



Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1035-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 237



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Junio, 2024



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1035-2024	2. Versión No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL N° 237	4. Fecha del Informe 28/06/2024
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 237, 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 N°237, 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 153 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 6 puntos con mayor especificidad.</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: Asesoría Legal LanammeUCR
10. Revisado y aprobado por: 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 N°237. 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 237, 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 condición de 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.

Como resultado de la evaluación de los taludes ubicados en los estacionamientos 7+741, 23+346, 28+346, 50+261 y 52+386 con la herramienta RC-545 se obtuvo una clasificación media. Estos taludes cuentan con afectación por la escorrentía, acumulación de material caído, formación de coronas en su parte superior. Además, en ciertos taludes existen estructuras cercanas que se pueden ver perjudicadas por su condición de estabilidad.

En el estacionamiento 53+741 se encuentra un talud que obtuvo una clasificación alta al aplicar la herramienta RC-545. Considerando las condiciones que se identificaron en su evaluación, particularmente la cercanía de estructuras y las evidencias de movimiento, se requiere de un análisis profundo.

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. 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	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	12
VI.	Comentarios finales.....	29
VII.	Recomendaciones derivadas de la inspección	30
VIII.	REFERENCIAS	31



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 N°237 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 los taludes o laderas a lo largo de toda la ruta nacional N°237 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 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 237 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 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 153 sitios con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales 6 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 geotécnicos levantados con la herramienta simplificada y los círculos azules con el RC-545. 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 N°237

