

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ESTIMACIÓN GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO  
PARA CATEGORIZAR LA ESTABILIDAD DE TALUD  
EMPLEANDO LA CLASIFICACIÓN DE MASA DE  
PENDIENTE, HUANCAYO - CAÑETE”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. RAMOS PAREDES, LUISA MARLENE**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL  
TRANSPORTE Y URBANISMO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2023**

**ASESOR**

Mtro. Porras Olarte, Rando

## **DEDICATORIA**

La presente investigación lo dedico a mis queridos padres Constantino y Alfreda que en vida me inculcaron el bien y desde el cielo me guían y mandan sus bendiciones; del mismo modo a mi esposo Julio y a mis hijos Luis Carlos Randolphi y Yesseira por su comprensión, apoyo y ser parte para alcanzar mis metas.

Bach. Luisa Marlene Ramos Paredes

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento a los profesionales que hicieron posible mi formación profesional aportando sus conocimientos y experiencia, del mismo modo el agradecimiento especial al Mg. Julio Fredy Porras Mayta por orientarme en la recopilación y procesamiento de la información; del mismo modo a mi asesor el Mg. Rando Porras Olarte por su valioso apoyo.

Bach. Luisa Marlene Ramos Paredes

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0078 - FI -2023

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulada:

**ESTIMACIÓN GEOMECANICA DE MACIZO ROCOSO PARA CATEGORIZAR LA ESTABILIDAD DE TALUD EMPLEANDO LA CLASIFICACIÓN DE MASA DE PENDIENTE, HUANCAYO - CAÑETE**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. RAMOS PAREDES LUISA MARLENE

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERA CIVIL

Asesor(a) : ING. RANDO PORRAS OLARTE

Fue analizado con fecha 17/11/2023; con 92 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de 23 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: *Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.*

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 17 de Noviembre de 2023.



MTRA. LIZET DORIELA MAÑTARI MINCAMI  
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. Tapia Silguera, Rubén Darío  
Presidente

---

Dr. Navarro Veliz, Javier Amador  
Jurado

---

Mg. Gonzales Rojas, Carlos Alberto  
Jurado

---

Ing. Montalvan Salcedo, Dayana Mary  
Jurado

---

Mg. Untiveros Peñaloza, Leonel  
Secretario docente

## CONTENIDO

ASESOR .....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS.....	6
CONTENIDO.....	8
CONTENIDO DE TABLAS .....	11
CONTENIDO DE FIGURAS .....	13
RESUMEN .....	14
ABSTRAC .....	15
INTRODUCCIÓN .....	16
CAPITULO I .....	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	19
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	19
1.2. Delimitación del problema .....	22
1.2.1 Delimitación espacial .....	22
1.2.2 Delimitación temporal .....	22
1.2.3 Delimitación económica .....	23
1.3. Formulación del problema.....	23
1.3.1 Problema general .....	23
1.3.2 Problemas específicos.....	23
1.4. Justificación.....	23
1.4.1 Justificación práctica (social) .....	23
1.4.2 Justificación metodológica.....	24
1.5. Objetivos .....	24
1.5.1 Objetivo general.....	24
1.5.2 Objetivos específicos.....	24
CAPITULO II .....	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Antecedentes .....	25
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	25

2.1.2	Antecedentes nacionales.....	28
2.2	Bases teóricas o científicas.....	31
2.3	Definición de términos.....	48
CAPITULO III.....		53
HIPOTESIS.....		53
3.1	Hipótesis.....	53
3.1.1	Hipótesis general.....	53
3.1.2	Hipótesis específicas.....	53
3.2	Variables.....	54
3.2.1	Definición conceptual de las variables.....	54
3.2.2	Definición operacional de las variables.....	54
3.2.3	Operacionalización de las variables.....	55
CAPITULO IV.....		56
METODOLOGÍA.....		56
4.1	Método de investigación.....	56
4.2	Tipo de investigación.....	56
4.3	Nivel de investigación.....	56
4.4	Diseño de investigación.....	56
4.5	Población y muestra.....	57
4.5.1	Población.....	57
4.5.2	Muestra.....	57
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
4.6.1	Técnicas de recolección de datos.....	57
4.6.2	Instrumentos de recolección de datos.....	57
4.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	57
4.8	Aspectos éticos de la investigación.....	58
CAPÍTULO V.....		59
RESULTADOS.....		59
5.1	Descripción del área de trabajo.....	59
5.1.1	Descripción litológica de la zona.....	59
5.1.2	Litológica del área de investigación.....	62
5.1.3	Evaluación de los parámetros geomecánicos.....	67
CAPÍTULO VI.....		80



ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	80
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES .....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	85
ANEXOS .....	87
Anexo N° 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	88
Anexo N° 02 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	89
Anexo N° 03 VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) .....	90
Anexo N° 04 Rugosidad y perfiles de rugosidad (Brown, 1981) .....	91
Anexo N° 05 Relación entre la densidad de la roca, la resistencia a compresión y el número de rebote, (Miller 1965, Brown 1981).....	92

## CONTENIDO DE TABLAS

“Tabla 1 Clasificación de calidad de roca” .....	33
«Tabla 2 Clasificación de Bieniawski, valora una serie de parámetros» .....	34
«Tabla 3 Parámetro de resistencia de la roca intacta» .....	34
«Tabla 4 Parámetro para RQD».....	34
«Tabla 5 Parámetro para espaciado de las discontinuidades» .....	34
Tabla 6 Parámetro para la apertura de las discontinuidades .....	35
Tabla 7 Parámetro para la persistencia de las discontinuidades.....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Tabla 8 Parámetro para la rugosidad de la discontinuidad <b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Tabla 9 Parámetro para el relleno de la discontinuidad .....	35
Tabla 10 Parámetro para la alteración de la discontinuidad.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabla 11 Parámetro para presencia de agua en la discontinuidad.....	36
Tabla 12 Clasificación de RMR .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
«Tabla 13 Valoración de la orientación de las discontinuidades» .....	44
«Tabla 14 Valores correspondientes al factor F4» .....	45
«Tabla 15 Factores de ajuste de la clasificación SMR» .....	46
«Tabla 16 Valores del SMR para cada tipo de rotura».....	46
Tabla 17 Descripción de clases de SMR.....	47
«Tabla 18:Medidas de corrección de taludes en roca» .....	47
«Tabla 19 método de sostenimiento» .....	48
Tabla 20 Operacionalización de las variables .....	55
Tabla 21 N° de rebotes promedio: 55.....	68
Tabla 22 Evaluación geomecánica del talud mediante la cartilla de Bieniawski RMR .....	75
Tabla 23 Evaluación cartilla geomecánica SMR (ROMANA 1985) .....	76
«Tabla 24 Valores del SMR para cada tipo de rotura».....	77
«Tabla 25 Descripción de clases de SMR».....	77
Tabla 26 Medidas de corrección de taludes en roca. ....	78
Tabla 27 Método de sostenimiento .....	79



## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Desprendimiento de rocas en la vía Carretera Huancayo Cañete .....	21
Figura 2 Progresiva Carretera Huancayo Cañete .....	21
Figura 3 Paradero San Blas Carretera Huancayo Cañete.....	22
«Figura 5 Estructura de martillo de Schmidt».....	38
«Figura 6 Dimensiones de testigo» .....	38
«Figura 7 Condiciones de rotura plana y rotura & cuña» .....	42
Figura 8 Se aprecia el paquete de calizas y en la parte superior la capa de suelos con la presencia de árboles como el eucalipto, quinual, entre otros. ....	64
Figura 9 de secciones transversales .....	66
Figura 10 Cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial .....	68
Figura 11 Familia N° 1 Conformados por los planos de estratificación .....	69
Figura 12 Familia N° 2 y 3 Conformados por diaclasas formando ángulo diedro igual a 90° .....	69

## RESUMEN

Esta investigación tiene como propósito principal: Establecer de qué manera la estimación geomecánica del macizo rocoso permite categorizar la estabilidad de talud empleando la clasificación de masa de pendiente, carretera Huancayo - Cañete 2022. La hipótesis general a demostrar es fue La estimación geomecánica del macizo rocoso por medio de la cartilla del RMR y el cálculo factores de ajuste propuestos por Romana influyen en la categorizar la estabilidad de talud empleando la clasificación de masa de pendiente, carretera Huancayo - Cañete 2022. El método de investigación seleccionado es de tipo aplicado, de nivel correlacional y de diseño no experimental. La población objeto de estudio corresponde a la carretera Huancayo - Cañete, que abarca una extensión aproximada de 290.773 kilómetros, centrándose específicamente en el tramo de Chupaca - Colpa, el cual está compuesto por 26 taludes conformados por macizo rocoso. Es importante destacar que la muestra seleccionada no es probabilística y está conformada por el talud situado entre las progresivas 267+000 al 267+180 del tramo Colpa - Chupaca (paradero San Blas). Los resultados obtenidos a partir de esta investigación indican que: Se comprobó que mediante la estimación geomecánica del macizo rocoso empleando la clasificación de masa de pendiente permitiendo categorizar la estabilidad de talud, cuyos resultados fueron que el macizo rocoso pertenece a la clase N° = III b, la descripción lo cataloga como normal, su estabilidad parcialmente inestable con la presencia de roturas de algunas juntas o muchas cuñas y proponiendo un sostenimiento sistemático.

