea	
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía	
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial	
	Agua en el talud	Seco	
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo	
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	Si	
	Árboles inclinados	Si	
	Formación de Coronas	No	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	No	
	Material caído	200 a 500 - Pequeño	
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay	
	Presencia de viviendas y comercios	No hay	
	Presencia de vías	0 m - 3 m	
	Tipo de vía	Autopista	
	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 el caso del talud ubicado en el estacionamiento 174+005 (Latitud 9,07849694, Longitud - 83,65983093) la caracterización de la evaluación realizada para este talud se presenta en la Tabla 4 y la cual se puede resumir como sigue: el material presente en este talud es un material compuesto, primordialmente un suelo friccionante. Su pendiente es de aproximadamente 45°, por lo cual se puede clasificar como escarpada. Se trata de un talud de corte de una altura aproximada de 19,5 m. Por lo observado en campo, el talud tiene una forma cóncava y en el cual ya se ha presentado un deslizamiento rotacional. Fue posible notar evidencias de movimiento con la formación de coronas y material caído de un volumen muy pequeño (de 50 m³ a 200 m³). Sin embargo, no se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a la evolución de las fallas y eventualmente a deslizamientos mayores.

Adicionalmente, no fueron observadas obras para el control de la escorrentía superficial en la cara del talud, ni la presencia de contracunetas o cunetas en la base del talud. Esta falta de control de la escorrentía combinado con los agrietamientos de la cara del talud y la formación de cárcavas observadas en sitio, son condiciones desfavorables para la estabilidad del talud ya que incrementa los efectos de la erosión. Al momento de la inspección el talud se encontraba seco. No obstante, es probable que esta condición varíe en la época lluviosa.

En los alrededores, además de la presencia de la carretera (Ruta Nacional 34) también fueron observadas algunas viviendas y redes eléctricas, sin embargo, no fueron observadas otras estructuras cercanas como puentes, agua potable o pasos peatonales. Así pues, con base en esta caracterización, la condición del talud puede clasificarse como “media” y se considera necesario realizar una evaluación específica del sitio, considerando la topografía actual y considerando escenarios con saturación del terreno y sismo para establecer las recomendaciones técnicas pertinentes para la atención de este talud.

Tabla 4. Talud en el estacionamiento 174+005

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano	Condición actual del talud evaluado, la cual consiste en un talud de material compuesto, primordialmente suelo, con evidencias de falla de aproximadamente 19,5 m de altura
	Fecha	05/03/2024	
	Ruta	34	
	Latitud	9,07849694	
	Longitud	-83,65983093	
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm	
Caracterización del talud	Pendiente	45°	
	Altura del talud	19,5 m	
	Material predominante	Suelo	
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)	
	Naturaleza del suelo	Friccionante	
	Agrietamiento cara del talud	Fallado	
	Vegetación	Autóctona	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
Condición del talud	Falla en el talud	Deslizamiento rotacional	El talud muestra algunas evidencias de erosión y formación de cárcavas. No se observa la presencia de cunetas, contracunetas u otra medida de control de escorrentía superficial
	Forma del Talud	Cóncava	
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía	
	Afectación por escorrentía	Formación de cárcavas	
	Agua en el talud	Seco	
	Flujo de agua en el talud	Sin Flujo	
Evidencia de movimiento	Evidencia de movimiento	Si	
	Árboles inclinados	No	
	Formación de Coronas	Si	
	Levantamiento al Pie del Talud	No	
	Grietas en terreno	No	
	Material caído	50 a 200 - Muy pequeño	
Estructuras cercanas	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	Autopista	
	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	





Por la condición observada en campo para los taludes evaluados se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya cunetas, contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar una mejora en el sistema de drenajes existente, o bien, llevar a cabo un diseño y construcción de sistemas de drenaje específicos y adecuados para cada uno de los taludes. Además, se recomienda utilizar métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como la colocación de vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.



VI. COMENTARIOS FINALES

Después de realizar la visita de campo a la Ruta Nacional 34, de manera general se resalta que casi la totalidad 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. Igualmente se recomienda colocar métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como la colocación de vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.

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 una de las zonas de estudio y, 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 que tiene el agua en la estabilidad de los taludes y laderas, 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, cuando se requiera un análisis más específico, resulta apropiado, de ser posible, identificar la superficie de falla crítica en la modelación tridimensional, para luego analizar esta superficie en dos dimensiones, modificando las condiciones de análisis, es decir, estática, pseudo-estática, 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 de la condición de estos taludes por parte del ingeniero especializado en geotecnia a cargo asignado por la Administración.

Finalmente se considera importante complementar los análisis de estabilidad incluyendo el componente de esfuerzo-deformación en las zonas próximas a la superficie de ruedo 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 que puede sufrir el terreno 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 la evaluación realizada de 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 constituye una exploración geotécnica más a detalle. Con ello sería posible establecer modelos geotécnicos específicos y representativos de cada uno de los taludes inspeccionados y, posterior a esto, realizar los respectivos análisis de estabilidad.

Adicionalmente, de la visita de campo realizada, fue posible observar que los taludes inspeccionados carecen de sistemas de drenaje superficial y control de la escorrentía. 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 inventariados, 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 utilización de métodos adecuados para el control de la erosión superficial, tales como: vegetación, geomantas, biomantas, entre otros, en los sitios que se determine pertinente a raíz de una inspección y evaluación más a detalle. Estos métodos deben contar con un diseño específico para el sitio evaluado y su selección 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 inspección y evaluación apropiada del sitio concreto, 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, especialmente en el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos con evidencias de inestabilidad que se ubica entre los estacionamientos 150+000 al 180+000 (32 puntos), tramo localizado entre San Martín y Coronado. Adicionalmente, por lo observado en la visita de campo realizada, se sugiere realizar evaluaciones específicas con VANT para los taludes localizados en los estacionamientos 18+264, 27+469 y 170+867 ya que las limitaciones encontradas en cuanto a espacio disponibles para estacionar el vehículo no permitieron realizar la evaluación con la herramienta RC-545 y el instructivo IT-IN-05.



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.