

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA GEOLÓGICA**

“**ÁNÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MECÁNICOS  
QUE INFLUYEN EN LA INESTABILIDAD DE  
TALUDES UBICADOS EN EL KM 7+000 – 8+200,  
DE LA CARRETERA CHICCHE – LA ENCAÑADA -  
CAJAMARCA 2022**”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Geólogo**

**Autores:**

Aderlin Huaccha Huaccha  
Jorge Lenys Cercado Cruzado

**Asesor:**

Mg. Ing. Miguel Ricardo Portilla Castañeda  
<https://orcid.org/0000-0002-3676-7137>

Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

|                           |                                 |               |
|---------------------------|---------------------------------|---------------|
| Jurado 1<br>Presidente(a) | <b>Wilder Chuquiruna Chávez</b> | <b>116723</b> |
|                           | Nombre y Apellidos              | Nº DNI        |

|          |                                   |               |
|----------|-----------------------------------|---------------|
| Jurado 2 | <b>Rafael Napoleon Ocas Boñon</b> | <b>169542</b> |
|          | Nombre y Apellidos                | Nº DNI        |

|          |                                       |               |
|----------|---------------------------------------|---------------|
| Jurado 3 | <b>Daniel Alex jandro Alva Huaman</b> | <b>128052</b> |
|          | Nombre y Apellidos                    | Nº DNI        |

## Tabla de contenido

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| JURADO EVALUADOR                        | 2         |
| DEDICATORIA                             | 3         |
| AGRADECIMIENTO                          | 4         |
| TABLA DE CONTENIDO                      | 5         |
| ÍNDICE DE TABLAS                        | 6         |
| ÍNDICE DE FIGURAS                       | 7         |
| RESUMEN                                 | 9         |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN                | 10        |
| <b>1.1.    Realidad problemática</b>    | <b>10</b> |
| <b>1.2.    Formulación del problema</b> | <b>17</b> |
| <b>1.3.    Objetivos</b>                | <b>17</b> |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA                | 19        |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS                | 38        |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES   | 71        |
| REFERENCIAS                             | 77        |
| ANEXOS                                  | 81        |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 1:</b> Cálculo del RQD .....                                                                               | 22  |
| <b>Tabla 2:</b> Espaciado de las familias discontinuidades.....                                                     | 22  |
| <b>Tabla 3:</b> Longitud o Persistencia de las discontinuidades .....                                               | 23. |
| <b>Tabla 4:</b> Abertura de las discontinuidades .....                                                              | 23. |
| <b>Tabla 5:</b> Rugosidad de las discontinuidades.....                                                              | 24. |
| <b>Tabla 6:</b> Relleno de las paredes de las discontinuidades.....                                                 | 24. |
| <b>Tabla 7:</b> Meteorización de las discontinuidades.....                                                          | 24. |
| <b>Tabla 8 :</b> Parámetro de aguas subterráneas.....                                                               | 24. |
| <b>Tabla 9 :</b> Orientación de las discontinuidades .....                                                          | 25. |
| <b>Tabla 10 :</b> Coordenadas UT WGS 84 .....                                                                       | 29. |
| <b>Tabla 11:</b> accesibilidad.....                                                                                 | 29  |
| <b>Tabla 12:</b> Unidades Geomorfométricas.....                                                                     | 32. |
| <b>Tabla 13:</b> ensayo de corte directo en roca.....                                                               | 38  |
| <b>Tabla 14:</b> Aplicación de carga.....                                                                           | 39  |
| <b>Tabla 15:</b> Parámetros de resistencia al corte .....                                                           | 41  |