**Palabras claves:** Estimación geomecánica, macizo rocoso, estabilidad de talud y clasificación de masa de pendiente.

## ABSTRAC

The main purpose of this research is: To establish how the geomechanical estimation of the rock mass allows the slope stability to be categorized using the slope mass classification, Huancayo - Cañete 2022 highway. The general hypothesis to be demonstrated is The geomechanical estimation of the rock mass Through the RMR primer and the calculation of adjustment factors proposed by Romana, they influence the categorization of slope stability using the slope mass classification, Huancayo - Cañete 2022 highway. The selected research method is of the applied type, level correlational and non-experimental design. The population under study corresponds to the Huancayo - Cañete highway, which covers an approximate extension of 290,773 kilometers, focusing specifically on the Chupaca - Colpa section, which is composed of 26 slopes made up of rock mass. It is important to highlight that the selected sample is not probabilistic and is made up of the slope located between the progressives 267+000 to 267+180 of the Colpa - Chupaca section (San Blas location). The results obtained from this research indicate that: It was proven that through the geomechanical estimation of the rock mass using the slope mass classification, allowing the slope stability to be categorized, the results of which were that the rock mass belongs to class N° = III b, the description classifies it as normal, its stability partially unstable with the presence of breaks in some joints or many wedges and proposing systematic support.

**Keywords:** Geomechanical estimation, rock mass, slope stability and slope mass classification.

## INTRODUCCIÓN

La investigación que lleva por título: “Estimación geomecánica del macizo rocoso para categorizar la estabilidad de talud empleando la clasificación de masa de pendiente, Huancayo - Cañete” partió del problema: Perú y sus diferentes regiones están en constante desarrollo socio- económico, pero existe un problema que se viene incrementado mientras transcurre el tiempo, esta es la mala infraestructura vial que en los últimos años se ha posicionado como uno de los más grandes problemas de nuestro país, puesto que ha generado pérdidas materiales y a la vez humanas.

Las causas del deterioro que muestran las carreteras del país se atribuyen a diversos factores, entre los cuales destacan:

- Movimiento sísmico externo: Los terremotos constituyen una causa significativa de estos desplazamientos.
- Infiltración por precipitaciones: Esta provoca una reducción en la resistencia al esfuerzo cortante del suelo de dos maneras, dependiendo de su grado de saturación.
- Incremento de la presión de poros: Se produce en materiales saturados, como consecuencia de variaciones en el nivel freático.
- Eliminación de succión o presión negativa de poros: Esta situación puede ocurrir en taludes de suelo no saturado.
- La cantidad de agua que se infiltra en el suelo, ya sea por lluvias o fusión de nieve, puede diferir significativamente entre áreas con cobertura vegetal intacta y zonas deforestadas o alteradas. Por ende, la merma en la resistencia al corte debido a la infiltración de agua de lluvia se ve fuertemente influenciada por modificaciones sustanciales en áreas circundantes, tales como deforestación, relleno de valles, alteraciones en las características naturales de drenaje, urbanización y construcción de embalses.
- El incremento en la precipitación resulta en una mayor infiltración, lo que a su vez intensifica el impacto en la resistencia de los suelos y, por consiguiente, en la estabilidad de los taludes. De esta manera, las

precipitaciones extraordinarias con frecuencia desencadenan deslizamientos generalizados, especialmente en regiones que han experimentado procesos de deforestación y alteraciones significativas en su entorno.

- Mal diseño al momento de realizar el expediente técnico.
- Uso de materiales defectuosos o de mala calidad.
- Mala aplicación de procesos constructivos.
- Falta de un programa sobre mantenimiento de infraestructura vial.
- Malas prácticas del ejercicio profesional, entre otros.

Debido a estos componentes los taludes muestran deterioro que se manifiesta comuna desestabilidad.

Para comprender mejor la investigación fue desarrollada en 6 capítulos cuyos contenidos temáticos fueron establecidos de la siguiente manera:

### **Capítulo I: Planteamiento del Problema**

En este primer capítulo, titulado "Planteamiento del Problema", se presenta una detallada descripción de la problemática que motiva la investigación. Se procede a delimitar el problema en términos espaciales, temporales y económicos. Posteriormente, se formula el problema, destacando tanto el enfoque general como los específicos. A continuación, se expone la justificación de la investigación, resaltando tanto su relevancia práctica y social como su fundamentación metodológica. Finalmente, se detallan el objetivo general y los objetivos específicos que guiarán el desarrollo de la investigación.

### **Capítulo II: Marco Teórico**

El segundo capítulo, denominado "Marco Teórico", se centra en la revisión de los antecedentes relacionados tanto a nivel nacional como internacional. Posteriormente, se exponen las bases teóricas o científicas que sustentan el estudio, proporcionando definiciones precisas de los términos clave. Finalmente, se presenta el marco conceptual que orienta la investigación.



### **Capítulo III: Hipótesis**

En el tercer capítulo, titulado "Hipótesis", se formulan tanto la hipótesis general como las específicas. Se procede a definir conceptual y operacionalmente las variables de estudio. Finalmente, se realiza la operacionalización de las variables, estableciendo los indicadores concretos que serán utilizados en la investigación.

### **Capítulo IV: Metodología**

Este capítulo destaca los aspectos metodológicos de la investigación. Se especifica el método de investigación empleado, el tipo y nivel de la investigación, así como el diseño de la misma. Se detallan aspectos relacionados con la población y muestra bajo estudio, así como las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos. Por último, se abordan los aspectos éticos que guiarán el desarrollo de la investigación.

### **Capítulo V: Resultados**

En el quinto capítulo se presentan de manera organizada y sistemática los resultados obtenidos como producto de la investigación.

### **Capítulo VI: Análisis y Discusión de Resultados**

En este capítulo, se lleva a cabo una comparación exhaustiva entre los resultados obtenidos en la investigación y los antecedentes considerados en el estudio. Se busca establecer relaciones y contrastes significativos que aporten a la comprensión de la problemática en cuestión.

### **Capítulo VII: Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Anexos**

Finalmente, en este último capítulo se presentan las conclusiones derivadas de los hallazgos de la investigación, seguidas de las recomendaciones pertinentes. Se incluye una lista de las referencias bibliográficas utilizadas en el trabajo y, por último, se adjuntan los anexos necesarios para respaldar y complementar la información presentada a lo largo de la investigación.

Bach. Luisa Marlene Ramos Paredes

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Perú y sus diferentes regiones están en constante desarrollo socio-económico, pero existe un problema que se viene incrementado mientras transcurre el tiempo, esta es la mala infraestructura vial que en los últimos años se ha posicionado como uno de los más grandes problemas de nuestro país, puesto que ha generado pérdidas materiales y a la vez humanas.

Las causas del deterioro que muestran las carreteras del país se deben a muchos factores entre los cuales podemos referir que son:

Los taludes representan componentes fundamentales de la infraestructura vial, sin embargo, se ven sometidos a diversos factores que inciden en su estabilidad. Entre estos factores se destacan:

1. Movimiento sísmico externo: Los terremotos, como fenómeno de actividad sísmica, ejercen una influencia significativa en la estabilidad de los taludes.
2. Infiltración por precipitación: La penetración de aguas pluviales en el suelo puede conducir a una disminución de la resistencia al esfuerzo cortante, siendo este efecto modulado por la saturación del suelo.
3. Aumento de presión de poros: En suelos saturados, un incremento en la presión de poros, como puede ocurrir con un ascenso en el nivel freático, afecta la estabilidad del talud.
4. Eliminación de succión de poros: En taludes de suelo no saturado, la eliminación de la presión negativa de poros puede generar inestabilidad.

Estos factores se ven exacerbados por actividades humanas y cambios en el entorno:

5. Cambios en la cubierta vegetal y deforestación: La cantidad de precipitación que penetra en el suelo puede variar sustancialmente entre áreas con cubierta vegetal intacto y zonas deforestadas o alteradas.
6. Alteraciones en el entorno circundante: Procesos como la deforestación, relleno de valles, cambios en el drenaje natural, urbanización y construcción de reservorios tienen un impacto en la disminución significativo de la resistencia al corte debido a la infiltración de lluvia.
7. Aumento de precipitaciones: Un incremento en la intensidad de las precipitaciones conlleva a una mayor infiltración, lo que a su vez intensifica el efecto en la resistencia del suelo y, por ende, en la estabilidad de los taludes.

