

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1229-2024

INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL 301



Preparado por:

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Agosto, 2024

1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1229-2024	2. Versión No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE INSPECCIÓN DE TALUDES RUTA NACIONAL 301	4. Fecha del Informe 23/08/2024
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 301, 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 301, 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 202 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 10+000 al 20+000 (61 puntos), tramo localizado entre Cangrejal y el Liceo de Sabanillas.</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. Nidia María Segura Jiménez 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 301. 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 202 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 ubican en los estacionamientos 5+357 y 6+397 de la Ruta Nacional 301. 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 10+000 al 20+000 (61 puntos), tramo localizado entre Cangrejal y el Liceo de Sabanillas. 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.

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	12
VI.	COMENTARIOS FINALES.....	17
VII.	RECOMENDACIONES DERIVADAS DE LA INSPECCIÓN	20
VIII.	REFERENCIAS	21

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 301 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.

En el talud evaluado en el estacionamiento 5+357 se determinó que el material presente es un material rocoso medianamente fracturado sin la presencia de material de relleno en sus discontinuidades. Por otro lado, en el talud ubicado en el estacionamiento 6+397 se determinó que el material corresponde a una roca altamente fracturada sin la presencia de material de relleno en sus discontinuidades. En ambos taludes, durante la evaluación fue posible observar que la falta de manejo de escorrentía superficial ha favorecido la presencia de erosión superficial en la cara del talud. Al momento de la inspección el talud se encontraba seco, no obstante, es probable que esta condición varíe en la época lluviosa. Con base en la evaluación realizada, se determinó que la condición de ambos taludes puede clasificarse como "media" y se sugiere realizar una evaluación específica de cada uno de ellos, 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.

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 301 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 301, 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 202 sitios de interés geotécnico con alguna evidencia de inestabilidad, de los cuales 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 **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** 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 5+357 (Latitud 9,77892338, Longitud -84,18629068) y 6+397 (Latitud 9,77867361, Longitud -84,19513765) 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)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
1	16/04/2024	482331,87	1083429,96	0+140	31	16/04/2024	479567,77	1081298,62	5+354
2	16/04/2024	482387,14	1083330,41	0+242	32	16/04/2024	479450,11	1081307,98	5+478
3	16/04/2024	482421,10	1083296,33	0+290	33	16/04/2024	479306,52	1081299,56	5+624
4	16/04/2024	482340,06	1082991,06	0+711	34	16/04/2024	479263,79	1081310,68	5+668
5	16/04/2024	481484,26	1082590,21	1+751	35	16/04/2024	479183,71	1081311,81	5+749
6	16/04/2024	481333,40	1082500,68	1+940	36	16/04/2024	478988,88	1081238,83	5+974
7	16/04/2024	481084,92	1082556,41	2+255	37	16/04/2024	478739,61	1081306,97	6+245
8	16/04/2024	481033,39	1082619,74	2+337	38	16/04/2024	478493,54	1081245,76	6+501
9	16/04/2024	481033,39	1082619,74	2+337	39	16/04/2024	478507,36	1081247,50	6+489
10	16/04/2024	480893,29	1082565,66	2+501	40	16/04/2024	478457,61	1081218,45	6+547
11	16/04/2024	480798,12	1082537,51	2+610	41	16/04/2024	478424,28	1081188,37	6+591
12	16/04/2024	480748,46	1082495,12	2+679	42	16/04/2024	477936,71	1081126,41	7+115
13	16/04/2024	480679,10	1082492,82	2+750	43	16/04/2024	477641,06	1081207,01	7+462
14	16/04/2024	480551,01	1082524,61	2+936	44	16/04/2024	477529,81	1081207,20	7+631
15	16/04/2024	480359,62	1082507,16	3+170	45	16/04/2024	479567,77	1081298,62	7+708
16	16/04/2024	480261,82	1082428,13	3+298	46	16/04/2024	477385,87	1081172,96	7+781
17	16/04/2024	480225,91	1082408,99	3+339	47	16/04/2024	477347,78	1081151,18	7+819
18	16/04/2024	480091,29	1082124,40	3+670	48	16/04/2024	477280,10	1081084,01	7+918
19	16/04/2024	480122,02	1082060,23	3+758	49	16/04/2024	477099,25	1080988,60	8+126
20	16/04/2024	480153,34	1082048,72	3+791	50	16/04/2024	477061,13	1080949,61	8+193
21	16/04/2024	480172,04	1082042,05	3+811	51	16/04/2024	476927,03	1080589,80	8+590
22	16/04/2024	480170,79	1081997,64	4+004	52	16/04/2024	476725,28	1080523,94	8+828
23	16/04/2024	480091,87	1081980,95	4+087	53	16/04/2024	476686,80	1080529,66	8+865
24	16/04/2024	480075,77	1081947,67	4+126	54	16/04/2024	476389,54	1080381,14	9+238
25	16/04/2024	480016,79	1081962,56	4+194	55	16/04/2024	476328,37	1080357,10	9+313
26	16/04/2024	479974,16	1081978,62	4+240	56	16/04/2024	476010,17	1080210,25	9+787
27	16/04/2024	479865,78	1081630,52	4+900	57	16/04/2024	475949,00	1080145,60	10+106
28	16/04/2024	479687,58	1081421,66	5+181	58	16/04/2024	475984,64	1080098,24	10+191
29	16/04/2024	479644,18	1081368,94	5+249	59	16/04/2024	475944,59	1080066,09	10+243
30	16/04/2024	479609,05	1081334,19	5+299	60	16/04/2024	475895,55	1080025,19	10+305

