



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Ingeniería Geotécnica

Informe: LM-EIC-PIG-I-0014-2021

Evaluación geológico geotécnica de la sección entre Zarcero y Ciudad Quesada de la ruta nacional 141



Tomado de: Municipalidad de Zarcero

Preparado por:

Ing. Laura Solano Matamoros.
Ing. Gustavo A. Badilla Vargas, D.Sc.

Programa de Ingeniería Geotécnica

San José, Costa Rica
Mayo, 2021





1. Informe LM-EIC-PIG-I-0014-2021		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Evaluación geológico-geotécnica de la sección entre Zarcero y Ciudad Quesada de la ruta nacional 141		4. Fecha del Informe 04/05/2021
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. Notas complementarias Ninguno		
7. Resumen <i>Este informe entrega los resultados del acompañamiento realizado el pasado miércoles 21 de abril con la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN) del Lanamme, para la exploración e identificación de sitios vulnerables en la Ruta Nacional 141.</i> <i>En general, la condición de los taludes y laderas a lo largo de la carretera, presentaba una condición regular, con taludes que, en su mayoría, eran de mediana altura. Fueron observados problemas potenciales de deslizamientos de masas de suelo que no contaban con obras de retención para evitar o reducir los riesgos a la infraestructura vial. Adicionalmente, se observaron problemas y ausencia de obras de control de aguas superficiales en los diferentes taludes analizados. Para algunos de los taludes se recomienda realizar un estudio más detallado, con la finalidad de definir cuáles medidas de intervención pueden ser aplicadas.</i>		
8. Palabras clave Taludes, laderas, deslizamiento, muro, obras de protección.	9. Nivel de seguridad: -	10. Núm. de páginas 16
13. Preparado por:		
Ing. Laura Solano Matamoros Fecha: 4/mayo/2021	Ing. Gustavo A, Badilla Vargas, D.Sc. Fecha: 4/mayo/2021	
14. Revisado y Aprobado por:		
Ing. Ana Lorena Monge Sandí, M.Sc Coordinadora del Programa de Ingeniería Geotécnica Fecha: 4/mayo/2021		



Contenido

I.	Introducción	4
II.	Geología	4
II.1	Geomorfología	4
II.2	Amenazas y peligros naturales	4
III.	Identificación y evaluación geotécnica de los taludes	6
III.1	Punto 1, quebrada Lajas	7
III.2	Punto 2, cañón del Río La Vieja	9
III.3	Punto 3, río Peje	11
III.4	Punto 4, Muro de gaviones	13
IV.	Comentarios finales	15
V.	Referencias	16



Evaluación geológico-geotécnica de la sección entre Zarcero y Ciudad Quesada de la ruta nacional 141

I. Introducción

Este informe entrega los resultados del acompañamiento realizado con la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN) del Lanamme, para la exploración e identificación de sitios vulnerables en la Ruta Nacional 141, realizada el pasado miércoles 21 de abril. Se realiza la evaluación geológico-geotécnica del tramo comprendido entre Zarcero y Ciudad Quesada. Para dicha evaluación se utiliza una metodología descriptiva que permite realizar una inspección superficial del frente del talud, mediante la cual se valoran diferentes condiciones que pueden comprometer la estabilidad de los mismos, tales como: la erosión, fragmentos caídos, deslizamiento de masas de suelo, observación de vegetación en los alrededores del talud, y la presencia de obras para el control de aguas superficiales como cunetas, contra cunetas, barandas de protección, entre otros.

Cabe resaltar que los principales agentes que afectan las condiciones de los taludes identificados, y en general en la zona, son los agentes climáticos, y en algunos casos el cambio de pendiente producto de la conformación de un talud de corte.

II. Geología

En general esta zona está constituida por materiales principalmente de formación de los períodos Terciario y Cuaternario, donde predominan las rocas de origen volcánico, las cuales corresponden al grupo Aguacate, ubicados principalmente al este de la región, a partir del sector del poblado San Juan Lajas, el cual es atravesado por el río Lajas.

II.1 Geomorfología

La zona forma parte de la unidad geomorfológica de origen volcánico compuesta por el Volcán Poás y la Sierra Minera de Tilarán. En general, la morfología de la región es irregular con laderas de todo tipo de pendiente, pero principalmente pendientes abruptas (entre 21° a 45°) a escarpadas (mayores que 45°). Su forma se debe a la actividad volcánica, por lo que es posible encontrar todo tipo de rocas volcánicas, principalmente de composición andesítica.