Todo esto se ve agravado por factores influyentes en el diseño y para la ejecución de los servicios básicos de la vía:

8. Errores en el diseño y expediente técnico.
9. Empleo de materiales de baja calidad o defectuosos.
10. Métodos constructivos inadecuados.
11. Ausencia de programas de mantenimiento de la infraestructura vial.
12. Prácticas profesionales deficientes, entre otros.

Estos componentes combinados contribuyen al deterioro y la inestabilidad de los taludes. Por tanto, se hace imperativo llevar a cabo una investigación para evaluar la condición del talud en la carretera Cañete – Huancayo.



*Figura 1 Desprendimiento de rocas en la vía Carretera Huancayo Cañete tramo Chupaca – Colpa paradero San Blas*



*Figura 2 Progresiva Carretera Huancayo Cañete tramo Chupaca – Colpa paradero San Blas*



*Figura 3 Paradero San Blas Carretera Huancayo Cañete tramo Chupaca – Colpa*

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1 Delimitación espacial**

La presente investigación está planteada para ser desarrollada en la carretera que une las ciudades de Cañete a Huancayo con una longitud aproximada de 290. 773 kilómetros, entre el tramo de Colpa - Chupaca con 26 taludes conformados por macizo rocoso.

### **1.2.2 Delimitación temporal**

El desarrollo de la tesis fue planteado para su desarrollo en un periodo de 4 meses iniciándose en el mes de mayo del 2022, tiempo que se empleara para la recopilación de la información, procesarla y presentar los resultados pertinentes.

### **1.2.3 Delimitación económica**

La presente investigación se llevará a cabo con recursos financieros provistos en su totalidad por el bachiller responsable del estudio. Los gastos asociados al desarrollo de la investigación, tales como adquisición de materiales, equipos, costos operativos y otros elementos necesarios, estarán a cargo y serán cubiertos exclusivamente por el mencionado bachiller. No se contempla la participación de entidades externas o financiamiento adicional para la realización de este estudio. Esta delimitación económica asegura la independencia financiera y la autogestión del proyecto de investigación por parte del bachiller.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1 Problema general**

¿De qué manera la estimación geomecánica del macizo rocoso permite categorizar la estabilidad de talud empleando la clasificación de masa de pendiente, carretera Huancayo - Cañete 2022?

### **1.3.2 Problemas específicos**

- a) ¿De qué manera la estimación del índice RMR básico permite categorizar la estabilidad de talud?
  
- b) ¿De qué manera la evaluación del factor de ajuste permite categorizar la estabilidad de talud?
  
- c) ¿De qué manera la evaluación del factor de excavación para categorizar la estabilidad de talud?

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1 Justificación práctica (social)**

La realización de esta investigación se fundamenta en el propósito de identificar de manera precisa y detallada las causas subyacentes a la inestabilidad de taludes. Este análisis profundo permitirá formular una propuesta de solución sólida y eficaz. El alcance de esta intervención no es trivial, ya que repercute directamente en la seguridad y eficiencia de la vía en cuestión, la cual

desempeña un papel de vital importancia para la movilidad y conectividad de la región.

#### **1.4.2 Justificación metodológica**

En su objetivo de recolectar datos de campo el investigador optara por la aplicación de métodos apropiados, las mismas que podrán ser utilizadas para otras investigaciones de similar enfoque.

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1 Objetivo general**

Establecer de qué manera la estimación geomecánica del macizo rocoso permite categorizar la estabilidad de talud empleando la clasificación de masa de pendiente, carretera Huancayo - Cañete 2022.

#### **1.5.2 Objetivos específicos**

- a) Determinar de qué manera la estimación geomecánica índice RMR básico permite categorizar la estabilidad de talud.
  
- b) Calcular de qué manera la estimación geomecánica del factor de ajuste permite categorizar la estabilidad de talud.
  
- c) Determinar de qué manera la estimación geomecánica del factor de excavación permite categorizar la estabilidad de talud.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales**

a) Según: (Morales Muñoz, 2012), sustentó su tesis, titulada "Metodología de estabilización de taludes de carreteras", realizada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, específicamente en la Facultad de Ingeniería Civil, dentro del programa de maestría en Ingeniería Civil, con el objetivo de obtener el título de magíster en ingeniería vial.

El objetivo principal de esta investigación es brindar al profesional la información necesaria para abordar la concepción, diseño y ejecución de obras destinadas a estabilizar taludes inestables. El objetivo es evitar o reducir las pérdidas humanas, económicas y ambientales causadas por deslizamientos de carreteras.

Para cumplir con este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Presentar métodos de retención para estabilizar taludes de carreteras mediante un análisis detallado del diseño.
- Usando el programa para utilizar las propiedades dinámicas del suelo, se puede realizar un análisis de verificación simulando condiciones de taludes actuales y modificadas.



- Describa el proceso de construcción, incluyendo sus usos, ventajas y desventajas, así como el control de calidad correspondiente.
- Realizar un análisis comparativo que sirva como base para decisiones en los profesionales que examinen esta tesis.
- Enseñar y aplicar estas tecnologías en los procesos constructivos de obras civiles a nivel nacional.

Como resultado de la investigación, se concluye que se ejecutó un estudio geofísico que incluyó la realización de un tendido de sísmica de refracción de 240 metros dividido en cuatro líneas sísmicas y cuatro Sondeos Eléctricos Verticales (SEV). Se identificaron varias capas geofísicas con características particulares a través del análisis de sísmica de refracción.

Adicionalmente, se realizó un estudio de perforaciones mecánicas para caracterizar el subsuelo investigado, identificando diversas capas y estratos con propiedades geotécnicas particulares. También se implementó un programa de monitoreo de deformaciones y desplazamientos para detectar posibles inestabilidades en el talud y tomar medidas preventivas en consecuencia.

Finalmente, se destaca que, debido a la naturaleza coluvial de la mayoría de los estratos investigados, la determinación del parámetro RQD (índice de calidad de los estratos rocosos) no fue aplicable en este contexto, dada la escasa presencia de testigos de tamaño significativo para su cálculo. La información detallada se encuentra documentada en el Anexo N° 1.2 del presente informe.

b) según: (Melentijevic, 2005), quien, defendió su tesis sobre "Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada". Con el objetivo de obtener el título de doctor, se plantea una investigación de gran importancia.

Su objetivo general en esta tesis se enfoca en la investigación de la estabilidad de taludes en macizos rocosos, con la finalidad de desarrollar un método de cálculo simple y práctico. Este método, que se basa en leyes de fluencia no

asociadas y un criterio de rotura no lineal, incorpora los elementos críticos que influyen en la ruptura de un medio rocoso.

Los objetivos específicos de la investigación incluyen:

- La aplicación del criterio empírico de rotura desarrollado por Hoek & Brown, que se ha convertido en una referencia común en el análisis de estabilidad de taludes. Este criterio se ha adaptado y modificado con el tiempo para abordar diversas necesidades teóricas, basándose en la experiencia adquirida a lo largo de su aplicación.
- Aplicar los conceptos de Brown y Hoek en una forma paramétrica sugerida por Serrano y Olalla. Las tensiones en los planos de rotura se pueden calcular directamente utilizando estas ecuaciones paramétricas. Estas ecuaciones se aplican tanto el principio de fluencia asociada, con un enfoque específico en esta última. Esto es importante porque en la práctica ingenieril, los cálculos de estabilidad de taludes suelen pasar por alto la influencia del valor del ángulo.

Como resultado de esta investigación, se llega a las siguientes conclusiones significativas:

- La tesis demuestra la validez del método, ya que los resultados del programa geotécnico comercial SlopeAV coinciden con los de esta metodología. El cálculo de los factores de seguridad permite la comparación (FS) para numerosos casos de deslizamiento, y la diferencia entre los valores calculados mediante ambos enfoques es mínima, generalmente inferior al 2.5%.
- La metodología también se valida a través de igualar la distribución de esfuerzos entre las tajadas y las tracciones en base de rebanada en conexión a la longitud entre el origen de la superficie de desplazamiento. Nuevamente, los resultados son altamente similares, demostrando la eficacia del método propuesto.

- Se evalúan diferentes eventos de repartimiento de esfuerzos para determinar el valor del factor de seguridad, tanto en los deslizamientos planos y circulares. La discrepancia entre estas funciones es aproximadamente en el 1%, lo que valida la elección de la función de medio-seno como la más adecuada para determinar la estabilidad.
- Se resalta la importancia de considerar el principio de fluencia que no se asocia en el análisis con la estabilidad de taludes, ya que con esta ley se calculan los valores (FS) inferiores en comparación con el principio de la fluencia.
- Se observa que el valor del parámetro de Morgenstern & Price (X) es de 0.25 generalmente en casos de desplazamientos planos estudiados, mientras que, para los deslizamientos circulares, no se puede establecer un único valor representativo.
- Se evidencia que el aumento del "coeficiente de tenacidad" conlleva a una profundización de la superficie de deslizamiento, tanto en deslizamientos planos como circulares, abarcando así un mayor volumen de la masa deslizante.