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

#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
61	16/04/2024	475959,54	1079876,02	10+474	111	16/04/2024	471627,77	1077046,42	18+760
62	16/04/2024	475954,58	1079788,73	10+579	112	16/04/2024	471495,21	1077085,58	18+904
63	16/04/2024	475964,07	1079761,01	10+608	113	16/04/2024	471080,76	1076964,05	19+390
64	16/04/2024	475974,09	1079738,31	10+632	114	16/04/2024	470954,02	1077018,50	19+530
65	16/04/2024	476056,53	1079596,65	10+801	115	16/04/2024	470916,46	1077034,23	19+570
66	16/04/2024	476064,45	1079491,52	10+928	116	16/04/2024	470820,82	1077133,34	19+713
67	16/04/2024	476115,92	1079371,70	11+064	117	16/04/2024	470756,63	1077259,01	19+859
68	16/04/2024	476110,31	1079313,74	11+123	118	16/04/2024	470512,41	1077147,00	20+147
69	16/04/2024	476110,52	1079047,74	11+392	119	16/04/2024	470255,90	1076456,00	20+965
70	16/04/2024	476212,66	1078775,29	11+696	120	16/04/2024	470326,49	1075932,33	21+586
71	16/04/2024	476223,10	1078628,20	11+947	121	16/04/2024	469797,36	1075081,07	22+790
72	16/04/2024	476141,06	1078480,60	12+132	122	16/04/2024	469764,99	1074842,51	23+081
73	16/04/2024	476028,39	1078510,09	12+289	123	16/04/2024	469834,32	1074760,30	23+199
74	16/04/2024	476039,49	1078564,31	12+346	124	16/04/2024	469913,82	1074723,30	23+292
75	16/04/2024	475790,92	1078625,47	12+660	125	16/04/2024	469888,05	1074636,94	23+406
76	16/04/2024	475762,30	1078669,28	12+716	126	16/04/2024	469845,09	1074566,76	23+504
77	16/04/2024	475476,88	1078361,76	13+202	127	16/04/2024	469864,51	1074419,17	23+656
78	16/04/2024	475434,72	1078336,08	13+253	128	16/04/2024	469728,78	1074244,96	23+962
79	16/04/2024	475426,75	1078205,19	13+389	129	16/04/2024	469681,58	1074198,79	24+028
80	16/04/2024	475375,87	1078163,60	13+459	130	16/04/2024	469750,12	1074155,22	24+159
81	16/04/2024	475343,52	1078152,07	13+493	131	16/04/2024	469900,30	1073950,64	24+498
82	16/04/2024	475310,03	1078085,84	13+593	132	16/04/2024	469954,94	1073924,89	24+561
83	16/04/2024	475356,45	1077980,67	13+709	133	16/04/2024	470049,45	1073803,18	24+736
84	16/04/2024	475256,88	1077901,92	13+857	134	16/04/2024	470039,55	1073769,58	24+773
85	16/04/2024	475163,53	1077849,31	13+970	135	16/04/2024	470020,40	1073726,37	24+821
86	16/04/2024	475091,89	1077829,71	14+064	136	16/04/2024	470049,44	1073547,22	25+008
87	16/04/2024	474832,30	1077651,77	14+419	137	16/04/2024	470070,92	1073482,74	25+076
88	16/04/2024	474661,45	1077548,56	14+686	138	16/04/2024	470061,62	1073443,72	25+117
89	16/04/2024	474631,50	1077537,80	14+718	139	16/04/2024	470106,44	1073302,40	25+277
90	16/04/2024	474551,54	1077415,57	14+865	140	16/04/2024	470115,63	1073272,41	25+308
91	16/04/2024	474318,68	1077255,63	15+199	141	16/04/2024	470138,00	1073233,04	25+355
92	16/04/2024	474030,64	1076953,07	15+789	142	16/04/2024	470473,16	1073136,18	25+750
93	16/04/2024	473975,75	1076976,52	15+850	143	16/04/2024	470638,67	1072969,35	25+988
94	16/04/2024	473910,69	1076971,80	15+916	144	16/04/2024	470665,45	1072877,87	26+085
95	16/04/2024	473853,42	1077067,94	16+041	145	16/04/2024	470752,53	1072699,39	26+467
96	16/04/2024	473825,17	1077090,10	16+077	146	16/04/2024	470817,18	1072396,61	27+057
97	16/04/2024	473659,95	1077026,22	16+335	147	16/04/2024	470771,84	1072387,13	27+103
98	16/04/2024	473654,23	1076987,97	16+373	148	16/04/2024	470669,26	1072315,51	27+234
99	16/04/2024	473518,99	1076978,22	16+515	149	16/04/2024	470508,55	1071913,72	27+701
100	16/04/2024	473431,39	1076932,60	16+616	150	16/04/2024	470539,88	1071808,36	27+840
101	16/04/2024	473355,16	1076884,79	16+710	151	16/04/2024	470477,85	1071694,26	27+989
102	16/04/2024	473280,34	1076871,85	16+789	152	16/04/2024	470443,29	1071658,46	28+037
103	16/04/2024	473185,45	1076885,77	16+887	153	16/04/2024	470220,37	1071512,81	28+310
104	16/04/2024	473124,89	1076833,84	16+971	154	16/04/2024	470146,36	1071489,32	28+440
105	16/04/2024	473106,90	1076815,60	16+996	155	16/04/2024	470062,08	1071465,60	28+567
106	16/04/2024	472964,85	1076717,48	17+177	156	16/04/2024	469927,08	1071414,44	28+789
107	16/04/2024	472256,04	1076839,61	18+009	157	16/04/2024	469911,92	1071316,82	29+012
108	16/04/2024	471961,46	1077075,51	18+389	158	16/04/2024	469779,31	1071295,26	29+163
109	16/04/2024	471895,19	1077040,81	18+464	159	16/04/2024	469827,21	1071225,11	29+255
110	16/04/2024	471765,34	1077032,24	18+617	160	16/04/2024	469863,84	1071195,92	29+302