II.2 Amenazas y peligros naturales

El sistema fluvial de la zona corresponde a la subvertiente norte, el cual pertenece a las cuencas de los ríos San Carlos y Sarapiquí.

En general la zona es atravesada por importantes fallas geológicas locales y una gran cantidad de ríos y quebradas. La zona de Ciudad Quesada se encuentra directamente afectada por las fallas de Zarcero, esta condición se puede observar en la Figura 1 y Figura 2.

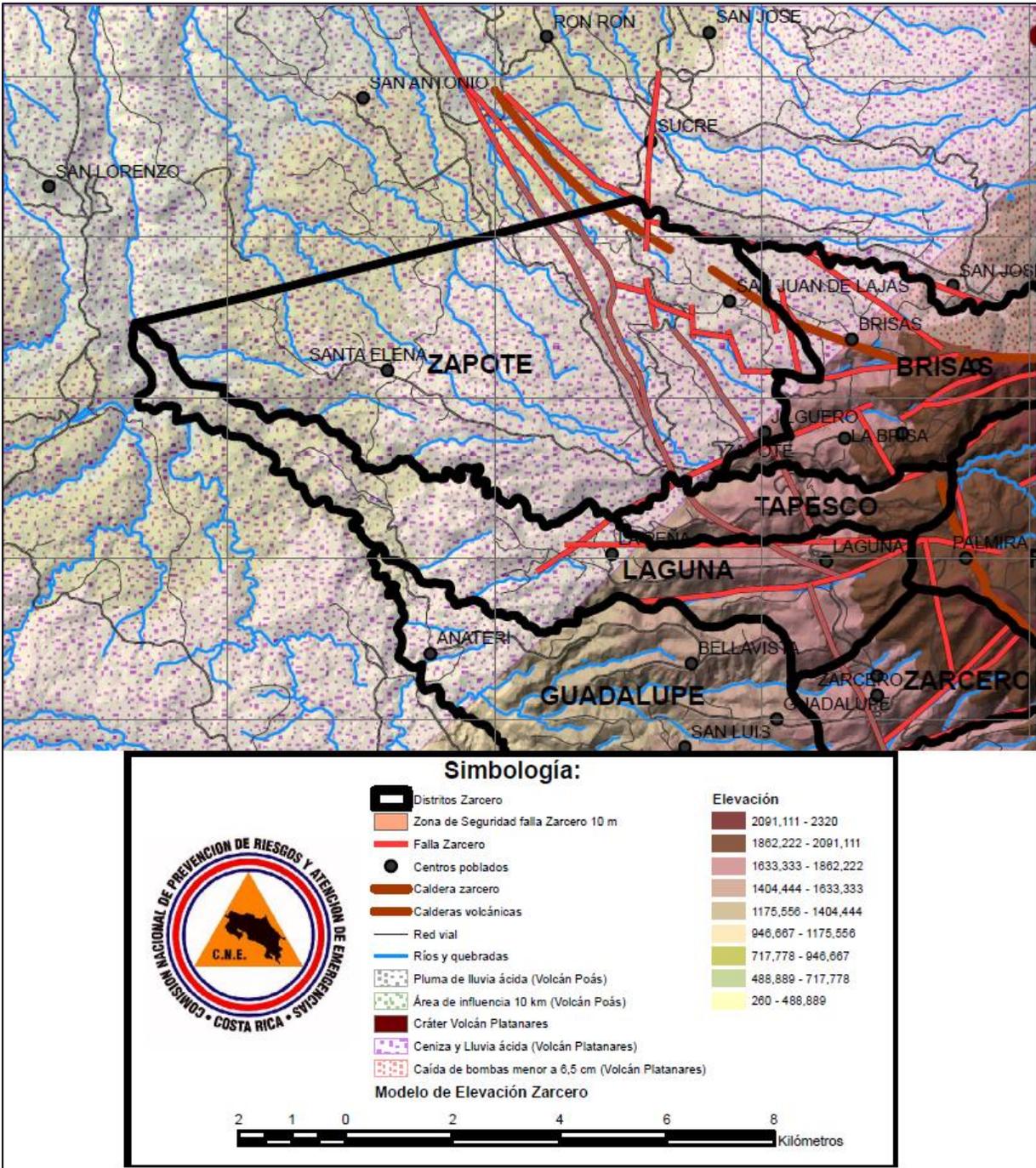


Figura 1. Mapa de amenazas y peligros naturales de la zona de exploración (Zarcero)
Fuente: Modificado de Comisión Nacional de Riesgos y Atención de Emergencias