Esta investigación realizada por Melentijevic (2005) aporta valiosos conocimientos a la mecánica de rocas y la ingeniería geotécnica, ofreciendo un enfoque práctico y eficiente para la evaluación en la estabilidad de taludes conformados en rocas. Sus hallazgos tienen un impacto significativo.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

a) Según: (Sackschewski Chapman, 2017), su tesis que tenía como objetivo general dar solución geotécnica segura, eficaz y económica viable para asegurar la estabilidad del talud en el sector del problema carretera Canta – Huayllay, donde se presentaban agentes de geodinámica externa con un nivel de evado riesgo a medio, abarcando desde la progresiva Km 102 hasta la Km 110.

Los objetivos específicos de la investigación incluyeron:

- Demostrar que la estabilización del talud en la zona del Km: 102 + 780; al Km: 103 + 020 en la vía Canta – Huayllay se beneficiaría de la

reconformación de taludes, el parchado de grietas y la colocación de zanjas de coronación.

- Determinar que la implementación del perfilado y conformación de banquetas y su control de filtraciones de agua serían esenciales para garantizar la estabilidad del talud en el área comprendida entre el Km: 104 + 920 y el Km: 105 + 010.
- Se determinó que la solución adecuada para estabilizar el área del Km: 109 + 500 al Km: 109 + 580 de la vía Canta – Huayllay sería la combinación del talud y la inclinación.

Además, se determinó que los problemas de inestabilidad de taludes en los lugares mencionados se debieron a la ejecución del perfilado mal ejecutado en la zona, creando condiciones inadecuadas de las juntas y el impacto de la presencia de agua que discurre por las fracturas hacia las partes bajas.

Las soluciones propuestas demostraron el índice de seguridad fue apropiado, respaldado por análisis geológico-geotécnicos detallados.

b) Según: (Tardeo de la Cruz & Zanabria Pari, 2016), defendió la tesis "Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos métodos matemáticos en el área de Huayllapampa, distrito de Cuenca Huancavelica"

El objetivo general de la tesis fue determinar el factor de seguridad del talud a través de un análisis dinámico utilizando el método de elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca, Huancavelica, en el año 2016.

Los objetivos auxiliares planteados fueron:

- Determinar los factores internos que influyen en la estabilidad de los taludes en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca, Huancavelica en 2016.
- Analizar los factores externos más relevantes que afectan la estabilidad de los taludes en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca, Huancavelica en 2016.

- En la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca, Huancavelica, se realizaron evaluaciones de excesos de presión de poros y se identificaron posibles zonas de licuefacción con el fin de garantizar la máxima seguridad ante situaciones de riesgo.

Como resultado de esta exhaustiva investigación, se concluyó lo siguiente:

- El análisis estático reveló que la zona de Huayllapampa presenta inestabilidad, ya que el factor de seguridad (FS) es menor a 1, lo cual está en concordancia con la norma E-050 que establece esta condición como indicio de inestabilidad.
- Por otro lado, el análisis dinámico para un sismo de magnitud 6.7 demostró que los factores de seguridad de los taludes nunca descendieron por debajo de 1.20, lo cual sugiere una mayor estabilidad bajo estas condiciones.
- Entre los factores internos más determinantes para la inestabilidad de los taludes en la zona de estudio, se destacan la pendiente y la composición litológica.
- En cuanto a los factores externos analizados, se observó que las precipitaciones no ejercen una gran influencia en la estabilidad de los taludes.
- El factor sísmico, en cambio, desempeña un papel crucial, ya que su ocurrencia incrementa significativamente la probabilidad de falla de los taludes inestables.
- Para una estabilización más eficaz, se recomienda la implementación de un sistema flexible de mallas de acero y pernos de anclaje, que garantiza la estabilidad de los taludes en la zona de Huayllapampa.
- En resumen, el sector analizado se considera inestable debido a las variaciones registradas que están por debajo de 1.25 en los factores de seguridad.

## 2.2 Bases teóricas o científicas

### ➤ **Roca**

“Estos agregados naturales están formados por partículas de uno o más minerales, unidos por enlaces cohesivos sólidos y duraderos. Constituyen masas geológicamente distintas y pueden ser representadas en mapas geológicos de manera independiente”.

### ➤ **Matriz rocosa**

Se refiere al material de grano más fino en el que están incrustados fragmentos de roca, minerales o cristales más grandes.

Forma el fondo o la masa de una roca y mantiene unidos los componentes más grandes.

La composición y características de la matriz de la roca juegan un papel importante en la determinación de las propiedades y el comportamiento generales de la roca.

### ➤ **Macizo rocoso**

Es una masa rocosa se refiere a un gran volumen de roca caracterizado por una combinación de roca intacta y discontinuidades, como fracturas y uniones. Es una forma más amplia y más término más inclusivo que "matriz de roca", que se refiere específicamente al material de grano más fino dentro de una roca.

Las propiedades de un macizo rocoso son cruciales en varios campos, incluida la ingeniería geotécnica, la minería y los estudios geológicos. Los ingenieros y geólogos evalúan el macizo rocoso para comprender su estabilidad, resistencia y comportamiento en diferentes condiciones. Factores como la orientación y densidad de las fracturas, así como la naturaleza de la roca intacta, influyen en la estabilidad general y las propiedades mecánicas del macizo rocoso. Esta información es esencial para tomar decisiones relacionadas con la construcción, excavación, construcción de túneles y otras actividades que involucran formaciones rocosas.



➤ **Discontinuidad**

“Se refiere a una ruptura o irregularidad en la estructura física de un material, como una roca. Las discontinuidades pueden adoptar diversas formas y desempeñan un papel importante a la hora de influir en el comportamiento y la estabilidad de las formaciones geológicas y las estructuras de ingeniería”.

➤ **Tamaño de bloque**

“Un indicador crucial para evaluar la calidad de un macizo rocoso es el tamaño de los bloques”.

“El número de familias de fracturas, su espaciado y tamaño, así como la resistencia al corte de juntas y la roca en sí, son algunos de los factores que determinan su magnitud. Esto tiene un impacto significativo en el comportamiento mecánico del macizo rocoso. Macizos con bloques de gran tamaño suelen ser menos deformables, pero si el tamaño es lo suficientemente reducido, pueden tener un comportamiento más fluido”.

➤ **Meteorización de rocas**

La alteración de rocas se refiere al proceso natural por el cual las rocas se descomponen y desintegran debido a la acción de factores atmosféricos y ambientales. Este proceso es fundamental en la formación y evolución de los suelos. Existen dos tipos principales de meteorización: la meteorización física y la meteorización química.

➤ **RQD**

[...] La Designación de Calidad de Roca (RQD) es una medida utilizada en ingeniería geotécnica para evaluar la calidad de las muestras de núcleos de roca obtenidas de las operaciones de perforación. Fue introducido por Don U. Deere en 1964 y se utiliza ampliamente en el campo de la mecánica de rocas. RQD es particularmente importante en el diseño y análisis de cimientos de roca y túneles.

[...] RQD se calcula como el porcentaje de longitud del núcleo de roca intacta o sana dentro de un macizo rocoso determinado. El método implica inspeccionar visualmente muestras de núcleos de perforación y determinar la longitud de cada tramo de roca sana (sin fracturas o huecos significativos) durante un intervalo de perforación específico. Luego, la longitud total de todos los tramos de sonido se divide por la longitud total del intervalo de perforación y se multiplica por 100 para obtener el valor RQD como porcentaje.

