

# **Evaluación de estabilidad del tramo vial que comprende las veredas Campamento y el Cerro del municipio de Carepa, Antioquia**

## **Evaluation of Stability on the Road Section Between the Campamento and Cerro Neighborhoods of the Carepa Municipality, Antioquia**

Joan Julián Valle Correa<sup>1\*</sup>  
Néider Augusto Tabarez Hincapié<sup>1</sup>  
Juan Carlos Guzmán Martínez<sup>1</sup>



1. Universidad de Antioquia Multicampus Urabá  
\* Autor para correspondencia: [julian.valle1@udea.edu.co](mailto:julian.valle1@udea.edu.co)

## Resumen

Debido a la recurrencia de movimientos en masa, y consecuentes afectaciones a las que está expuesta la comunidad que transita entre las veredas Campamento y el Cerro del municipio de Carepa-Antioquia, existe la necesidad de evaluar las condiciones de estabilidad del tramo vial en cuestión. Acorde a dicha problemática, se realiza una zonificación geotécnica mediante el modelo físico HSQI en el marco del proyecto de aula del curso de Gestión de Riesgo Geotécnico. Con el propósito de identificar y priorizar las zonas con mayor susceptibilidad a los movimientos en masa, así como, explorar alternativas de estabilidad asociadas a las condiciones actuales del tramo vial. El presente proyecto pretende aportar un avance de investigación para la comprensión del riesgo y apropiación del territorio en las comunidades y entidades gubernamentales inmersas

## Abstract

Due to the recurrence of landslides and the consequent impacts to which the community traveling between the Campamento and Cerro neighborhoods of the municipality of Carepa-Antioquia is exposed, there is a need to evaluate the stability conditions of the road section in question. In accordance with this problem, a geotechnical zoning is carried out using the HSQI physical model in the framework of the classroom project of the Geotechnical Risk Management course. With the purpose of identifying and prioritizing areas with the highest susceptibility to landslides, as well as exploring stability alternatives associated with the current conditions of the road section. The present project intends to contribute to a research advance for the understanding of risk and appropriation of the territory in the communities and government entities involved.

## Introducción

Los movimientos en masa son una de las problemáticas más habituales que se presentan en nuestro entorno, lo cual genera problemas ambientales, lesiones, pérdidas económicas y muertes (Cardozo & Acevedo, 2018). Estos movimientos gravitacionales están afectando frecuentemente a la comunidad que se beneficia del tramo vial entre las veredas Campamento y el Cerro de Carepa, generando una incomunicación con la cabecera municipal, el centro urbano más cercano y donde se encuentran los principa-

les servicios y recursos. Por lo cual, se propone zonificar el tramo vial que conecta las veredas Campamento y el Cerro de Carepa, con el fin de determinar la susceptibilidad a los movimientos en masa, mediante la implementación del modelo físico Hillslope Quality Index (HSQI), proporcionando recomendaciones para la mitigación y prevención del riesgo, mediante medidas tales como: revegetalización, drenajes superficiales, muros de concreto, geosintéticos y concreto lanzado. Entonces, se clasificará y zonificará esta vía terciaria para conocer la susceptibilidad a los movimientos en masa, basándose en el índice de calidad de taludes (HSQI).

La vía ha tenido intervenciones como se observa en la ilustración 4, que, por diversas razones no han sido concluidas, mostrando así, el abandono de la región.