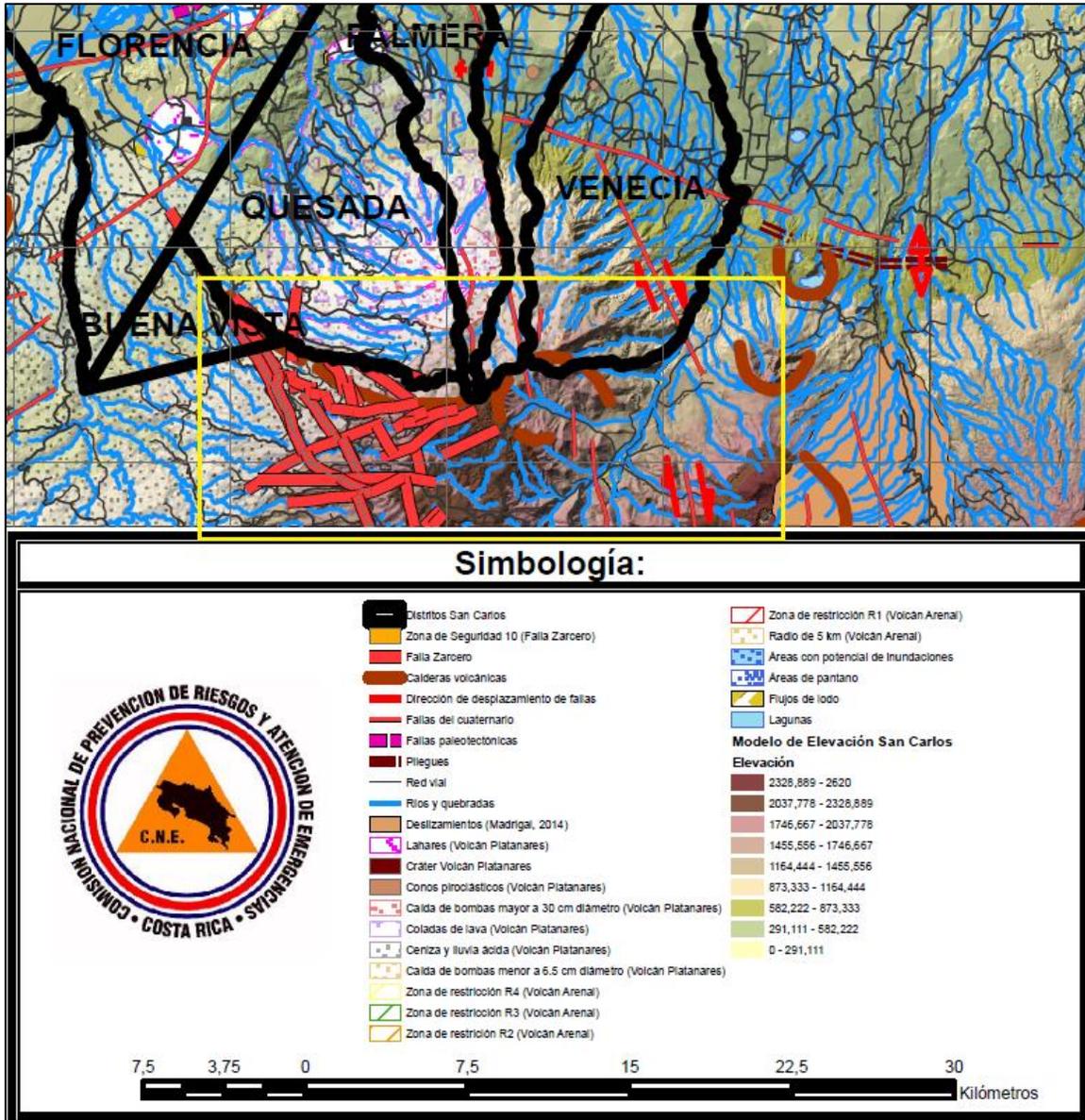


Figura 2. Mapa de amenazas y peligros naturales de la zona de exploración (Ciudad Quesada)
Fuente: Modificado de Comisión Nacional de Riesgos y Atención de Emergencias

III. Identificación y evaluación geotécnica de los taludes

Conforme a la observación de taludes realizada durante la visita, a continuación, se expone los aspectos generales, identificación y ubicación geográfica de los taludes evaluados, así como su descripción geotécnica.