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

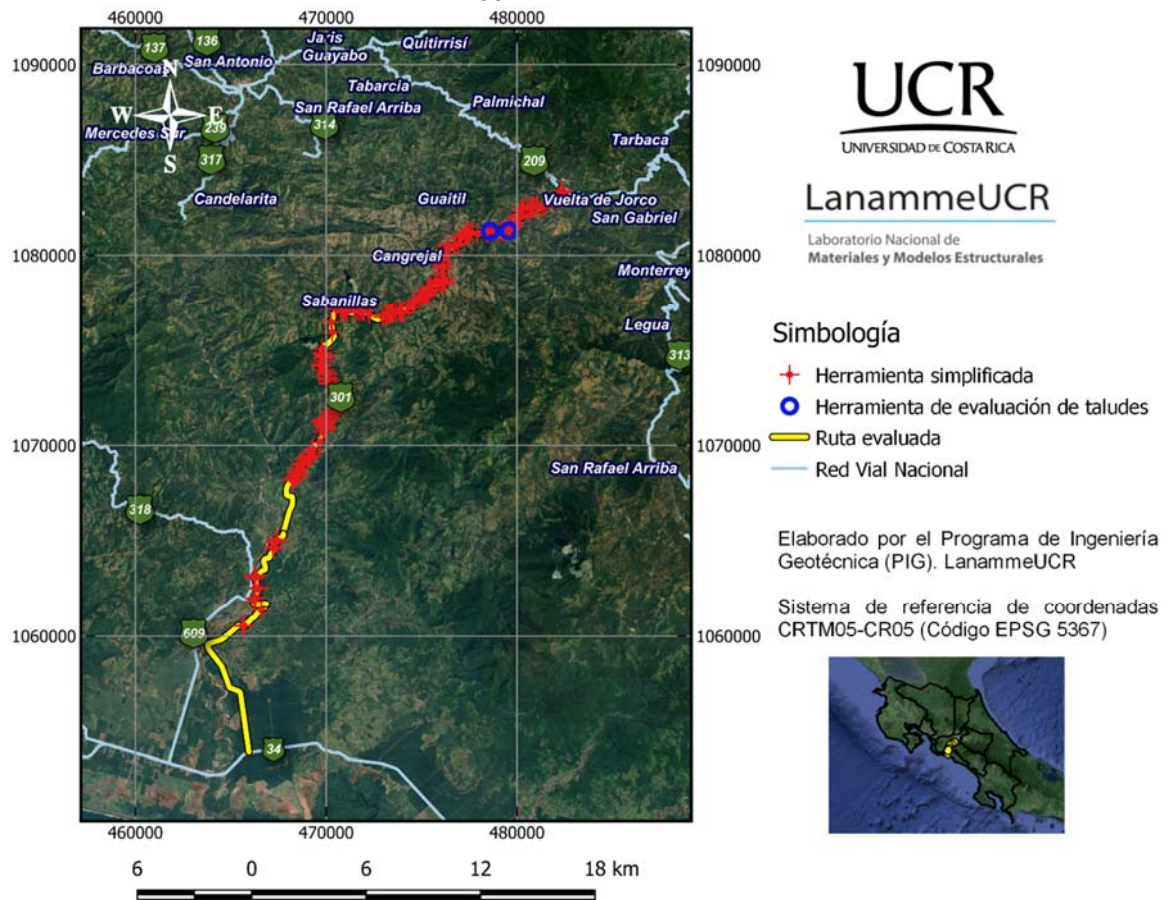
#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.	#	Fecha	Ubicación (CRTM-05)		Est.
		Este	Norte				Este	Norte	
161	16/04/2024	469870,62	1071138,97	29+358	182	16/04/2024	468437,58	1068417,72	33+676
162	16/04/2024	469893,47	1071076,62	29+434	183	16/04/2024	468346,58	1068311,79	33+901
163	16/04/2024	469865,86	1071022,12	29+513	184	16/04/2024	468325,57	1068291,64	33+932
164	16/04/2024	469937,81	1071009,70	29+592	185	16/04/2024	468249,69	1068239,35	34+024
165	16/04/2024	470033,19	1070948,58	29+735	186	16/04/2024	468212,79	1068205,92	34+074
166	16/04/2024	470005,22	1070886,67	29+830	187	16/04/2024	467389,14	1065093,53	37+885
167	16/04/2024	469951,58	1070838,54	29+926	188	16/04/2024	467422,10	1065014,28	37+971
168	16/04/2024	469815,18	1070701,27	30+174	189	16/04/2024	467386,18	1064949,06	38+052
169	16/04/2024	469662,86	1070158,79	30+776	190	16/04/2024	467215,07	1064698,31	38+395
170	16/04/2024	469296,68	1069806,82	31+347	191	16/04/2024	467243,99	1064614,10	38+484