## Desarrollo

Para el estudio de estabilidad de taludes existen diversos sistemas de evaluación, uno de ellos es el *Hillslope Quality Index* (HSQI). El sistema de clasificación HSQI se basa en la metodología propuesta por la Escuela de Nancy para taludes de suelos y rocas (Sánchez, 1989). HSQI es un sistema de clasificación que permite obtener un indicador de estabilidad y su susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en laderas asociadas a corredores viales de zonas montañosas (Montoya & Ortiz, 2021). Este modelo permite la clasificación y zonificación del tramo de estudio, mediante la construcción de secciones de análisis sistemático, con el objetivo de obtener información de la estabilidad del talud considerando el uso de factores como la geomorfología, topografía, geología e hidrología. Además, permite identificar las zonas que representan mayor riesgo. Para la aplicación del modelo se hace uso de parámetros tales como: altura del talud o ladera (H), pendiente de la ladera, parámetros geotécnicos del material como la cohesión ( $c'$ ), ángulo de fricción ( $\varphi'$ ), propiedades físicas e hidrológicas como el peso específico y la cantidad de lluvia dada por un pluviómetro, además se analiza el terreno mediante un levantamiento topográfico donde se especifica el diseño geométrico de la vía y secciones transversales a la misma, determinando el mecanismo de falla del deslizamiento (planar o circular). Dichos parámetros se emplean para el cálculo de dos funciones que están definidas como X y Y, estos valores son necesarios para determinar el índice de calidad del talud. Mediante el cálculo de funciones y la utilización de ábacos establecidos dentro de la metodología, se obtiene un valor de HSQI para cada

sección de análisis, los cuales son indicativos de la susceptibilidad ante la ocurrencia de movimientos en masa para cada sector analizado de la vía. Finalmente, la zonificación a lo largo del corredor se realiza según la categorización de valores establecida para especializar la susceptibilidad. (Montoya & Ortiz, 2021). De acuerdo con los valores obtenidos de HSQI se pueden hacer recomendaciones para la mitigación y prevención del riesgo teniendo en cuenta la ilustración 2, cabe resaltar que cada zona tiene recomendaciones asociadas a su índice de calidad (HSQI).

Para la implementación del modelo HSQI, se debe seguir el paso a paso mostrado en la ilustración 1, que consta de dos momentos. El primero, se encarga de la recopilación de información para obtener valores de los parámetros necesarios; en el segundo momento, se realiza la aplicación del modelo, obteniendo como resultado el índice de calidad del talud permitiendo conocer la susceptibilidad a los movimientos en masa.

Con respecto a la implementación preliminar, se ejecutó el modelo HSQI con base en la información secundaria obtenida de los datos del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río León (Corpourabá, 2019). Obteniendo así, los insumos de los factores de la geomorfología, geología e hidrología a nivel cuenca. Adicionalmente, se empleó el modelo de elevación digital (DEM) obtenido de *alos palsar* (<https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar/>); con ello se trazó secciones transversales alrededor de la vía (ilustración 6). Finalmente, se obtuvo como resultado un mapa de las zonas susceptibles a deslizamientos (ilustración 7), identificando las zonas de mayor criticidad ante la ocurrencia de procesos de inestabilidad, así como las posibles soluciones de prevención y mitigación del riesgo a partir del índice de calidad del talud.

## Conclusiones

El proyecto pretende aportar en la valoración de estabilidad del tramo vial, con el propósito de cuantificar el riesgo en la zona, convirtiéndose en una herramienta e insumo en las medidas y estrategias de gestión del riesgo a implementar. Los principales resultados constan de varios mapas con el uso del *Software ArcGIS*, en los cuales se presentan espacialmente la zonificación y cuantificación de la susceptibilidad a movimientos en masa, lo cual permite identificar los puntos más críticos y realizar un estudio a detalle en la zona mediante métodos de exploración geotécnica.

Como parte de los resultados parciales, se realizó una exploración de la zona de estudio, en la cual se evidencia los procesos de inestabilidad vigentes, tal como se evidencia en la ilustración 3 e ilustración 5.

A continuación, se mencionan aspectos relevantes de la investigación geotécnica planteada:

- Debido a la frecuencia de los movimientos en masa en este sector, se puede desarrollar un sistema de alerta temprana, el cual avise en que momentos se puede generar un movimiento gravitacional que cese el tránsito por la vía.
- Gracias al modelo HSQI que propone soluciones de prevención y mitigación, se puede desarrollar proyectos junto con la Alcaldía Municipal o Gobernación de Antioquia en los puntos más críticos de la vía para la reducción del riesgo en el sector.