En general, los taludes y laderas que conforman los márgenes de la Ruta Nacional 141, son de mediana altura, entre 8 y 12 m en su mayoría, con fuertes pendientes. A lo largo del recorrido se observan obras como cunetas, barandas de protección y, en algunos sitios, muros de gaviones. Sin embargo, la principal vulnerabilidad detectada tiende a ser la de deslizamientos de masas de suelo, en los cuales, no fueron

observadas la presencia de obras de retención frente al talud para evitar la obstrucción del camino ante una eventual movilización de la masa de suelo.

En lo que respecta a la condición de los taludes y laderas a lo largo de la carretera, se puede mencionar que se encuentran en una condición regular, ya que, a pesar de que en su mayoría son de mediana altura, se observa potencial de deslizamientos de masas de suelo por la presencia de efectos de erosión y caídas de bloques de roca (de origen volcánico) de tamaños considerables.

III.1 Punto 1, quebrada Lajas

El primer punto en el que se identificó una zona vulnerable se ubica junto a la quebrada Lajas (ver Fotografía 1), aproximadamente a 8 km de Zarcero, sobre ruta 141. El talud se encuentra al lado derecho de la carretera en sentido de sur a norte (Zarcero-Ciudad Quesada). Las coordenadas del sitio, en el sistema CRTM05 corresponden a N 001133532 y O 00453527.



Fotografía 1. Sitio vulnerable Punto 1, quebrada Lajas

Como se observa en la fotografía, el punto evaluado está conformado por una ladera natural. La cobertura en la superficie del talud presenta árboles y vegetación de la zona. El material deslizado es principalmente suelo y algunos bloques de roca propios de la formación geológica de la zona.

En la fotografía se puede apreciar la escala de la altura del talud que, al utilizar como referencia el camión cisterna, se puede estimar posee una altura de 9 m, con una pendiente escarpada de aproximadamente 70°. La forma del talud es convexa producto del deslizamiento de la masa de suelo, y al momento de la visita, su encontró con una condición de humedad. Se identifica la existencia de cunetas al pie del talud como estructura para el manejo de aguas de escorrentía sobre la superficie de rodamiento del



pavimento. Sin embargo, no fueron observadas obras de manejo superficial de aguas en la parte alta del talud.

Un aspecto relevante que muestra signos de inestabilidad en la zona donde se encuentra el talud, es la inclinación que tienen algunos de los árboles dispuestos a lo largo del talud. Algunos de ellos muestran cierto grado de inclinación, evidenciando que es posible que se esté presentando algún tipo de movimiento en el medio.

La evidencia de la inestabilidad del terreno en esta zona, también fue posible visualizarla desde aproximadamente 500 metros antes de este punto, con al menos dos deslizamientos de menor volumen de suelo deslizado y altura de los taludes. Estos deslizamientos, representan una condición de inestabilidad general de la zona y no algo puntual de un talud específico. Se considera apropiado realizar una evaluación general de la zona que abarque al menos 1 km de trayecto partiendo desde la quebrada Lajas en dirección hacia Zarcero, con el fin de evaluar si la evidencia de la inestabilidad de los taludes puede ser producto de un movimiento de mayor magnitud.

Finalmente, solo se observa la presencia de barreras de contención en el lado izquierdo de la carretera (sentido Zarcero – Ciudad Quesada). En la Fotografía 2a, se identifica un bloque de gran tamaño al pie del talud, el cual representa un riesgo para el tránsito de esta carretera. También se identifica a pocos metros del deslizamiento un bloque de roca caído (ver Fotografía 2b). Evidenciando el potencial de caída de estas masas rocosas y por lo tanto generando la necesidad de colocar elementos de contención al lado derecho de la carretera, para evitar que al caer estos bloques puedan rodar y obstaculizar el paso de vehículos, o bien, en una situación más crítica como la de golpear un vehículo y ocasionar un accidente.