171	16/04/2024	469259,21	1069599,59	31+578	192	16/04/2024	466307,68	1063211,16	40+462
172	16/04/2024	469146,69	1069434,05	31+789	193	16/04/2024	466225,14	1063170,02	40+566
173	16/04/2024	469120,83	1069383,15	31+849	194	16/04/2024	466255,53	1063070,28	40+696
174	16/04/2024	469025,02	1069308,40	31+978	195	16/04/2024	466468,18	1062554,88	41+254
175	16/04/2024	468838,35	1069096,59	32+309	196	16/04/2024	466473,57	1062500,82	41+309
176	16/04/2024	468777,69	1069056,97	32+393	197	16/04/2024	466303,66	1062014,14	41+895
177	16/04/2024	468704,79	1069044,82	32+467	198	16/04/2024	466270,42	1061986,92	41+939
178	16/04/2024	468645,27	1069058,72	32+537	199	16/04/2024	466208,67	1061837,50	42+109
179	16/04/2024	468492,45	1068800,79	32+995	200	16/04/2024	466603,79	1061380,92	43+377
180	16/04/2024	468420,67	1068633,27	33+244	201	16/04/2024	465693,58	1060526,87	44+717
181	16/04/2024	468590,79	1068537,30	33+461	202	16/04/2024	465614,36	1060545,90	44+806

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 10+000 al 20+000 (61 puntos), tramo localizado entre Cangrejal y el Liceo de Sabanillas.