| <b>Tabla 16:</b> Ensayo de Propiedades Físicas en Rocas (ISRM).....                                                 | 41  |
| <b>Tabla 17:</b> Cartografiado Geomecánico .....                                                                    | 39  |
| <b>Tabla 18:</b> Calidad del macizo rocoso con relación al Índice RMR .....                                         | 42  |
| <b>Tabla 19:</b> Mapeo Geomecánico de las discontinuidades.....                                                     | 48  |
| <b>Tabla 20:</b> Condiciones de Análisis de la rotura planar del Set J03 (Estático y Pseudo-estático).....          | 59  |
| <b>Tabla 21:</b> Condiciones de Análisis de la rotura en cuña de los Sets J03 y S (Estático y Pseudo-estático) .... | 62  |
| <b>Tabla 23:</b> Condiciones de Análisis para el Talud Global (Estático y Pseudoestático).....                      | 65  |
| <b>Tabla 24:</b> Condiciones de Análisis para el Talud Global (Estático y Pseudoestático en propuesta) .....        | 68  |
| <b>Tabla 25:</b> Dimensiones del muo de voladizo al ser utilizado en la zona de estudio.....                        | 70  |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Figura 1: Gráfico para determinar el GSI que evalúa la calidad del macizo rocoso.</i>               | 26. |
| <i>Figura 2: Imagen satelital de accesibilidad a la zona de estudio.</i>                               | 30  |
| <i>Figura 3: Temperaturas máximas y mínimas promedio.</i>                                              | 31  |
| <i>Figura 4: Plonicies presentes en la zona de valle.</i>                                              | 32  |
| <i>Figura 5: Laderas en el margen izquierdo de la carretera.</i>                                       | 33  |
| <i>Figura 6: Escarpess en el margen izquierdo de la carretera.</i>                                     | 33  |
| <i>Figura 7: Aplicación de esfuerzo cortante y envolvente de resistencia.</i>                          | 40  |
| <i>Figura 8: valoración en MPa de la resistencia a la compresión Uniaxial.</i>                         | 43  |
| <i>Figura 9: valoración en porcentaje del RQD.</i>                                                     | 43  |
| <i>Figura 10: valoración del espaciamiento entre discontinuidades en mm.</i>                           | 44  |
| <i>Figura 11: Parámetros de estabilidad según el SMR Romana,</i>                                       | 46  |
| <i>Figura 12: Recomendaciones de soporte.</i>                                                          | 46  |
| <i>Figura 13: Ploteo del Valor de GSI.</i>                                                             | 47  |
| <i>Figura 14 Análisis cinemático de roturas del talud.</i>                                             | 49  |
| <i>Figura 15 Valores de ángulo de fricción, orientación del talud.</i>                                 | 49  |
| <i>Figura 16: Análisis cinemático de rotura falla en cuña</i>                                          | 50  |
| <i>Figura 17: Valores de ángulo de fricción de segundo talud.</i>                                      | 50  |
| <i>Figura 18: Análisis cinemático falla en vuelco.</i>                                                 | 51  |
| <i>Figura 19: Valores de ángulo de fricción talud</i>                                                  | 51  |
| <i>Figura 20: Zonas sísmicas del Perú. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).</i> | 53  |
| <i>Figura 21: Ubicación de las coordenadas para la obtención del coeficiente de sismicidad.</i>        | 54  |
| <i>Figura 22: Gráfico de espectro de peligro uniforme con un periodo de retorno de 475 años</i>        | 55  |
| <i>Figura 23: Vista en Perspectiva del posible deslizamiento del Bloque de roca formado por J01.</i>   | 56  |
| <i>Figura 24: Análisis del Factor de Seguridad en condiciones estáticas y secas.</i>                   | 56  |
| <i>Figura 25: Análisis del Factor de Seguridad en condiciones estáticas y saturada.</i>                | 57  |
| <i>Figura 26: Análisis del Factor de Seguridad en la que se aprecia que el talud es inestable</i>      | 57  |
| <i>Figura 27: Análisis del Factor de Seguridad, en la que se aprecia que el talud es inestable</i>     | 58  |
| <i>Figura 28: Análisis de Sensibilidad que muestra que para que el talud sea estable</i>               | 58  |