## Ilustraciones

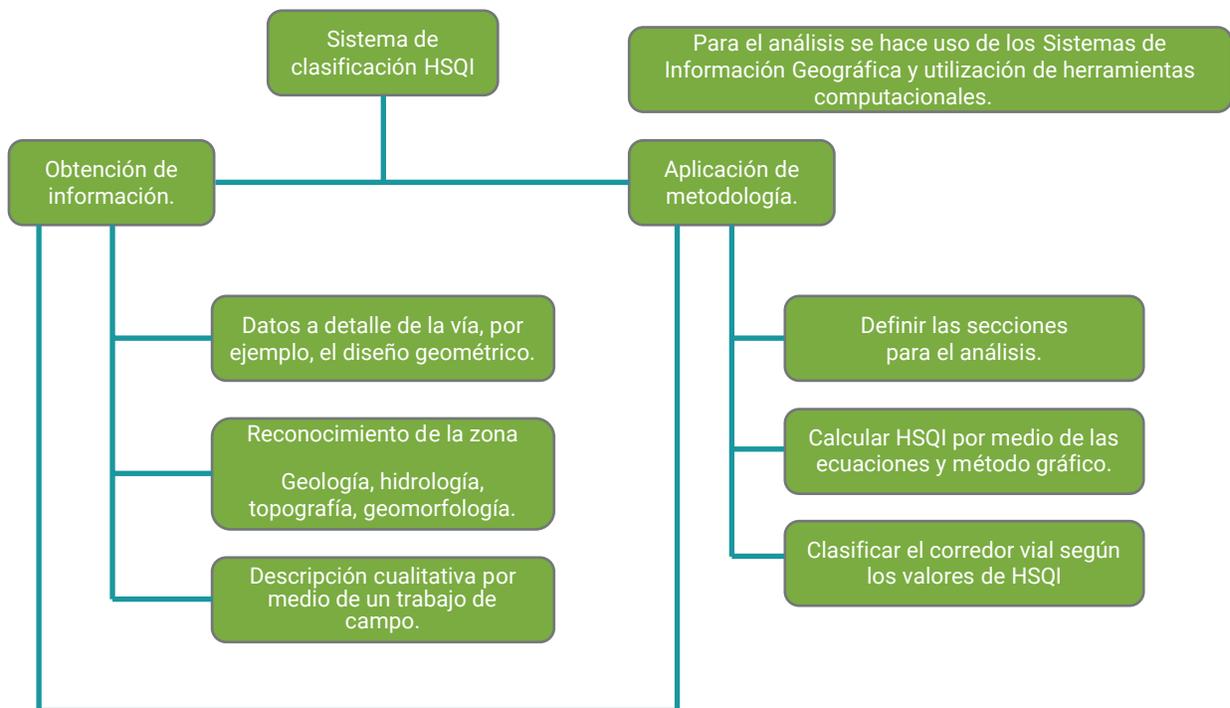


Ilustración 1. Esquema metodológico de la implementación del modelo HSQI.