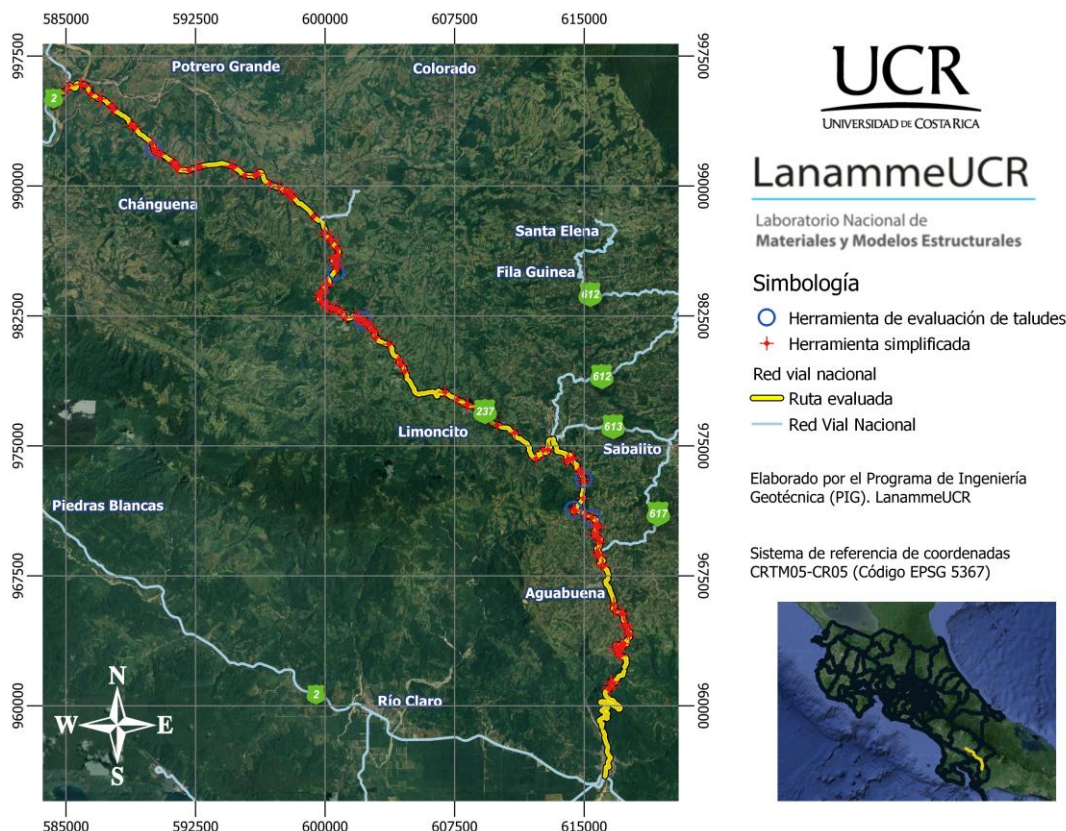




Tabla 2

Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
1	4/3/2024	584987,39	995509,44	0+256	41	4/3/2024	599956,26	987196,44	20+431
2	4/3/2024	585147,79	995794,99	0+592	42	4/3/2024	600308,84	986969,48	20+862
3	4/3/2024	585839,18	995868,02	1+664	43	4/3/2024	600364,03	986903,61	20+953
4	4/3/2024	585868,68	995864,20	1+693	44	4/3/2024	600366,35	986784,67	21+072
5	4/3/2024	585876,87	995861,84	1+701	45	4/3/2024	600673,04	986428,80	21+550
6	4/3/2024	586150,99	995795,20	1+986	46	4/3/2024	600700,11	986409,82	21+583
7	4/3/2024	586440,37	995317,75	2+552	47	4/3/2024	600775,98	985992,22	22+019
8	4/3/2024	586944,67	995027,60	3+139	48	4/3/2024	600756,47	985986,01	22+039
9	4/3/2024	587021,22	995028,02	3+216	49	4/3/2024	600498,02	985876,29	22+320
10	4/3/2024	587599,47	994640,27	3+929	50	4/3/2024	600486,61	985834,88	22+361
11	4/3/2024	587760,39	994413,70	4+210	51	4/3/2024	600607,40	985591,30	22+730
12	4/3/2024	588756,97	993537,07	5+610	52	4/3/2024	600697,20	985401,03	22+989
13	4/3/2024	588983,95	993391,24	5+914	53	4/3/2024	600644,64	985250,25	23+156
14	4/3/2024	588984,25	993359,67	5+945	54	4/3/2024	600145,09	984328,02	24+347
15	4/3/2024	589986,04	992445,24	7+375	55	4/3/2024	600130,52	984318,22	24+363
16	4/3/2024	590078,82	992098,19	7+741	56	4/3/2024	600073,09	984248,31	24+453
17	4/3/2024	590246,99	991914,52	8+011	57	4/3/2024	599841,78	983963,81	24+826
18	4/3/2024	590277,69	991903,43	8+044	58	4/3/2024	599807,47	983845,05	24+949
19	4/3/2024	590493,99	991830,60	8+272	59	4/3/2024	599780,39	983766,80	25+033
20	4/3/2024	590494,58	991829,62	8+273	60	4/3/2024	599655,62	983631,20	25+224
21	4/3/2024	591174,32	991389,16	9+092	61	4/3/2024	599793,93	983341,62	25+577
22	4/3/2024	591375,78	991178,14	9+388	62	4/3/2024	599850,33	983300,54	25+647
23	4/3/2024	591466,19	991076,40	9+524	63	4/3/2024	600054,66	983091,30	25+967
24	4/3/2024	591487,42	991049,62	9+559	64	4/3/2024	600124,11	983048,67	26+049
25	4/3/2024	592126,08	990902,22	10+284	65	4/3/2024	600168,61	983038,02	26+095
26	4/3/2024	592550,29	991054,42	10+739	66	4/3/2024	600346,69	982951,20	26+301
27	4/3/2024	592764,83	991107,81	10+960	67	4/3/2024	600536,08	982888,34	26+502
28	4/3/2024	594555,31	991142,47	12+797	68	4/3/2024	600708,33	982899,73	26+679
29	4/3/2024	594708,63	991092,19	12+959	69	4/3/2024	600952,12	982711,93	27+004
30	4/3/2024	595365,30	990614,27	13+801	70	4/3/2024	601170,03	982400,04	27+428
31	4/3/2024	595940,85	990607,20	14+413	71	4/3/2024	601747,75	982503,40	28+065
32	4/3/2024	596099,53	990729,51	14+617	72	4/3/2024	601905,67	982449,24	28+244
33	4/3/2024	596800,42	990117,52	15+728	73	4/3/2024	601985,73	982322,76	28+394
34	4/3/2024	597340,96	989948,77	16+325	74	4/3/2024	602154,37	982265,67	28+571
35	4/3/2024	597684,25	989733,52	16+752	75	4/3/2024	602330,78	982152,61	28+824
36	4/3/2024	597901,99	989606,82	17+019	76	4/3/2024	602328,79	982049,29	28+926
37	4/3/2024	598015,62	989469,59	17+200	77	4/3/2024	602562,12	981969,26	29+193
38	4/3/2024	598106,11	989361,16	17+345	78	4/3/2024	602733,51	981707,45	29+558
39	4/3/2024	599334,40	988249,02	19+040	79	4/3/2024	602845,30	981597,47	29+716
40	4/3/2024	599982,68	987360,22	20+260	80	4/3/2024	602954,91	981263,62	30+085