**Figura 29:** Análisis del Factor de Seguridad por el modelo de Mohr coulomb, en la que se aprecia que el talud es estable en condiciones secas y estáticas ..... 60

**Figura 30** Análisis del Factor de Seguridad por el modelo de Mohr coulomb, en la que se aprecia que el talud es estable en condiciones saturadas..... 60

**Figura 31:** Análisis del Factor de Seguridad por el modelo de Mohr coulomb, en la que se aprecia que el talud es estable en condiciones Pseudoestáticas y secas ..... 61

**Figura 32:** Análisis del Factor de Seguridad por el modelo de Mohr coulomb, en la que se aprecia que el talud es estable en condiciones Pseudoestáticas y saturadas. .... 61

**Figura 33:** Análisis del Factor de Seguridad por el método de Spencer, en condiciones estáticas. .... 63

**Figura 34:** Análisis del Factor de Seguridad por el método de Morgenstern - Price, condiciones estáticas. 63

**Figura 35:** Análisis del Factor de Seguridad por el método de Spencere en condiciones Pseudoestáticas... 64

**Figura 36:** Análisis del Factor de Seguridad por el método de Morgenstern Price Pseudoestáticas..... 64

**Figura 37:** Análisis del Factor de Seguridad método de Spencer, en condiciones estáticas corregido ..... 66

**Figura 38:** Análisis del Fs por el método de Morgenstern - Price, condiciones estáticas - corregido ..... 66

**Figura 39:** Análisis del FS por el método de Spencere en condiciones Pseudoestáticas corregido..... 67

**Figura 40:** Análisis del Fs por el método de Morgenstern Price Pseudoestáticas corregido..... 67

**Figura 41:** Muro con voladizo que se debe construir en la zona de estudio..... 69

## RESUMEN

La investigación tiene como objetivo realizar el análisis de los parámetros mecánicos que influyen en la inestabilidad de taludes ubicados en el Km. 7+000 – 8+200, de la carretera Chicche – la Encañada - Cajamarca 2022, para lo cual se trabajó con una población conformada por todos los macizos rocosos de los taludes ubicados en el Km. 7+000 – 8+200, de la carretera Chicche – la Encañada - Cajamarca, del cual fue extraída la muestra que se compone por 06 estaciones geomecánicas de muestreo y de macizo rocoso del talud ubicado en el Km. 7+000 – 8+200, por otro lado las técnicas de recolección de datos es la observación directa y el análisis documental, Por otro lado para el posterior tratamiento y análisis de los datos que se obtuvo en campo se empleó programas como ArcGIS, Dips. En la primera etapa de este informe se describe los resultados que se realizó una evaluación geomecánica con el fin de conocer la calidad del macizo rocoso y se tomó datos de los puntos topográficos para obtener el perfil del talud. Posteriormente se realizó el análisis con el software slide, rocplane, swedge para calcular los valores del factor de seguridad. Tanto de suelos como de rocas. Concluyendo que se logró realizar análisis geomecánico que permitió determinar que los parámetros que influyen en la inestabilidad de los ubicados en el Km. 7+000 – 8+200, de la carretera Chicche – la Encañada – Cajamarca son la cohesión la fricción, la rugosidad de las discontinuidades, el tipo de relleno de las diaclasas y la geometría del talud, obteniéndose bajos valores de resistencia.

**PALABRAS CLAVES:** Evaluación geomecánica, clasificación geomecánica, estabilidad de taludes.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- SEMANA. (13 de Diciembre de 2020). Cierre total e indefinido en la autopista Medellín-Bogotá. 1-2. Obtenido de <https://www.semana.com/nacion/articulo/cierre-total-e-indefinido-en-la-autopista-medellin-bogota/202008/>
- Ministerio de vivienda saneamiento y construcción Reglamento nacional de edificaciones 2006 Decreto supremo N°011- 2006
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Canada: Wiley- Interscience Publication.
- BIENIAWSKI, Z.T. 1989. “*Engineering rock mass classifications*”: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering. Wiley-Interscience. pp. 40-47
- Chunga, K., Stay, D., Quiñónez Macias, M., Salinas, I., Cahuana, N., & Villacreses, C. (2020). Caracterización geomecánica de taludes de roca basáltica en la costa sur de Ecuador: implicaciones en su estabilidad. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería. Universidad Del Zulia; Núm. 2 (2020): Volumen Especial; 62-68.*
- R. Tomás, A. Riquelme, M. Cano, J. L. Pastor, J. I. Pagán, J. L. Asensio, & M. Ruffo. (2020). Evaluación de la estabilidad de taludes rocosos a partir de nubes de puntos 3D obtenidas con un vehículo aéreo no tripulado. *Revista de Teledetección, 55, 1–15.*

Marín, S. (2019). *Determinación geomecánica de taludes en zonas críticas en la carretera San Juan - Huacraruco entre los kilómetros 3+000 - 6+200.*

Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3465>

Gallarday Bocanegra, T. E. (2017). Estabilidad de las obras civiles en la corona del Malecon Costanera, Distrito San Miguel--Lima. *Revista Del Instituto de Investigacion de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geograficas, 20(40), 102.*

Alberca, A. (2020). *Estabilización de taludes utilizando geomalla coextruída mono-orientada en el tramo de la carretera Samne-Casmiche, Departamento la*

*Libertad.* Trujillo: Universidad César Vallejo. Obtenido de

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/43281>

Herrera Carranza, E., & Solorzano Poma, L. W. (2020). Estabilidad de Taludes del Tajo Abierto Jesica considerando el Macizo Rocosó Isotropico y Anisotropico. *Revista Del Instituto de Investigacion de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geograficas, 23(46), 37.*

Montoya, F. (2014). *Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera Cruz Blanca - El Gavilán.* Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

Arteaga, N. (2017). *Análisis geológico - geotécnico en los taludes de la carretera Choropampa – Magdalena.* Cajamarca: Tesis Universidad Nacional de Cajamarca.

Calizaya, F. L. (2020). *Evaluación Geotécnica para la estabilidad de taludes en la trocha carrozable-Acconsaya-sector Cruzhuasa-Corani-Carabaya-Puno.*

Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14725>

Rodríguez Cruzado, R., & Tolentino Iparraguirre, V. (2017). *Método de investigación geológico-geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos zona Ronquillo-Corisorgona Cajamarca-Perú.*

Mamani, R. (2016). *Análisis de la estabilidad de taludes en macizo rocoso de la carretera Sina Yanahuaya tramo III - sub tramo 02, a partir de la caracterización geológica y resistencia a la compresión simple.* Puno:

Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12729>

Camacho Gómez, O. S. (2017). *Aplicación de la clasificación geomecánica para mejorar el rendimiento de la voladura en la empresa minera Catalina Huanca S.A.C.*

Díaz Salazar, M. K., & Zelada Alaya, A. (2021). *Estabilidad física para la explotación de agregados en la Empresa Minera no Metálica El Milagro - Cajamarca 2021*

Cueva Romero, J. G., & Arana Cabrera, J. A. (2019). *Caracterización geomecánica en minería subterránea: Una revisión de la literatura científica.*

Porras Mayta, J. F. (2020). *Evaluación geomecánica para la recuperación de puentes con fines de seguridad*