**Nota:** Elaboración propia.

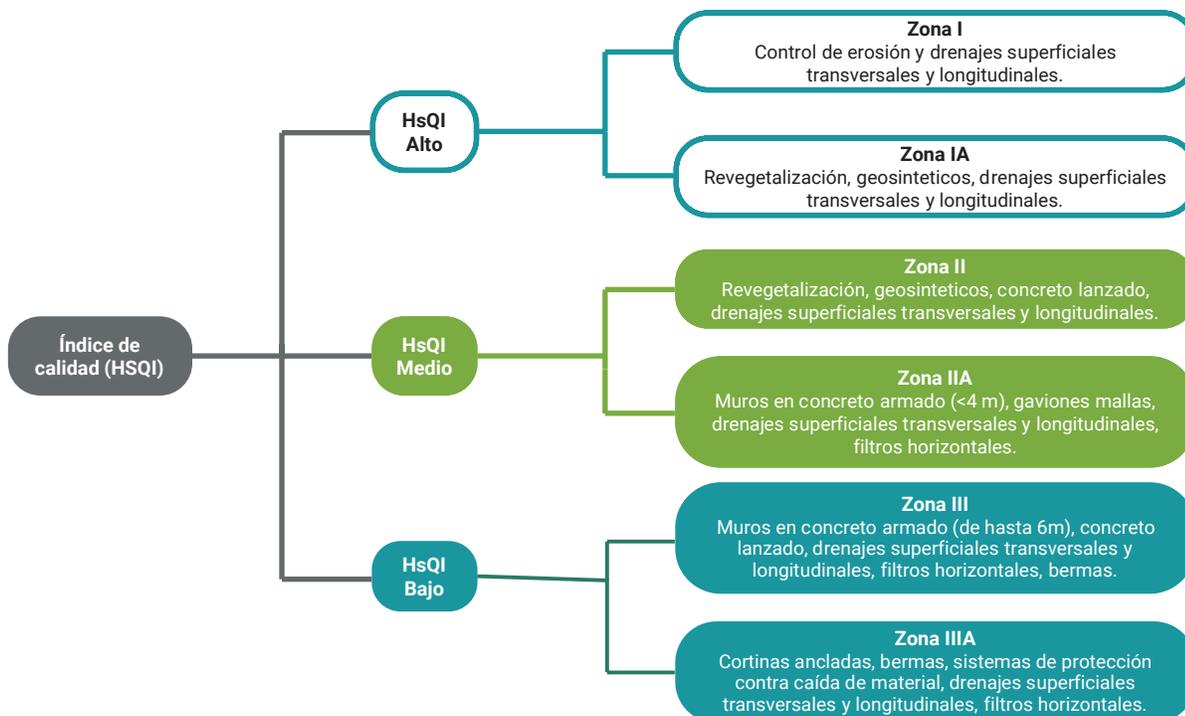


Ilustración 2. Recomendaciones según el modelo HSQI (M. Montoya & Ortiz Giraldo, 2021)



Ilustración 3. Puente afectado por los movimientos en masa, Quebrada la sucia.  
**Nota:** Elaboración propia. Tomada el 24/09/2022.



*Ilustración 4. Talud intervenido en febrero del 2023, Quebrada la sucia.  
**Nota:** Elaboración propia. Tomada el 01/03/2023.*



*Ilustración 5. Deslizamiento presentado por lluvia, Quebrada la sucia  
**Nota:** Brindada por la comunidad. Tomada el 22/05/2023.*

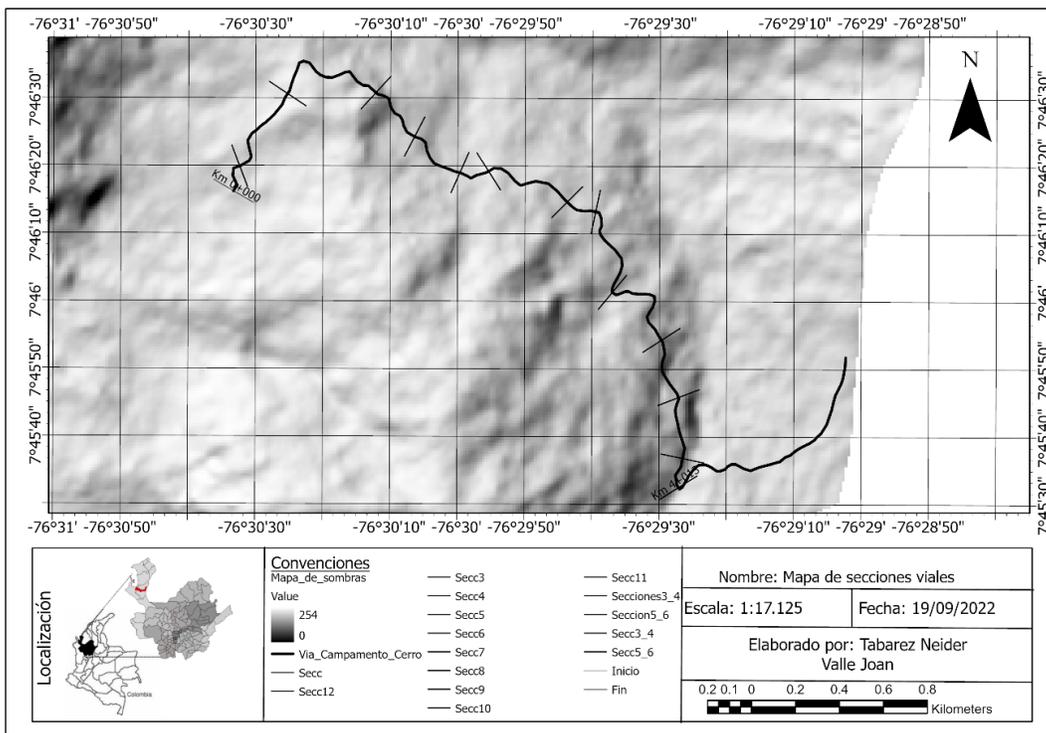


Ilustración 6. Secciones transversales.  
 Nota: Elaboración propia.