Tabla 2. cont

Ubicación de los sitios identificados con la herramienta simplificada

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
81	4/3/2024	603690,34	980866,21	30+988	115	4/3/2024	615833,26	969687,63	55+597
82	4/3/2024	604254,41	979976,36	32+134	116	4/3/2024	615926,20	969451,28	55+910
83	4/3/2024	604395,63	979705,48	32+453	117	4/3/2024	615736,19	968888,97	56+627
84	4/3/2024	604419,76	979685,65	32+484	118	4/3/2024	615838,56	968723,83	56+969
85	4/3/2024	604607,84	979292,71	32+932	119	4/3/2024	615824,96	968647,72	57+057
86	4/3/2024	606941,91	978099,34	36+612	120	4/3/2024	616043,01	968132,31	57+989
87	4/3/2024	607645,07	977662,91	37+459	121	4/3/2024	616104,96	968053,34	58+090
88	4/3/2024	608196,97	977366,06	38+116	122	4/3/2024	616714,18	965854,84	60+637
89	4/3/2024	608259,62	977389,18	38+188	123	4/3/2024	616772,71	965505,12	61+083
90	4/3/2024	608831,65	977182,72	38+821	124	4/3/2024	616773,38	965506,10	61+082
91	4/3/2024	609514,35	976657,83	39+762	125	4/3/2024	617128,24	965322,27	61+488
92	4/3/2024	609962,32	976197,27	40+453	126	4/3/2024	617271,19	965326,93	61+654
93	4/3/2024	610977,97	975760,67	41+619	127	4/3/2024	617279,58	965298,37	61+691
94	4/3/2024	612219,77	974254,89	43+801	128	4/3/2024	617370,47	964702,49	62+333
95	4/3/2024	612620,88	974755,16	44+567	129	4/3/2024	617399,00	964660,16	62+382
96	4/3/2024	612898,24	974770,49	45+082	130	4/3/2024	617459,10	964557,02	62+505
97	4/3/2024	613996,81	974109,60	47+923	131	4/3/2024	617467,24	964529,41	62+535
98	4/3/2024	614092,23	974252,31	48+210	132	4/3/2024	617503,28	964224,89	62+843
99	4/3/2024	614349,29	974300,28	48+733	133	4/3/2024	617625,43	964085,03	63+177
100	4/3/2024	614362,19	974276,79	48+760	134	4/3/2024	617288,35	963591,49	64+031
101	4/3/2024	614716,06	973597,74	49+668	135	4/3/2024	617146,31	963415,19	64+514
102	4/3/2024	614850,02	973404,07	49+910	136	4/3/2024	617136,86	963439,32	64+540
103	4/3/2024	614964,67	973069,96	50+272	137	4/3/2024	616809,98	963432,31	64+983
104	4/3/2024	614997,61	972876,86	50+483	138	4/3/2024	616853,82	963243,67	65+210
105	4/3/2024	614962,76	971964,43	51+486	139	4/3/2024	616923,77	963220,09	65+282
106	4/3/2024	614386,19	971338,47	52+374	140	4/3/2024	616984,14	963090,74	65+447
107	4/3/2024	614493,32	971230,73	52+623	141	4/3/2024	617078,61	962917,88	65+718
108	4/3/2024	615068,51	971025,42	53+317	142	4/3/2024	617113,32	962900,92	65+757
109	4/3/2024	615435,88	970855,57	53+743	143	4/3/2024	616702,26	961278,73	68+011
110	4/3/2024	615680,36	970473,81	54+348	144	4/3/2024	616568,03	961391,68	68+340
111	4/3/2024	615829,79	970339,14	54+597	145	4/3/2024	616537,41	961279,87	68+489
112	4/3/2024	615789,56	970280,83	54+668	146	4/3/2024	616476,22	961076,76	68+733
113	4/3/2024	615546,11	969954,33	55+091	147	4/3/2024	616432,36	960957,58	68+881
114	4/3/2024	615741,85	969740,66	55+456					



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	4/3/2024	590079,42	992098,91	7+741	4	4/3/2024	614963,32	973080,93	50+261
2	4/3/2024	600621,05	985070,67	23+346	5	4/3/2024	614382,96	971326,30	52+386
3	4/3/2024	602154,41	982261,72	28+571	6	4/3/2024	615433,96	970857,81	53+741

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 N°237, 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 N°237, 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.