La fórmula para calcular el RQD es:

$$RQD = \frac{\Sigma (\textit{longitud de fragmentos} \geq 10 \text{ cm})}{\textit{longitud total de perforación}} * 100$$

*“Tabla 1 Clasificación de calidad de roca”*

<b>“RQD (%)”</b>	<b>“Calidad de roca”</b>
<b>“&lt; 25”</b>	<b>“Muy mala”</b>
<b>“25 – 50”</b>	<b>“Malo”</b>
<b>“50 – 75”</b>	<b>“Regular”</b>
<b>“75 – 90”</b>	<b>“Bueno”</b>
<b>“90 – 100”</b>	<b>“Muy bueno”</b>

Fórmula alternativa (Cuando no hay sondeos):

$$RQD = 115 - 3.3 Jv \text{ (para } Jv > 4.5)$$

$$RQD = 100 \text{ para } Jv < 4.5$$



➤ **RMR**

«Tabla 2 Clasificación de Bieniawski, valora una serie de parámetros»

Nº	Parámetro	Valor Máximo
(1)	Resistencia del material intacto (Ensayo de carga puntual o compresión simple)	15
(2)	R.Q.D.	20
(3)	Distancia entre las discontinuidades	20
(4)	Condición de las discontinuidades	20
(5)	Agua subterránea	15

«Tabla 3 Parámetro de resistencia de la roca intacta»

Descripción	Resistencia a la compresión simple	Ensayo de carga puntual (MPa)	Valoración
Extremadamente dura	> 250	> 10	15
Muy dura	100 – 250	4 – 10	12
Dura	50 – 100	2 – 4	7
Moderadamente dura	25 – 50	1 – 2	4
Blanda	5 – 25		2
Muy mala	1 – 5	< 1	1
	< 1		0

«Tabla 4 Parámetro para RQD»

Índice de calidad RQD (%)	Calidad	Valoración
0 - 25	Muy mala	3
25 – 50	Mala	8
50 – 75	Regular	13
75 – 90	Buena	17
90 - 100	Excelente	20

«Tabla 5 Parámetro para espaciado de las discontinuidades»

Descripción	Espaciado de las juntas	Tipo de macizo rocoso	Valoración
Muy separadas	>2m	Sólido	20
Separadas	0.6 – 2m.	Masivo	15
Moderadamente juntas	200 – 600 mm.	En bloques	10
Juntas	60 – 200mm.	Fracturado	8
Muy juntas	<60mm.	Machacado	5

Tabla 6 Parámetro para la apertura de las discontinuidades

Grado	Descripción	Separación de las caras	Valoración
1	Abierta	>5mm	0
2	Moderadamente abierta	1 – 5 mm	1
3	Cerrada	0.1 – 1 mm	4
4	Muy cerrada	<0.1 mm	5
5	Ninguna	0	6

Tabla 7 Parámetro para la persistencia de las discontinuidades

Grado	Descripción	Continuidad	Valoración
1	Muy baja	<1 m	6
2	Baja	1 – 3 m	4
3	Media	3 – 10 m	2
4	Alta	10 – 20 m	1
5	Muy alta	> 20 m	0

Tabla 8 Parámetro para la rugosidad de la discontinuidad

Grado	Descripción	Valoración
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
3	Ligeramente rugosa	3
4	Lisa	1
5	Plana (espejo de falla)	0

Tabla 9 Parámetro para el relleno de la discontinuidad

Grado	Descripción	Valoración
1	Blando > 5 mm	0
2	Blando < 5 mm	2
3	Duro > 5 mm	3
4	Duro < 5 mm	4
5	Ninguno	6

Tabla 10 Parámetro para la alteración de la discontinuidad

Grado	Descripción	Valoración
1	Descompuesta	0
2	Muy alterada	1
3	Moderadamente alterada	3
4	Ligeramente alterada	5
5	No alterada	6

Tabla 9 Parámetro para el relleno de la discontinuidad

Grado	Descripción	Valoración
1	Blando > 5 mm	0
2	Blando < 5 mm	2
3	Duro > 5 mm	3
4	Duro < 5 mm	4
5	Ninguno	6

Tabla 10 Parámetro para la alteración de la discontinuidad

Grado	Descripción	Valoración
1	Descompuesta	0
2	Muy alterada	1
3	Moderadamente alterada	3
4	Ligeramente alterada	5
5	No alterada	6

Tabla 11 Parámetro para presencia de agua en la discontinuidad

Caudal por 10m de tunel	Relacion agua – Tension PPAL mayor	Descripción	Valoración
Nulo	0	seco	15
<10litros/min	<0.1	Ligeramente húmedo	10
10 – 25 litros/min	0.1 – 0.2	Húmedo	7
25 – 125 litros/min	0.2 – 0.5	Goteando	4
>125 litros/min	> 0.5	Fluyente	0

Tabla 12 Clasificación de RMR

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Angulo de rozamiento
I	Muy buena	100 - 81	>4 kg/cm <sup>2</sup>	>45°
II	Buena	80 - 61	3 - 4 kg/cm <sup>2</sup>	35° - 45°
III	Media	60 - 41	2 - 3 kg/cm <sup>2</sup>	25° - 35°
IV	Mala	40 - 21	1 - 2 kg/cm <sup>2</sup>	15° - 25°
V	Muy mala	<20	<1 kg/cm <sup>2</sup>	<15°

### ➤ Martillo de Schmidt

[...] “El martillo de Schmidt es un instrumento utilizado en geología e ingeniería civil para medir la dureza superficial de un material, particularmente en rocas y hormigón”. “Fue desarrollado por Ernst Schmidt y se utiliza comúnmente para evaluar la resistencia al impacto de estas estructuras”.

[...] “Este método proporciona una medida rápida e indirecta de la resistencia a la compresión del material”. “Es especialmente útil en el campo, donde se pueden realizar mediciones in situ”. “El martillo de Schmidt se utiliza en una variedad de aplicaciones, como la evaluación de la calidad del concreto en estructuras, la caracterización de la dureza de las rocas en estudios geológicos y la inspección de la resistencia de materiales de construcción en general”

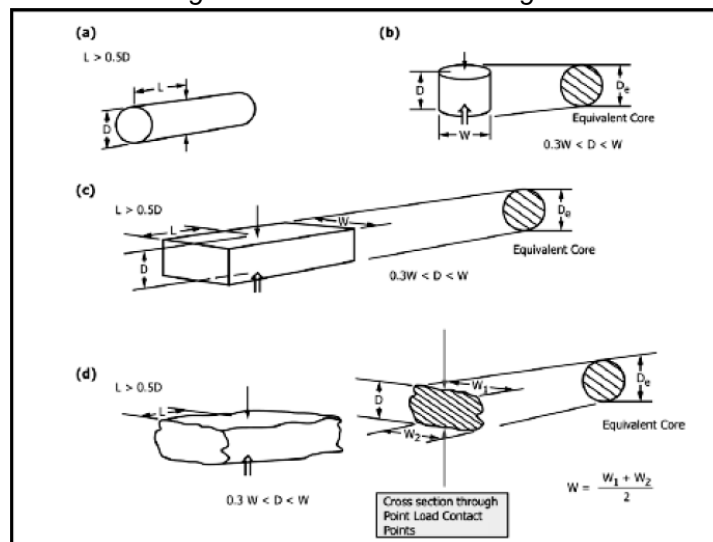
«Figura 4 Estructura de martillo de Schmidt»



➤ **Point Load Test (PLT)**

[...] “El ensayo de carga puntual es una prueba utilizada en ingeniería estructural para evaluar la capacidad de carga y la resistencia de un material o una estructura. En este tipo de ensayo, se aplica una carga concentrada en un punto específico de la muestra y se mide la respuesta de la estructura a esa carga. Este ensayo se realiza para entender el comportamiento del material bajo condiciones de carga extrema.”

«Figura 5 Dimensiones de testigo»



➤ **Grado de saturación**

[...] “La cantidad de agua presente en los poros se conoce como saturación”. “Es la medida indica cuánto de poros de un suelo o roca está ocupado por agua”. “Por lo general, se muestra como un % de vacíos”. (Duque E 2017).

➤ **Porosidad**

[...] “En geología, suelo, materiales cerámicos, rocas y otros materiales, la porosidad es un factor crucial que afecta diversas propiedades, como la capacidad de retención de agua, la permeabilidad y la densidad”.

➤ **Relación de vacíos**

[...] “La relación de vacíos, también conocida como índice de poros, es una medida utilizada en geotecnia e ingeniería de suelos para cuantificar la relación entre el volumen de los vacíos (poros) y el volumen total de una masa de suelo”. “Se expresa comúnmente como una fracción o un porcentaje”.

➤ **Gravedad específica**

[...] “El término densidad se refiere a la relación entre: el peso determinado del volumen del material y el peso del volumen igual con otra sustancia utilizada como referencia”. “En el caso de sólidos y líquidos, la sustancia de referencia comúnmente utilizada es el agua (con una densidad de 1), mientras que, para los gases, el estándar de comparación es el aire (con una densidad de 1)”.

➤ **Talud**

[...] “Un talud se refiere a la inclinación de una superficie de terreno, ya sea natural o creada por la intervención humana, como en la construcción de terraplenes, cortes en carreteras, o estructuras de tierra”. “El término también se utiliza en ingeniería geotécnica para describir la inclinación de un terreno o una estructura para prevenir el colapso o el deslizamiento”.

[...] “En geología e ingeniería civil, los taludes pueden clasificarse de varias maneras según su forma y función. Algunas de las clasificaciones comunes incluyen”:

**Talud Natural:** “Es la inclinación natural de una ladera o pendiente debido a la acción de procesos geológicos y erosión”. “Los taludes naturales se forman a lo largo del tiempo debido a la interacción de factores como la gravedad, el agua, el viento y la vegetación”.