En el caso del bloque que se muestra en la Fotografía 2b, se considera que este bloque ya se había deslizado tiempo atrás, debido a presencia de la vegetación que ha crecido sobre él y a su alrededor, lo cual hace suponer que el movimiento de este bloque no está asociado al deslizamiento reciente observado en el momento de la visita. Aunado a esto, el deslizamiento puede haber reducido el confinamiento del bloque, lo cual puede promover una eventual movilización, aumentando el potencial de la caída del mismo. Por esta razón, se considera prudente realizar obras de intervención ya sea con obras de protección o extracción, para evitar que su caída sobre la carretera.



(a) (b)
Fotografía 2. Identificación de bloques de roca caídos o con potencial de caer

III.2 Punto 2, cañón del Río La Vieja

El segundo punto en el que se identificó una zona vulnerable se ubica junto al cañón del Río La Vieja, aproximadamente a 20 km de Zarcero, sobre ruta 141. El talud se encuentra al lado derecho de la carretera en sentido de sur a norte (Zarcero-Ciudad Quesada). Las coordenadas del sitio, en el sistema CRTM05 corresponden a N001135676 y O00452419.

Como se observa en la Fotografía 3, este punto está conformado por un talud de corte La cobertura en la superficie del talud está recubierta por pasto y vegetación de la zona. El material deslizado es principalmente suelo y algunos pequeños bloques de roca propios de la formación geológica de la zona.

En esta misma fotografía se puede apreciar la escala de la altura del talud, al utilizar como referencia el vehículo, se puede estimar una altura de 5 a 6 m, con una pendiente escarpada de aproximadamente 60° a 70 °. La forma del talud naturalmente aparenta haber sido cóncavo, sin embargo, producto del deslizamiento, la superficie del talud actualmente presenta forma convexa. Además, la condición de saturación del suelo era húmeda. Se identifica la existencia de cunetas al pie del talud como estructura para el manejo de aguas de escorrentía sobre la superficie de rodadura del pavimento, las cuales están parcialmente obstruidas por el material deslizado. Sin embargo, no fueron observadas obras de manejo superficial de aguas en la parte alta del talud.



Fotografía 3. Sitio vulnerable Punto 2, cañón del Río La Vieja

En la Fotografía 4 se muestra el material deslizado y la afectación que ha generado en ambos márgenes de la vía. En este punto, el trazado de la carretera se ubica en la berma que produce el corte del talud de la ladera natural, que genera un talud en la margen derecha de la carretera sentido Zarcero-Ciudad Quesada, el cual se puede observar en la Fotografía 4 (a), y un talud en la margen izquierda de la carretera, el cual se identifica en la Fotografía 4 (b). Se puede observar que, producto de un posible deslizamiento ocurrido, la barrera de contención colapsó, sin embargo, debido al evidente deterioro de la misma, se estima que el colapso de la barrera no es un evento reciente. Esto evidencia que esta es una zona vulnerable, en la que los deslizamientos de las laderas son recurrentes. Se recomienda realizar un estudio más detallado de este punto, con la finalidad de definir cuáles medidas de intervención pueden ser aplicadas, ya que, al no identificarse inestabilidad de laderas cercanas, aparenta ser una situación de vulnerabilidad puntual.



(a) (b)
Fotografía 4. Deslizamiento en ambos lados de la carretera

La Fotografía 4 (b), corresponde al talud de la margen izquierda de la carretera, se observan evidencias del movimiento general de la conformación de la ladera original. Se identifican aspectos como el crecimiento inclinado de la vegetación, y grietas en la carretera en la base del talud de margen derecha sentido Zarcero-Ciudad Quesada, condición que se muestran en la Fotografía 5 (a). Así como la inclinación de la base de la señalización de la orilla de la vía en la margen izquierda, Fotografía 5 (b).



(a) (b)
Fotografía 5. Evidencias del movimiento de la ladera natural

Aunque al momento de la visita, no fueron observadas grietas en forma de “media luna” en la superficie del pavimento que pudieran sugerir inestabilidad o movimientos recientes del talud, no es posible descartar que este tipo de movimientos se ha venido dado. Lo anterior, puede observarse en la Fotografía 5 (a), donde se nota que ese tramo ha sido intervenido con la colocación de una sobrecapa de mezcla asfáltica que pudo ocultar evidencias del movimiento del talud.