En la Figura 2 (a), se presentan a manera de ejemplo la condición observada a partir del estacionamiento 1+652 y hasta el 1+985. Entre las evidencias de inestabilidad observadas se resaltan caídos de pequeños volúmenes de material, formación de coronas, formación de cárcavas y erosión generalizada de la cara del talud, aunado a esto no existen obras para el manejo de aguas en los taludes. Esta situación se observa de manera recurrente a lo largo de toda la ruta. Además, la ausencia de estructuras de cunetas ocasiona pérdida de material que contribuye al confinamiento de la estructura de pavimento, y por consiguiente se pueden presentar afectaciones como agrietamientos y hundimientos en la estructura de pavimento, esta condición se observó específicamente del estacionamiento 2+555 al estacionamiento 4+209 (ver Figura 2 (b)).

Figura 2

Afectación por escorrentía en la corona del talud en el estacionamiento 3+529



De manera general se estima recomendable implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, con el fin de evitar que las condiciones identificadas al

momento de la evaluación se magnifiquen, así como limpieza del material caído acumulado al pie del talud y que obstruye la cuneta.

Durante la inspección se identificaron cuatro estacionamientos (ver Figura 3), que corresponden a taludes que muestran evidencias claras de inestabilidad, como la presencia de material caído, erosión significativa y la formación de cárcavas. En todos los casos, se resalta la presencia de estructuras ubicadas en la corona del talud, las cuales pueden verse afectadas por una desmejora en la condición del talud, producto de la magnificación de las condiciones observadas. Es importante destacar que ninguno de los sitios inspeccionados cuenta con estructuras para el manejo del agua de escorrentía superficial, sistemas de drenaje ni medidas de control de erosión en la cara del talud.

Figura 3

Estructura en la corona del talud y afectación por escorrentía en la cara de los taludes





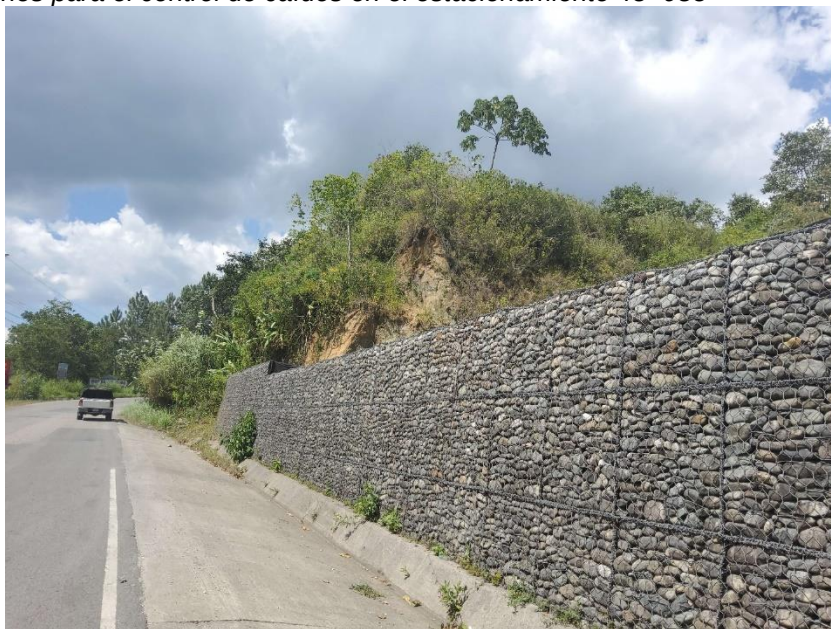
De manera general se estima recomendable implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, con el fin de evitar que las condiciones identificadas al momento de la evaluación se magnifiquen.

Se sugiere realizar análisis más profundos considerando la carga transmitida por la estructura señalada en cada talud, es importante contemplar realizar análisis con mayor detalle de los sitios, 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 Figura 4 se señala una estructura de contención de gravedad, específicamente un muro de gaviones, el cual en apariencia cumple la función de control de caídos. En general la obra se observa en buen estado, sin embargo, este tipo de muros son estructuras de malla rellenas de piedra que actúan por gravedad para la retención de una masa de suelo, su implementación para el control de caídos no representa una solución al problema que se presenta en el sitio.