**Talud Artificial:** “Se refiere a una inclinación creada por la actividad humana, como en la construcción de carreteras, presas, terraplenes u otras estructuras”. “Estos taludes a menudo se diseñan cuidadosamente para garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura”.

**Talud de Corte:** “Es la inclinación en la superficie vertical creada durante la excavación o corte de tierra, como en la construcción de carreteras o canales”.

**Talud de Terraplén:** “Es la inclinación en la superficie horizontal creada durante la construcción de terraplenes o montículos de tierra, como en la construcción de diques o terraplenes de carreteras”.

[...] “La estabilidad de un talud es un aspecto crítico en la ingeniería geotécnica”. “Se deben tener en cuenta factores como la cohesión del suelo, el ángulo de fricción interna, las características geológicas y las condiciones climáticas al diseñar taludes para garantizar que sean seguros y resistentes a la erosión o al colapso”. “Los ingenieros utilizan técnicas de análisis de estabilidad para evaluar y diseñar taludes de manera que minimicen los riesgos asociados con movimientos de tierra no deseados”.

➤ **Variación del nivel freático**

[...] “La variación del nivel freático se refiere a los cambios en la profundidad del nivel del agua subterránea en el suelo o en un acuífero a lo largo del tiempo”. “El nivel freático es la superficie en la que la presión del agua es igual a la presión atmosférica y, por lo tanto, es la interfaz entre la zona saturada y no saturada del suelo”.

[...] “Varias condiciones pueden influir en la variación del nivel freático, y estas incluyen”:

- **Estacionalidad:** “En muchas regiones, los niveles freáticos tienden a variar estacionalmente en respuesta a patrones climáticos”.
  
- **Actividades Humanas:** “Extracciones de agua para uso agrícola, industrial o doméstico pueden afectar significativamente los niveles freáticos locales”. “La sobreexplotación de acuíferos puede dar lugar a la disminución del nivel freático, lo que se conoce como descenso del nivel freático”.
  
- **Cambios en el uso del suelo:** “La urbanización, la deforestación y otros cambios en el uso del suelo pueden alterar la forma en que el agua se infiltra en el suelo, afectando así los niveles freáticos”.
  
- **Cambio Climático:** “Los patrones climáticos cambiantes, como sequías más frecuentes o eventos de lluvias intensas, pueden tener un impacto en los niveles freáticos”.

[...] “La variación del nivel freático puede tener consecuencias importantes para el entorno natural y las actividades humanas”. “Puede afectar la disponibilidad de agua para el consumo, la agricultura y la industria, así como tener impactos en los ecosistemas acuáticos y en la estabilidad de las estructuras construidas sobre o cerca de acuíferos”. “Los estudios hidrogeológicos son clave para comprender y gestionar adecuadamente la variación del nivel freático”.

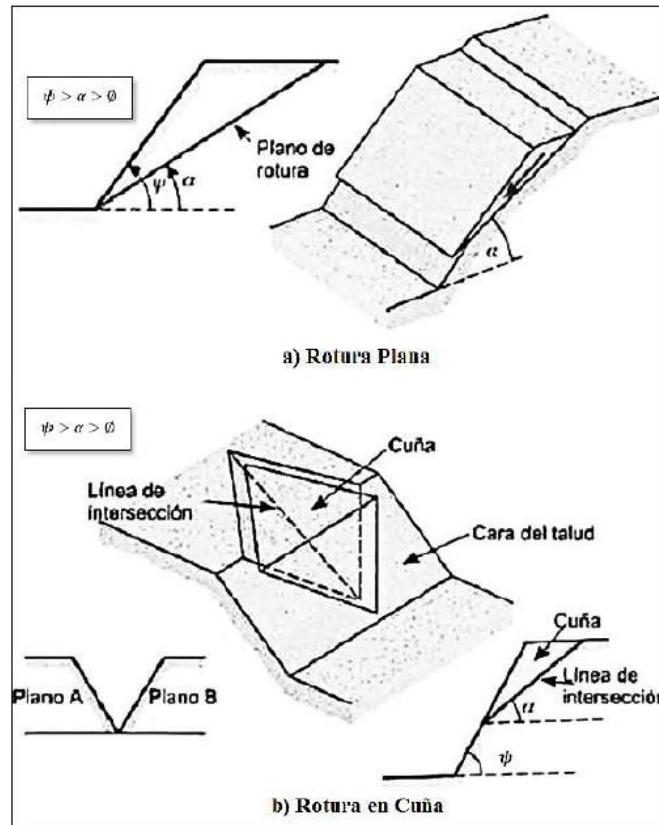
- **Tipos de rotura en rocas**

[...] “Un tipo de falla que ocurre a lo largo de la superficie, como una estratigrafía planar, una discontinuidad o un fallamiento tectónico, se conoce como falla plana. La condición fundamental es que existan discontinuidades inclinadas en dirección a favor del talud. El requisito es que la dirección y la inclinación de la discontinuidad sean mayor”.



➤ **Rotura en forma de cuña**

[...] “Esta referido con el desplazamiento del terreno formando una cuña compuesta a lo largo de dos planos de juntas por su eje de contacto, ambas superficies están expuestas en la superficie del talud las cuales cumplen las condiciones para una rotura plana. La forma y el volumen de la cuña son influenciados por la orientación, el espaciado y la continuidad de las familias de discontinuidades en macizos con múltiples familias de discontinuidades”.



«Figura 6 Condiciones de rotura plana y rotura & cuña»

➤ **(F.S.) Factor de seguridad**

[...] “Este indicador en seguridad es una herramienta que se utiliza para evaluar la amenaza de falla en las condiciones más desfavorables para las cuales se ha diseñado el talud. Fellenius describió el factor de seguridad en su investigación de 1922 como el equilibrio de la resistencia real de un material que conforma el talud al corte versus el esfuerzo de corte crítico que provocan la falla”.

$$F:S = \frac{\textit{Resistencia al cortante disponible}}{\textit{Esfuerzo al cortante actuante}}$$

“Para superficies circulares”:

$$F.S. = \frac{\textit{Momento resistente disponible}}{\textit{Momento actuante}}$$

[...] “En taludes permanentes, se debe adoptar un coeficiente de seguridad  $\geq$  a 1.5, llegando a un valor = 2.0, esto en función del nivel de seguridad requerido y confiabilidad de los datos geotécnicos utilizados en los cálculos. En el caso de taludes temporales, este factor suele rondar alrededor de 1.3, aunque en ocasiones se pueden aceptar valores más bajos.

[...] “Tradicionalmente, se han utilizado técnicas de equilibrio límite para analizar los desplazamientos de taludes o laderas durante períodos prolongados”. “Este tipo de análisis requiere datos sobre la resistencia del suelo, pero no requiere información específica sobre la relación esfuerzo-deformación”

[...] “El método de equilibrio límite afirma que, en asunto de falla, las fuerzas que actúan y las fuerzas de resistencia son iguales a lo largo de la superficie de la falla, lo que da como resultado un factor de seguridad de 1.0”. (Suárez J. D., 1998).

➤ **SMR (Romana 1985) Slope Mass Rating**

[...] “El Índice de Evaluación de Riesgo de Estabilidad en Taludes Rocosos (SMR), desarrollado por Romana en 1985, es una clasificación geomecánica. Se calcula ajustando el Índice de Masa de Roca (RMR) de Bieniawski en 1989 mediante varias cadenas de factores que consideran la geometría del talud”. (Tomás, Romana, & Serón, 2017)

Donde:

- ✓ “(F1) el paralelismo entre los rumbos de las discontinuidades y del talud”.

- ✓ “(F2) el buzamiento de las discontinuidades”.
- ✓ «(F3) la relación de buzamientos entre las discontinuidades y el talud».
- ✓ «(F4) el método de excavación empleado».

[...] “Bieniawski propone emplear el valor del RMR en el cálculo de estabilidad de talud reemplazando el ajuste por la orientación de las juntas proporcionado en la cartilla primigenia de túneles por otro que varía: entre «0 a 60», (se muestra en la siguiente tabla)” (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

«Tabla 6 Valoración de la orientación de las discontinuidades»

«Orientación de las discontinuidades»	Valor del Parámetro de ajuste»
«Muy favorable»	«0»
«Favorable»	«-5»
«Normal»	«-25»
«Desfavorable»	«-50»
«Muy desfavorable»	«-60»

[...] “El SMR se calcula descontando el valor del factor de ajuste F del RMR primario, el cual está influenciado por la orientación de las juntas. Luego, se suma el valor del factor por el método de excavación F4”. Tres subfactores se toman en cuenta: la orientación del plano del talud en relación con las juntas (F1), el valor de la resta entre el buzamiento de la junta y el talud (F3) y el buzamiento propio de la junta (F2). Finalmente, el factor F es el resultado final” (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

$$SRM = RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$$

➤ **Factores de ajuste**

[...] F1: “Se obtiene de realizar la resta entre la dirección del buzamiento de la junta y la dirección del buzamiento del talud en valor absoluto”. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

$$F_1 = [1 - \sin(\alpha_j - \alpha_s)]^2$$

Donde:

$\alpha_j$ : «Dirección de buzamiento de la junta».