Figura 1. Ubicación gráfica del inventario de taludes con evidencias de inestabilidad a lo largo del tramo de carretera de montaña de la RN301



V. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

En términos generales los taludes inspeccionados corresponden a taludes de corte con alturas menores a 10 metros, en su mayoría con alturas entre los 3 m a 10 m. En general, de lo observado en campo, los taludes muestran evidencias de movimiento de material, lo cual se ve reflejado por la presencia de coronas, inclinación de árboles cercanos al talud y material caído o deslizado. Adicionalmente se observaron evidencias de erosión en la superficie de la cara de los taludes y en algunos de estos taludes se observaron etapas tempranas de la formación de cárcavas que pueden ser asociadas con la falta de estructuras para el control y manejo de la escorrentía superficial (ver Figura 2).

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, considerarlo mejorarlo, en tal caso, el diseño y construcción debe ser adecuado y específico al talud a intervenir. Adicionalmente, se recomienda la utilización de métodos adecuados para el manejo de erosión, a saber: vegetación, geomantas, biomantas, entre otros.

Por otro lado, fue posible observar que la mayoría de los taludes de relleno no tenían cunetas o algún otro mecanismo de control de la escorrentía superficial entre la superficie de ruedo y el borde del talud. Es importante mencionar que, en estos casos, esta zona corresponde a la corona del talud de relleno, por lo que la falta de control del agua superficial puede generar una reducción de la resistencia, favoreciendo la inestabilidad y deformaciones en la capa de ruedo. Lo anterior se puede ver reflejado con la presencia de pérdida de la sección transversal de la superficie de ruedo, como se observa en la Figura 3, situación que, si no es tratada en el momento oportuno, puede generar una falla y una pérdida mayor en la sección transversal o ancho del pavimento.

Figura 2. Condición de taludes inspeccionados en la Ruta Nacional 301



(a) evidencias de erosión en la cara del talud, deslizamiento de material y ausencia de cunetas, estación 13+709



(b) evidencias de erosión en la cara del talud, deslizamiento de material y ausencia de cunetas, estación 13+857



(c) evidencias de erosión en la cara del talud y ausencia de cunetas, estación 13+970



(d) evidencias de erosión en la cara del talud y ausencia de cunetas, estación 15+789



(e) evidencias de erosión en la cara del talud y ausencia de cunetas, estación 18+617



(f) evidencias de erosión en la cara del talud y ausencia de cunetas, estación 29+302

Figura 3. Condición de los taludes de relleno inspeccionados en la Ruta Nacional 301



(a) pérdida de sección, ausencia de cunetas y evidencias de deslizamiento, estación 3+791



(b) pérdida de sección de la carretera y ausencia de cunetas, estación 13+389



(c) pérdida de sección de la carretera y ausencia de cunetas, estación 16+971



(d) ausencia de cunetas y evidencias de deslizamiento, estación 18+009



(e) pérdida de sección de la carretera y ausencia de cunetas, estación 23+081



(f) pérdida de sección de la carretera y evidencias de deslizamiento, estación 31+347

Para el tramo que concentra la mayor cantidad de puntos con evidencias de inestabilidad ubicado entre los estacionamientos 10+000 al 20+000 (61 puntos), tramo localizado entre Cangrejal y el Liceo de Sabanillas 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 efectuar 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 hacer 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 los taludes ubicados en los estacionamientos 5+357 (Latitud 9,77892338, Longitud -84,18629068) y 6+397 (Latitud 9,77867361, Longitud -84,19513765) fueron evaluados 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 el talud del estacionamiento 5+357. Esta se puede resumir como sigue: el material presente en este talud es material de roca medianamente fracturada sin la presencia de material de relleno en sus discontinuidades. Su pendiente es de aproximadamente 60°, por lo cual se puede clasificar como escarpada. Se trata de un talud de corte de una altura aproximada de 45 m. Por lo observado en campo, el talud tiene una forma compuesta, en la cual la combinación de familias de discontinuidades ha producido un tipo de falla en cuña. Aunque no fue posible notar evidencias de movimiento con la presencia de árboles inclinados, formación de coronas, levantamiento en el pie del talud, grietas alrededor del talud o material caído, no se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a la evolución de las fallas y eventuales deslizamientos.