Figura 4

Muro de gaviones para el control de caídos en el estacionamiento 45+083



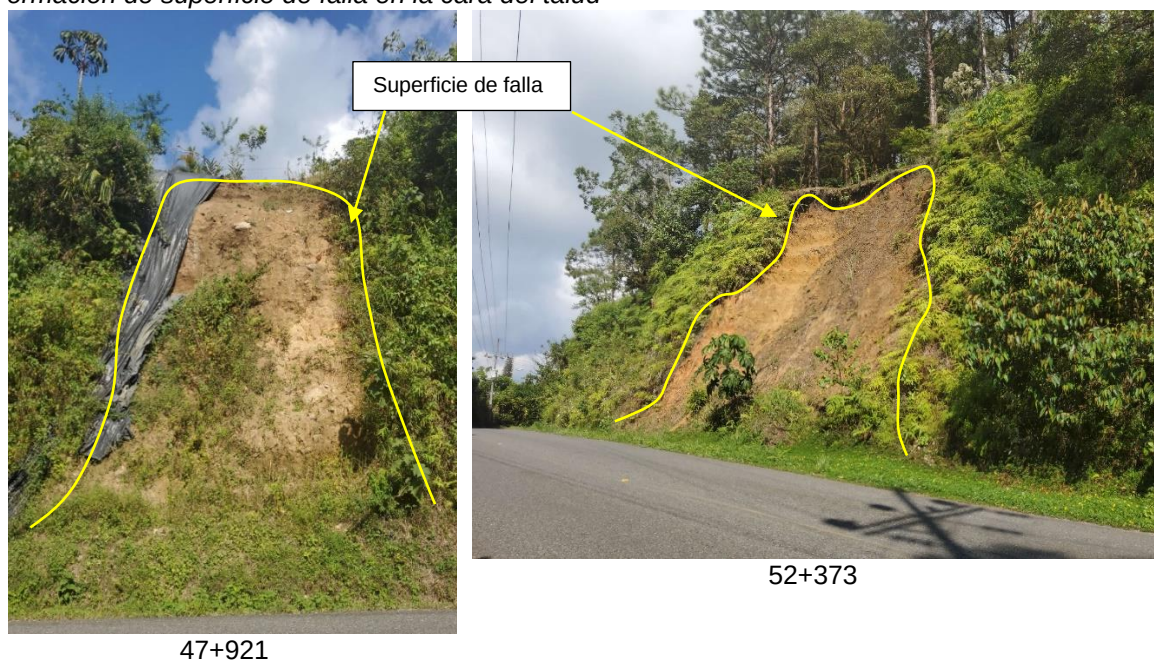
Cabe resaltar que para el control de caídos existen soluciones más robustas, tales como redes de contención de caídos, muros anclados, entre otros, ya que los muros de gaviones pueden estar limitados estructuralmente para la retención de deslizamientos significativos. Se considera apropiado implementar sistemas para el control de erosión y manejo de agua de escorrentía superficial, además se sugiere realizar análisis más profundos considerando la superficie de falla inestable y el material que conforma el talud.

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, y por consiguiente en caso de requerirlo, el diseño óptimo de la estructura de retención recomendado por el profesional especialista en geotecnia a cargo del proyecto.

En la Figura 5 se señalan los taludes de los estacionamientos 47+921 y 52+373, que presentan superficies de falla de un aparente deslizamiento, en las que persisten las evidencias de inestabilidad en la cara del talud. Aunado a esto cabe resaltar la ausencia de estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial.

Figura 5

Formación de superficie de falla en la cara del talud



Se sugiere contemplar realizar análisis con mayor detalle de los sitios con superficies de falla de un deslizamiento antiguo que presentan evidencias de inestabilidad en la cara del talud. Se considera importante incluir 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.



EIC-Lanamme-INF-1035-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 16 de 31
---------------------------	---	-----------------

Finalmente se considera valioso complementar los análisis de estabilidad con análisis de esfuerzo-deformación en los taludes que están sometidos a cargas impuestas por una estructura ubicada en la corona, o en los que exista alguna estructura de retención. 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.