$\alpha_s$ : «Dirección de buzamiento del talud».

- F2: Este valor depende del buzamiento de la junta.” (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004)

$$F_2 = \tan^2 \beta_j$$

Donde:

$\beta_j$  = «Buzamiento de la junta».

- F3: “Este parámetro está determinado entre los ángulos del ( $\beta_s$ ) y ( $\beta_j$ ).” (Tomás, Romana, & Serón, 2017)

- F4: “Este factor de ajuste considera el método de excavación empleado.” (Tomás, Romana, & Serón, 2017)

«Tabla 7 Valores correspondientes al factor F4»

«Método de excavación»	«F4»
«Talud natural»	«+15»
«Pre corte»	«+10»
«Voladura suave»	«8»
«Voladura normal o excavación mecánica»	«0»
«Voladura deficiente»	«-8»

➤ **Valores de los factores**

«Tabla 8 Factores de ajuste de la clasificación SMR»

«SMR = RMR<sub>b</sub> + (F1 \* F2 \* F3) + F4 (ROMANA 1985)»

«Factor de ajuste de las juntas (F1, F2, F3)»					
	«Muy favorable»	«Favorable»	«Normal»	«Desfavorable»	«Muy desfavorable»
«Rotura plana  αj - αs » «Vuelco  αj - αs - 180° »	«> 30°»	«30° - 20°»	«20° - 10°»	«10° - 5°»	< 5°»
«Valores»	«0.15»	«0.4»	«0.7»	«0.85»	«1»
«Analítico»	«F2 = (1 - sen αj - αs)²»				
« βj »	«< 20°»	«20° - 30°»	«30° - 35°»	«35° - 45°»	«> 45°»
«Valores» «Rotura plana, vuelco»	«0.15»	«0.4»	«0.7»	«0.85»	«1»
«Analítico»	«F2 = Tg² βj»				
«Rotura plana βj - βs» «Vuelco βj + βs»	«> 10°» < 110°»	«10° - 0°» «110° - 120°»	«0°» «< 120°»	«0° - (-10°)» -	«< (-10°)» -
«Valores»	«0»	«-6»	«-25»	«-50»	«-60»
«Analítico»	«(Se mantiene los valores propuestos por Bieniawski 1976/79)»				
«Factor de ajuste por el método de excavación»	«F4 = Valores empíricos establecidos para cada método de excavación»				
	«Talud natural»	«Precorte»	«Voladura suave»	«Voladura o mecánico»	«Voladura deficiente»
«Valores»	«+ 15»	«+ 10»	«+ 8»	«0»	«-8»

Fuente: Romana, 1985.

➤ **Valores del SMR**

«Tabla 9 Valores del SMR para cada tipo de rotura»

«Tipo de rotura»	«Intervalos SMR»	«Frecuencia»
«Plana»	«SMR > 60»	«Ninguna»
	«60 > SMR > 40»	«Importantes»
	«40 > SMR > 10»	«Muy grandes»
«En cuña»	«SMR > 75»	«Muy pocas»
	«75 > SMR > 49»	«Algunas»
	«55 > SMR > 40»	«Muchas»
«Por vuelco»	«SMR > 65»	«Ninguna»
	«65 > SMR > 50»	«Menores»
	«40 > SMR > 30»	«Importantes»
«Completas»	«SMR > 30»	«Ninguna»
	«30 > SMR > 10»	«Posible»

➤ **Clases de estabilidad según SMR**

*Tabla 10 Descripción de clases de SMR*

«Clase N°»	«Vb»	«Va»	«IVb»	«IVa»	«IIIb»	«IIIa»	«IIb»	«IIa»	«Ib»	«Ia»
«Descripción»	Muy mala»		Mala»		Normal»		Buena»		Muy Buena»	
«Estabilidad»	«Totalmente inestable»		«Inestable»		«Parcialmente inestable»		«Estable»		«Muy buena»	
«Roturas»	“Grandes roturas Por planos continuos o por la masa”		“Juntas o grandes cuñas”		“Algunas juntas o muchas cuñas”		“Algunos bloques”		“Ninguna”	
«Sostenimiento»	«Reexcavación»		«Importantes»		«Sistemáticos»		«Ocasionales»		«Ninguno»	

➤ **Clases de estabilidad según SMR**

*«Tabla 11: Medidas de corrección de taludes en roca»*

«Sin sostenimiento»	«Ninguno Saneamiento»
«Protección»	«Zanja de pie» «Vallas de pie o de talud» «Redes y/o mallas sobre la superficie del talud»
«Refuerzo»	«Bulones» «Anclajes»
«Hormigón»	«Gunita» «Hormigón dental» «Contrafuertes y/o vigas»
«Drenaje»	«Superficial» «Profundo»
«Re excavación»	«Tendido del talud» «Muros de contención»

«Tabla 12 método de sostenimiento»

VALORES DEL SMR PARA CADA FORMA DE ROTURA (EMPÍRICOS)																
ROTURAS PLANAS	MUY GRANDES					IMPORTANTES					NINGUNA					
ROTURAS EN CUÑA						MUCHAS					ALGUNAS					
ROT. POR VUELCO						IMPORT.					NINGUNA					
ROT. COMPLETAS	POSIBLES										NINGUNA					
SMR →	0	10	15	20	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
REEXCAVACIÓN	REEXCAVACIÓN MUROS DE CONTENCIÓN															
DRENAJE	DRENAJE SUPERFICIAL DRENAJE PROFUNDO															
HORMIGÓN	HORMIGÓN PROYECTADO HORMIGÓN DENTAL CONTRAFUERTE y/o VIGAS MUROS DE PIE															
REFUERZO	BULONES ANCLAJES															
PROTECCIÓN	ZANJA DE PIE VALLAS (DE PIE O DE TALUD) REDES y/o MALLAS (DE TALUD)															
SIN SOSTENIMIENTO	SANEAMIENTO NINGUNO															
<b>MÉTODOS DE SOSTENIMIENTO SUGERIDOS</b>																

## 2.3 Definición de términos

### ➤ Roca

[...] “Una roca es un agregado sólido y cohesionado compuesto por uno o varios minerales, así como materiales orgánicos en algunos casos. “Estas formaciones geológicas ocupan extensas áreas de la corteza terrestre”. “Las rocas pueden variar en su composición y estructura, y son esenciales para comprender la historia y la configuración de la Tierra”.

[...] “Se pueden clasificar en tres categorías principales: ígneas, que se originan a partir de la consolidación y enfriamiento de la solución magmática o lava; sedimentarias, que se forman a través de la acumulación y compactación de sedimentos; y metamórficas, que surgen de la transformación de rocas preexistentes debido a cambios en la temperatura y la presión en el interior de la corteza terrestre”. “Cada una de estas categorías abarca una amplia gama de tipos de rocas, cada una con sus propias características y propiedades únicas”. “Estudiar las rocas proporciona información crucial sobre la evolución geológica de nuestro planeta y su historia a lo largo del tiempo”. (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004).

➤ **Roca intacta**

“Es la roca sin discontinuidades observables” (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004).

➤ **Macizo rocoso**

[...] “Un macizo rocoso es la configuración o disposición de rocas en el entorno natural”. “Está determinado por la combinación de la propia roca y su estructura, que engloba contactos litológicos, fallas, discontinuidades, pliegues y otros elementos”. “De esta manera, se caracteriza por ser un conjunto discontinuo de elementos rocosos, lo que significa que presenta una variedad de discontinuidades y variaciones en sus propiedades”. “Estas características son esenciales para comprender la geología de un área específica y son fundamentales en disciplinas como la geotecnia e ingeniería civil, donde el comportamiento y estabilidad de un macizo rocoso son consideraciones críticas en el diseño y construcción de infraestructuras”. “Así, el análisis detallado de un macizo rocoso implica la evaluación de sus componentes individuales, así como la interacción entre ellos, para comprender plenamente su comportamiento y respuesta ante diversas condiciones y cargas”.

➤ **Discontinuidad**

[...] “La alteración de la persistencia en las propiedades mecánicas de bloques rocosos se debe a discontinuidades de origen natural son por ejemplo las superficies de estratificación, venillas, diaclasas y diques, entre otras”. “El comportamiento geomecánico e hidráulico discontinuo se produce en las rocas macizas como resultado de este fenómeno”. (Maldonado, 2018)

➤ **Talud**

[...] “Es una superficie inclinada respecto al plano horizontal y toma una configuración permanente, ya sea de manera natural, artificial por la intervención humana en un proyecto” (Turpo Phuño, 2018).