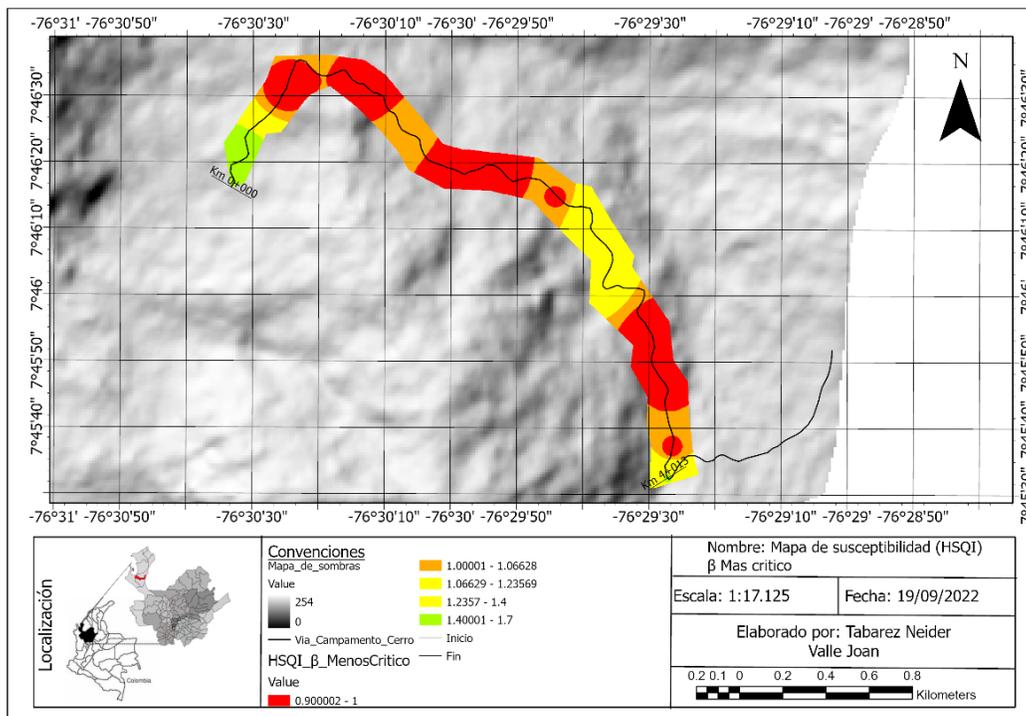


Ilustración 7. Susceptibilidad a deslizamientos.  
 Nota: Elaboración propia.

## Referencias Bibliográficas

Moreno Ceballos, C. A. (2015). *Sistema de classificação Geotécnica de encostas para projetos de estradas baseado no Índice de Qualidade HSQI: Proposta Metodológica e Validação* [Tesis de maestría, Universidade de Brasília]. <https://repositorios-latinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/362198>

Sánchez, A.C. (1989). *Apuntes de Geotécnia. Cursos de geotécnia y prácticas geotécnicas*. Ed. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

Montoya, S. M. & Ortiz, L. (2021). *Zonificación de corredores viales –Hillslope Quality Index (HSQI)*. Integral Ingenieros Consultores. <https://www.integral.com.co/zonificacion-de-corredores-viales-hillslope-quality-index-hsqi>

Cardozo Guantiva, A. M., & Acevedo Velásquez, C. I. (2018). *Perfil de vulnerabilidad social frente a movimientos en masa en el casco urbano del municipio de la vega Cundinamarca*. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/1103>

Corpourabá. (2019). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río León*. Corpourabá. <https://corpouraba.gov.co/pomca-rio-leon/>

Alaska Satellite Facility. (2022). *Datos de ALOS-PALSAR*. Alaska Satellite Facility. <https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar/>