Adicionalmente, como se observa en la Fotografía 6, la ocurrencia de un posible deslizamiento de la ladera del lado derecho de la carretera (sentido Zarcero-Ciudad Quesada), podría obstaculizar el flujo vehicular, ya que el sentido del movimiento del material deslizado y caído sigue el flujo indicado en la Fotografía 6, atravesando la vía y pone en riesgo la seguridad de las personas que transitan por esta vía.



Fotografía 6. Dirección del flujo del material que se desliza

La época lluviosa incrementa la saturación de los suelos que conforman estas laderas, y al estar erosionados y sin protección, el agua infiltrada de las precipitaciones genera un incremento en la presión de poros del suelo, lo que conlleva a una reducción del esfuerzo cortante y por ende a la pérdida de estabilidad de la ladera. Por esta razón, es de suma importancia el adecuado manejo de aguas de escorrentía superficial en estos taludes, así como implementar obras de protección contra la erosión y en algunas zonas localizadas, considerar obras de retención.

III.3 Punto 3, río Peje

Se identificó una obra de estabilización conformada por un muro de gaviones, ubicada junto al río Peje, aproximadamente a 25 km de Zarcero sobre ruta 141. El muro se encuentra al lado izquierdo de la carretera en sentido de sur a norte (Zarcero-Ciudad Quesada).

En la Fotografía 7, durante en el momento de la visita, se observó que el muro se encuentra en mantenimiento preventivo. En general el muro se encuentra en buenas condiciones de operación, no se



observan deformaciones en la cara del muro, el material de relleno de las celdas aparenta ser apropiado, la malla de las celdas no se observa deteriorada ni afectada por los agentes climáticos.



Fotografía 7. Muro de gaviones, proceso de mantenimiento

Al caminar en los alrededores de la ubicación del muro, no hay evidencia de la ocurrencia de algún deslizamiento o zona vulnerable, sin embargo, aproximadamente a 100 m del muro, y sobre la misma ladera del lado izquierdo de la carretera en sentido de sur a norte (Zarcero-Ciudad Quesada), se identifica una zona con evidencia de reptación, lo anterior de observa en la Fotografía 8. Además, la vegetación se percibe con un crecimiento ligeramente inclinado. Esto puede ser un indicador de un movimiento general de la ladera.

Se considera apropiado realizar una evaluación que incluya un levantamiento topográfico de la zona, ya que la reptación es un fenómeno que se presenta cuando existen movimientos superficiales, extremadamente lentos y que generalmente resultan imperceptibles. No es, sino con el paso del tiempo, que este tipo de movimientos genera afectaciones importantes sobre todo en las vías. Se recomienda evaluar la estabilidad general de este punto y en caso de evidenciar el movimiento de la ladera proponer la estabilización de la misma.

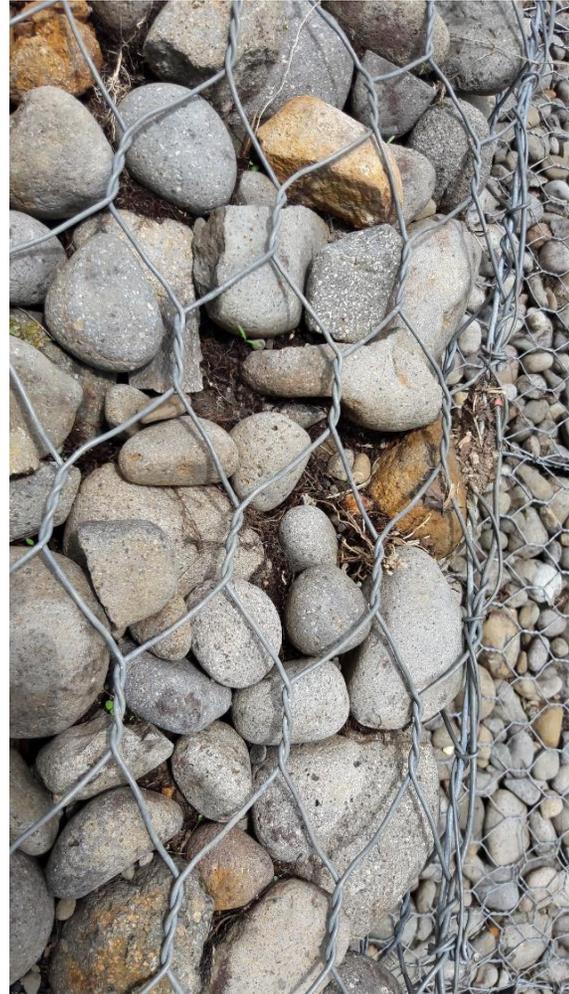


Fotografía 8. Evidencia de reptación del terreno

III.4 Punto 4, Muro de gaviones.