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, 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 301) y redes eléctricas, no fueron observadas otras estructuras cercanas como puentes, viviendas, agua potable o pasos peatonales. Así pues, con base en esta caracterización, la condición del talud puede clasificarse como "media" y se considera prioritario 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 5+357

Datos Generales	Profesional a cargo	Gustavo Badilla	Condición actual del talud evaluado, la cual consiste en un talud de roca medianamente fracturada de aproximadamente 45 m de altura
	Fecha	16/04/2024	
	Ruta	301	
	Latitud	-84,18629068	
	Longitud	9,77892338	
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm	
Caracterización del talud	Pendiente	60°	
	Altura del talud	45 m	
	Material predominante	Roca	
	Estado de la roca	Roca fracturada	
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Medianamente fracturado	
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno	
	Espesor del relleno de discontinuidades	-	
	Vegetación	Arbustos	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
Condición del talud	Falla en el talud	Cuña	Evidencias de erosión en la cara del talud. No se observa la presencia de cunetas, contracunetas u otra medida de control de escorrentía superficial
	Forma del Talud	Compuesta	
	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 menor	
	Presencia de redes eléctricas	Más de 15 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 otro lado, en la Tabla 4 se pueden ver los resultados de la caracterización de la evaluación realizada para el talud del estacionamiento 6+397. Esta se puede resumir como sigue: el material presente en este talud es material de roca altamente fracturada sin la presencia de material de relleno en sus discontinuidades. Su pendiente es de aproximadamente 60°, por lo cual se puede clasificar como escarpada. Se trata de un talud de corte de una altura aproximada de 25 m. Por lo observado en campo, el talud tiene una forma compuesta y que, por la gran cantidad de familias de discontinuidades, presenta un tipo de falla compuesto. Fue posible notar evidencias de movimiento con la presencia de árboles inclinados y la presencia de una extremadamente pequeña cantidad de material caído (0 m³ - 50 m³); sin embargo, no se observó evidencias de formación de coronas, levantamiento en el pie del talud o grietas alrededor del talud, tampoco se puede descartar que el proceso de meteorización conlleve a una evolución de las fallas y eventuales deslizamientos.

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, 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 301) y redes eléctricas, no fueron observadas otras estructuras cercanas como puentes, viviendas, agua potable o pasos peatonales. Así pues, con base en esta caracterización, la condición del talud puede clasificarse como “media” y se considera prioritario 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.

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 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.

Tabla 4. Talud en el estacionamiento 6+397

Datos Generales	Profesional a cargo	Gustavo Badilla	Condición actual del talud evaluado, la cual consiste en un talud de roca altamente fracturada de aproximadamente 25 m de altura  Evidencias de erosión en la cara del talud. No se observa la presencia de cunetas, contracunetas u otra medida de control de escorrentía superficial 
	Fecha	16/04/2024	
	Ruta	301	
	Latitud	-84,19513765	
	Longitud	9,77867361	
	Precipitación	2000 mm - 3000 mm	
Caracterización del talud	Pendiente	60°	
	Altura del talud	25 m	
	Material predominante	Roca	
	Estado de la roca	Roca fracturada	
	Fracturación de la roca en la cara del talud	Altamente fracturado	
	Condición de las discontinuidades en roca	Sin relleno	
	Espesor del relleno de discontinuidades	-	
	Vegetación	Arbustos	
	Uso de suelo	Camino/carretera	
Condición del talud	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	
	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	0 a 50 - Extremadamente 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	Más de 15 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	



VI. COMENTARIOS FINALES

Después de realizar la visita de campo a la Ruta Nacional 301, 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 utilizar 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 afectaciones que puede sufrir la vía debido a las deformaciones del 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 colocación 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 efectuar 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 ubicado entre los estacionamientos 10+000 al 20+000 (61 puntos), tramo localizado entre Cangrejal y el Liceo de Sabanillas.



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.