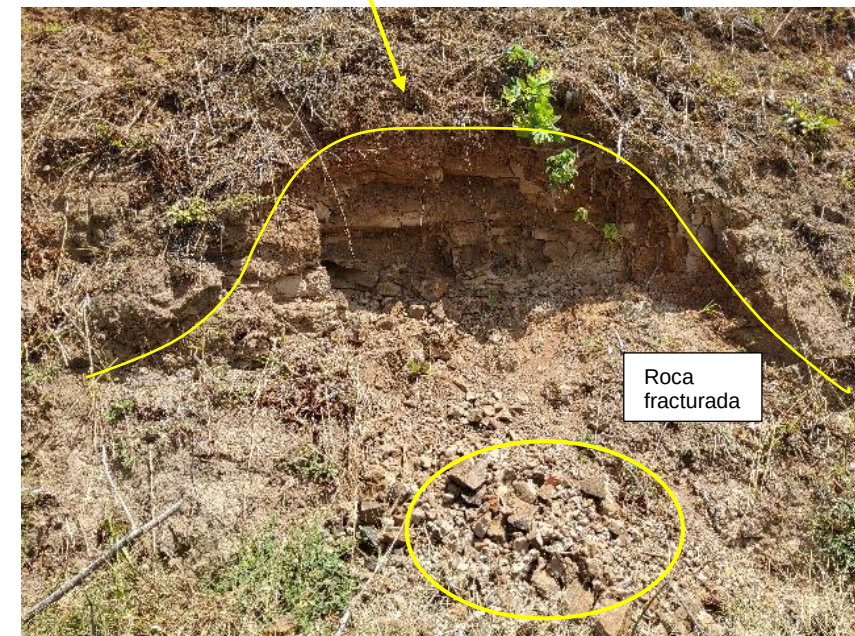
En la Tabla 4 se muestra el resultado del talud ubicado en el estacionamiento 7+741. Dicho talud está conformado por un material compuesto en el cual predomina la roca. Su pendiente es aproximadamente de 64° y el talud tiene una altura de 6 m. La roca se encuentra altamente fracturada y no se logra identificar relleno en sus discontinuidades. Al momento de evaluación el talud se encontraba seco, se identificó la formación de coronas y el material acumulado al pie del talud como evidencia de movimiento en la zona circundante al talud. En las cercanías se logran identificar: cultivos, viviendas y redes eléctricas.



Tabla 4

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 7+741

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	04/03/2024
	Ruta	237
	Latitud	8,97149556
	Longitud	-83,18079234
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
Caracterización del talud	Pendiente	64°
	Altura del talud	6 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	Pastos Naturales
Condición del talud	Uso de suelo	Camino/carretera
	Falla en el talud	Compuesto
	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	0 a 50 - Extremadamente pequeño
	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	0 m - 3 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial
	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	0 m - 3 m
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio





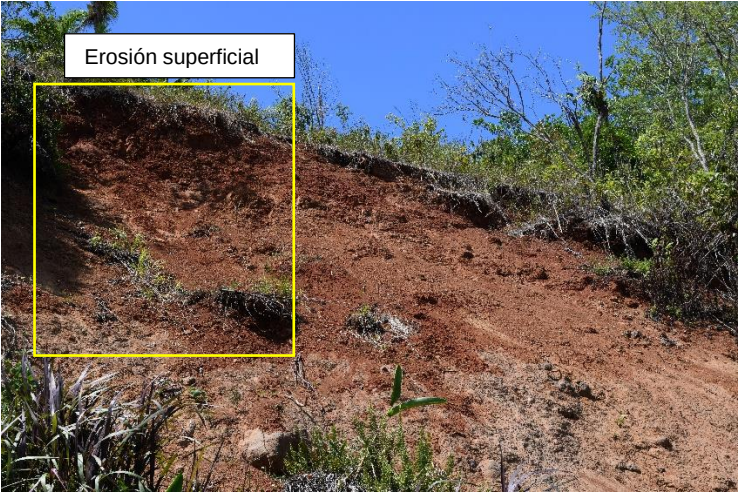
Al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 al talud en el estacionamiento 7+741, se obtiene para el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas la clasificación media, de acuerdo con el criterio experto del PIG, el talud no requiere de una evaluación específica del sitio, y 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.

El resultado de la evaluación del talud en 23+346 se describe en la Tabla 5. El talud alcanza los 25 m de altura con una pendiente aproximada de 45°. El material que lo conforma corresponde a un suelo cohesivo. Mediante la evaluación fue posible identificar una superficie de falla traslacional. Existe una deficiencia de estructuras para el manejo de escorrentía, lo que conlleva a afectaciones en la cara del talud como presencia de algún grado de erosión superficial. Al momento de la evaluación se encontraba seco y no se observó flujo. Como evidencias de movimiento se puede apreciar la inclinación de los árboles, la formación de coronas y el material caído.