Finalmente se identificó otra obra de estabilización conformada por un muro de gaviones. Ubicada aproximadamente a 14 km de Zarcero sobre ruta 141. El muro se encuentra al lado izquierdo de la carretera en sentido de sur a norte, (Zarcero-Ciudad Quesada). Las coordenadas del sitio, en el sistema CRTM05 corresponden a N001133363 y O00453261.

En la Fotografía 9, fueron observados algunos problemas relacionados con las piedras utilizadas para la construcción del muro de gaviones. Como se puede notar algunas de estas no cumplen con el tamaño requerido, puesto que algunas de ellas presentan tamaños menores que la abertura de la malla y, por lo tanto, eventualmente se pueden salir de la malla, caer y contribuir en la formación de vacíos que produzcan deformaciones en el muro. Sumado a lo anterior, se tiene que la forma redondeada de las piedras utilizadas no permite una “intertrabazón” adecuada de las partículas del muro, reduciendo de manera significativa su resistencia al corte interno.



Fotografía 9. Piedras utilizadas para la construcción del muro de gaviones

Un aspecto que llama la atención en este muro de gaviones, es la presencia de un tipo de colchón también construido con gaviones al pie del muro, no quedando clara su función como elemento de estabilización. Normalmente, este tipo de colchón se utiliza como protección ante la erosión producida por la influencia de corrientes de agua. Más aún, según como se observa en la Fotografía 10, existen algunos árboles cuyas raíces se encuentran inmersas dentro del colchón de gaviones. De lo observado en sitio, no fue posible determinar si el colchón fue construido alrededor de las raíces de los árboles o bien, si estos crecieron después de la colocación del muro. Independientemente de cual fuera la situación, se sugiere hacer un análisis más detallado y puntual para evaluar si la resistencia y la eficacia, presente y futura, del colchón y verificar si la funcionalidad del muro se puede ver comprometida por la presencia de las raíces de los árboles.



Fotografía 10. Colchón de gaviones al pie del muro de gaviones con la presencia de raíces de árboles

IV. Comentarios finales

En general, la condición de los taludes y laderas a lo largo de la carretera, presentaba una condición regular, ya que, a pesar de que en su mayoría son de mediana altura, se observa potencial de deslizamientos de masas de suelo que no contaban con obras de retención para evitar o reducir los riesgos de eventos que pueden eventualmente afectar a la infraestructura vial.

En esta visita fue posible observar algunos problemas y deficiencias en algunas obras construidas, por ejemplo, cunetas obstruidas parcial o totalmente con sedimentos o piedras, y ausencia de obras adecuadas para el control de la escorrentía superficial y manejo de aguas. Asimismo, se observaron problemas producidos por efectos de la erosión, con caídas de bloques de roca de origen volcánico de tamaños considerables.

Adicionalmente, se considera recomendable hacer una revisión de los materiales (rocas) utilizados en la construcción de los muros de gaviones, para verificar las propiedades de forma de los agregados utilizados, pues los agregados redondeados observados pueden generar problemas en el alineamiento las celdas de los muros de gaviones por eventuales deformaciones. Adicionalmente, se sugiere hacer un análisis más detallado y puntual, para evaluar si la presencia de las raíces de árboles observada en el colchón de gaviones del talud comentado en el apartado III.4 puede afectar la resistencia y la eficacia, presente y futura del mismo.



V. Referencias

1. Alvarado, G., Morales, L. D., Montero, W., Climent, A., & Rojas, W. (1988). Aspectos sismológicos y morfotectónicos en el extremo occidental de la cordillera volcánica central del Costa Rica. *Geología America Central*, 75-98.
2. Comisión nacional de prevención de riesgos y atención de emergencias. (s.f.). Mapa de Amenazas y Peligros Naturales del Cantón de San Carlos. San José, Costa Rica.
3. Comisión nacional de prevención de riesgos y atención de emergencias. (s.f.). Mapa de amenazas y peligros naturales del cantón de Zarcero. San José, Costa Rica.
4. Guías de Costa Rica. (15 de Noviembre de 2015). *Guías de Costa Rica*. Obtenido de <https://guiascostarica.com/zarcero/>