Tabla 5
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 23+346

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	04/03/2024
	Ruta	237
	Latitud	8,90772743
	Longitud	-83,08509024
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
Caracterización del talud	Pendiente	45°
	Altura del talud	25 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Compuesto (primordialmente suelo)
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento en la cara del talud	Fallado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	Traslacional
	Forma del Talud	Convexa
	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	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	No hay
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial
	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
Recomendación final		Media - Evaluación específica del sitio





Al aplicar la evaluación con la herramienta RC-545 al talud en el estacionamiento 23+346, se obtiene para el nivel de afectación o la incidencia sobre estructuras cercanas la clasificación media, de acuerdo con el criterio experto del PIG, dada la forma y pendiente del talud, 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.

El resultado de la evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 28+346 se muestra en la Tabla 6. El talud alcanza una altura de 6,5 m y una pendiente aproximada de 75°. El talud se conforma por suelo cohesivo de origen residual. No existen estructuras para el manejo del agua de escorrentía superficial y por consiguiente el talud presenta erosión superficial. Al momento de la evaluación el talud se encontró con marcas de humedad a media altura. Se observa formación de coronas, que deja en evidencia el movimiento de la masa de suelo que conforma el talud y el terreno circundante. Se identifica la presencia de estructuras en las cercanías del talud, como viviendas y redes eléctricas.



Tabla 6

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 28+346

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	04/03/2024
	Ruta	237
	Latitud	8,88229617
	Longitud	-83,07121276
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm
Caracterización del talud	Pendiente	75°
	Altura del talud	6,5 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento en la cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	Traslacional
	Forma del Talud	Cóncava
	Manejo de escorrentía	No hay manejo de escorrentía
	Afectación por escorrentía	Erosión superficial
	Agua en el talud	A media altura
	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	No
Estructuras cercanas	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	Arterial
	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





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 28+346 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud y de la superficie de falla del tipo traslacional que evidencia un deslizamiento y el material caído acumulado al pie del talud, así como la formación de cárcavas y la condición de humedad que presenta el talud al momento de la evaluación, 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.

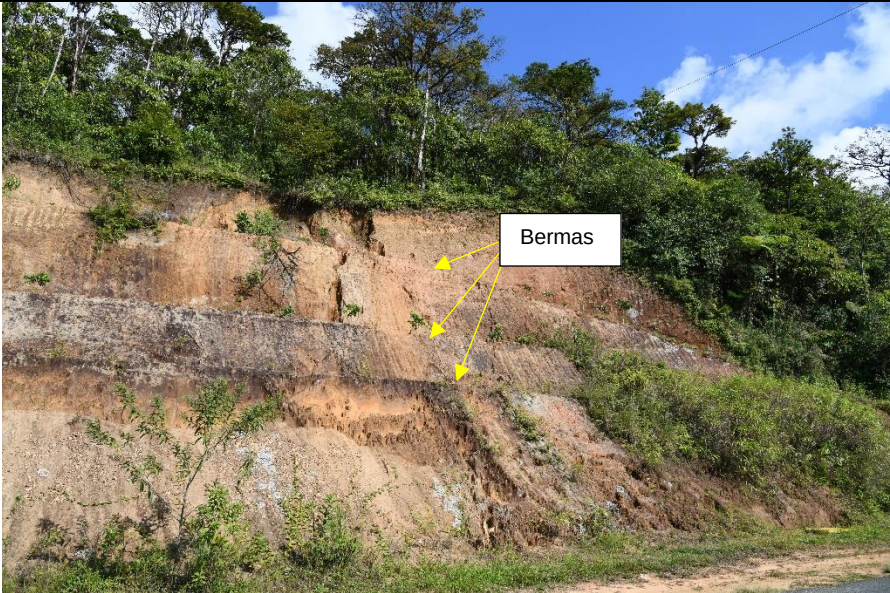
Además, se recomienda implementar un adecuado sistema de manejo de agua de escorrentía superficial que incluya contracunetas y estructuras de canalización de agua de escorrentía superficial, y considerar una mejora en el sistema de drenajes existente, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud.

El resultado de la evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 50+261 se encuentra en la Tabla 7. A partir de las mediciones en campo se obtuvo una altura cercana a los 28,5 m y una pendiente aproximada de 35°. El talud está conformado por material de suelo cohesivo de origen residual. Se observa que la cara del talud se encuentra medianamente agrietada y con formación de cárcavas como resultado de la ausencia de estructuras para el manejo de agua de escorrentía superficial y sistemas de drenaje. La presencia de coronas en el talud se identifica con evidencia de movimiento de la masa de suelo que conforma el talud y el terreno circundante. En las cercanías se identificaron viviendas y redes eléctricas que pueden verse afectadas por la condición de estabilidad del talud.



Tabla 7
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 50+261

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	04/03/2024
	Ruta	237
	Latitud	8,79898539
	Longitud	-82,955001
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
Caracterización del talud	Pendiente	35°
	Altura del talud	28,5 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	No
	Forma del Talud	Con Bermas
	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	No
Estructuras cercanas	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	Arterial
	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





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 50+261 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud y las bermas que resultan evidencia de la intervención previa del talud, así como la formación de cárcavas, 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 una mejora en el sistema de drenajes existente, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud.

La Tabla 8 muestra el resultado de la evaluación del talud que se encuentra en el estacionamiento 52+836. Entre las principales características del talud se destaca la altura aproximada de 12,5 m con una pendiente cercana a los 55°. La cara del talud presenta una superficie de falla típica de un deslizamiento rotacional. Adicionalmente, se observa erosión superficial y agrietamiento de grado medio en la cara del talud. En las cercanías del talud se observan redes eléctricas que se pueden ver afectadas por su condición de estabilidad.



Tabla 8

Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 52+386

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	04/03/2024
	Ruta	237
	Latitud	8,78313619
	Longitud	-82,96032023
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
Caracterización del talud	Pendiente	55°
	Altura del talud	12,5 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento en la cara del talud	Medianamente agrietado
	Vegetación	Autóctona
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	Deslizamiento rotacional
	Forma del Talud	Cóncava
	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	No
	Árboles inclinados	No
	Formación de Coronas	No
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	No
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	Arterial
	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





Como resultado de la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 52+386 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud y de la superficie de falla del tipo rotacional que evidencia un deslizamiento, 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 una mejora en el sistema de drenajes existente, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud.

Por último, en la Tabla 9 se detallan los resultados del talud ubicado en el estacionamiento 53+741. Este talud tiene una pendiente aproximada de 50° y una altura de 8 m. El material que lo conforma es suelo cohesivo y de origen residual. El talud se encuentra fallado y la superficie que denota esta falla permite clasificarla como falla rotacional. Adicionalmente, el talud presenta formación de cárcavas producto del inexistente manejo de agua de escorrentía superficial. Como evidencia de movimiento en el talud y el terreno circundante se resalta el crecimiento de árboles inclinados, formación de coronas y material acumulado al pie. En este caso es importante resaltar la cercanía de una escuela, ya que la condición de estabilidad del talud puede tener efecto sobre la estructura y sus usuarios.



Tabla 9
Resultado de evaluación del talud ubicado en el estacionamiento 53+741

Datos Generales	Profesional a cargo	Laura Solano
	Fecha	04/03/2024
	Ruta	237
	Latitud	8,77887362
	Longitud	-82,95077967
	Precipitación	3000 mm - 4500 mm
Caracterización del talud	Pendiente	50°
	Altura del talud	8 m
	Material predominante	Suelo
	Estado del suelo	Suelo residual
	Naturaleza del suelo	Cohesivo
	Agrietamiento en la cara del talud	Fallado
	Vegetación	Pastos Naturales
	Uso de suelo	Camino/carretera
Condición del talud	Falla en el talud	Deslizamiento rotacional
	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	Si
	Formación de Coronas	Si
	Levantamiento al Pie del Talud	No
	Grietas en terreno	No
	Material caído	0 a 50 - Extremadamente pequeño
Estructuras cercanas	Presencia de obras de retención	No hay
	Presencia de viviendas y comercios	0 m - 3 m
	Presencia de vías	0 m - 3 m
	Tipo de vía	Arterial
	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		Alta - Requiere análisis profundo según condición del talud





Al finalizar la evaluación con la herramienta RC-545 se obtiene para el talud del estacionamiento 53+741 una clasificación media para el nivel de afectación del talud o la incidencia sobre estructuras cercanas. Dada las dimensiones del talud, la superficie de falla del tipo rotacional que evidencia un deslizamiento, y la presencia de una estructura en la corona del talud 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 una mejora en el sistema de drenajes existente, el diseño y construcción del sistema de drenajes específico adecuado para el talud.

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.



EIC-Lanamme-INF-1035-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 29 de 31
---------------------------	---	-----------------

VI. Comentarios finales

Después de realizar la visita de campo a la ruta nacional N°237, 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 alto. 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 en especial aquellos estacionamientos en los que se identifican estructura en la corona del talud que presenta 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.

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.

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.



EIC-Lanamme-INF-1035-2024	Código: RC-546-v01. Vigente desde: 30/11/2023	Página 31 de 31
---------------------------	---	-------------------------------

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.