➤ **Estabilidad física:**

[...] “Se refiere al comportamiento constante y predecible, a lo largo de períodos cortos, medianos y largos, de los elementos frente a influencias tanto externas como internas”. “Este comportamiento está diseñado para prevenir el desplazamiento de materiales y así evitar riesgos de accidentes o contingencias que puedan afectar tanto el entorno ambiental como la seguridad física de individuos y comunidades, así como las actividades que llevan a cabo.” (Fonam, 2019).

➤ **Orientación**

[...] “El rumbo y el buzamiento de las discontinuidades determinan su orientación, que representa la disposición en el espacio pueden ser, planos de estratificación, venillas, diaclasas, dique, zonas de deslizamiento, fallas, otros.”. La familia de discontinuidades es un conjunto de discontinuidades que tienen similitudes o son paralelas entre sí” (Maldonado, 2018).

➤ **RMR**

[...] “Empleado para evaluar el macizo rocoso es una metodología que reemplaza un enfoque previo utilizado para estimar las propiedades del macizo rocoso en una escala más amplia”. “Tiene como objetivo consolidar en un único valor las características del macizo rocoso”. “Esto es crucial dado que este material suele ser altamente anisotrópico, lo que significa que puede presentar propiedades diferentes en diversas direcciones”. “Por tanto, se busca simplificar y unificar la representación de sus propiedades a través de este sistema de clasificación.”

➤ **Resistencia a la compresión**

[...] “Es una característica mecánica de la roca en su estado íntegro, que es considerada como la capacidad de resistir una carga por unida por área”.

➤ **Rock Quality Designation (RQD)**

[...] “El Índice de calidad de la roca, creado por Deere en 1964, es uno de los métodos más utilizados para evaluar la competencia en rocas macizas”.

➤ **Espaciamiento de las discontinuidades**

[...] “La distancia perpendicular entre dos discontinuidades adyacentes”. “Es el tamaño de bloque en la matriz rocosa, también conocidos como roca intacta, se considera más chicos en áreas con menos espaciado, mientras que, en áreas con más espaciado, los bloques de matriz rocosa son mucho mayor” (Maldonado, 2018).

➤ **Persistencia**

[...] “Es la continuidad, es la extensión, considerada como la extensión de la fractura o discontinuidad”. “Por lo tanto, si la persistencia es menor el macizo rocoso es más estable” (Maldonado, 2018).

➤ **Apertura**

[...] “La abertura, también conocida como "apertura", es el grado de abertura de la discontinuidad”. “Por lo tanto, la estabilidad y la condición del macizo rocoso se ven afectadas por la abertura más pequeña, mientras que la abertura más grande reduce la condición del macizo rocoso” (Maldonado, 2018).

➤ **Rugosidad**

[...] “Es el grado de irregularidad o aspereza que se encuentra en la superficie de las discontinuidades”. “Por lo tanto, la competencia del macizo rocoso aumenta con la rugosidad de la discontinuidad y disminuye con la rugosidad de la discontinuidad” (Maldonado, 2018).

➤ **Relleno**

[...] “Los materiales que ocupan los espacios entre las discontinuidades se denominan rellenos”. “El relleno hecho de materiales suaves, como arcillas, es menos competitivo con el macizo rocoso”. “Por el contrario, el macizo rocoso es más competitivo si el relleno está hecho de materiales duros como la sílice” (Maldonado, 2018).

➤ **Alteración**

[...] “Es el resultado de procesos físicos, químicos y biológicos, así como factores medioambientales, que descomponen la masa rocosa en su ubicación original”. “La evaluación de este grado en el macizo rocoso se puede llevar a cabo directamente en el afloramiento.” (Maldonado, 2018)

➤ **SMR**

“Romana (1985) se emplea para diagnosticar y proponer medidas correctivas de taludes”

## **CAPITULO III**

### **HIPOTESIS**

#### **3.1 Hipótesis**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

La estimación geomecánica del macizo rocoso por medio de la cartilla del RMR y el cálculo factores de ajuste propuestos por Romana influyen en la categorizar la estabilidad de talud empleando la clasificación de masa de pendiente, carretera Huancayo - Cañete 2022.

##### **3.1.2 Hipótesis específicas**

- a) La estimación del RMR(básico) mediante el cálculo del RCU, RQD, espaciamiento, condición de las juntas y la presencia del agua subterránea influyen en la categorizar la estabilidad de talud.
  
- b) La estimación de los factores de ajuste, que incluyen el rumbo de las discontinuidades, cara del talud, paralelismo entre los rumbos de las discontinuidades y el talud, el buzamiento de las discontinuidades y el impacto de la relación de buzamientos entre las discontinuidades y el talud, influyen en la clasificación de la estabilidad del talud.
  
- c) La estimación de la evaluación del factor de excavación mediante la evaluación del método de excavación empleado influye en la categorizar la estabilidad de talud.

## **3.2 Variables**

### **3.2.1 Definición conceptual de las variables**

#### **a) Variable independiente (X)**

##### **➤ Estimación geomecánica del macizo rocoso**

La geología estructural se refiere al conjunto de características de origen estructural en un macizo rocoso, que incluyen superficies de discontinuidad, fallas, diaclasas, pliegues, entre otros elementos. También abarca las particularidades y las interrelaciones entre estos componentes dentro del macizo rocoso.

#### **b) Variable dependiente (Y)**

##### **➤ Estabilidad de talud**

Este método correctivo está asociado a deslizamientos en la masa del talud. Consiste en la creación de bermas, que son acumulaciones de material, generalmente compuesto por el mismo material del talud, colocados adyacentes al talud con el propósito de otorgarle estabilidad.

### **3.2.2 Definición operacional de las variables**

#### **a) Variable independiente (X)**

##### **➤ Estimación geomecánica del macizo rocoso**

[...] “La caracterización geomecánica es esencial para prevenir y reducir incidentes o accidentes causados por la caída de rocas. Esta disciplina utiliza herramientas especializadas para evaluar y controlar la estabilidad de las formaciones rocosas”. “Esto implica establecer técnicas de sostenimiento adecuadas para las distintas operaciones mineras”. “El objetivo final es garantizar una operación minera segura y de alta calidad”.

#### **b) Variable dependiente (Y)**

##### **➤ Estabilidad de talud**

[...] “La inestabilidad de un talud ocurre cuando la masa se desplaza debido a los esfuerzos que actúan sobre ella, los cuales superan su capacidad de resistencia al corte”. “Hay múltiples factores que influyen en esta resistencia, así como diversas circunstancias que pueden aplicar fuerzas adicionales sobre el suelo”.

### 3.2.3 Operacionalización de las variables

Tabla 13 Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Independiente (X)  "Estimación geomecánica del macizo rocoso".	"Es el conjunto de caracteres de origen estructural (superficies de discontinuidad, fallas, diaclasas, pliegues, etc.) que presenta el macizo rocoso, junto con sus características particulares e interrelaciones".	"La caracterización geomecánica permite evitar y/o disminuir los incidentes/accidentes por caída de rocas, utilizando las herramientas, a fin de controlar la estabilidad de rocas, estableciendo tipos de sostenimiento en las diferentes labores mineras y garantizando la estabilidad de la masa rocosa, con el fin de brindar una operación segura y de calidad".	RMR	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ RCU y/o RCP</li> <li>▪ RQD</li> <li>▪ Espaciamiento</li> <li>▪ Persistencia</li> <li>▪ Apertura</li> <li>▪ Rugosidad</li> <li>▪ Relleno</li> <li>▪ Intemperización</li> <li>▪ Agua subterránea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Equipo de carga puntual</li> <li>▪ Muestreo líneas</li> <li>▪ Flexómetro</li> <li>▪ Flexómetro</li> <li>▪ Flexómetro</li> <li>▪ Peine de Barton</li> <li>▪ Flexómetro</li> <li>▪ Observación</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>
			F1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dirección del buzamiento de la junta</li> <li>▪ Dirección del buzamiento de la junta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brújula</li> <li>▪ Brújula</li> </ul>
			F2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buzamiento de la junta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brújula</li> </ul>
			F3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buzamiento de la junta</li> <li>▪ Buzamiento del talud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brújula</li> <li>▪ Brújula</li> </ul>
			F4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Método de excavación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «Talud natural»</li> <li>▪ «Pre corte»</li> <li>▪ «Voladura suave»</li> <li>▪ «Voladura normal o excavación mecánica»</li> <li>▪ «Voladura deficiente»</li> </ul>
Dependiente (Y)  "Estabilidad de talud".	"Es un método correctivo ligado a deslizamientos en el cuerpo del talud. Se denomina bermas a masas generalmente del mismo material del propio talud o de uno similar que se adosan al mismo, para darle estabilidad".	"Un talud se hace inestable en el momento en que la masa de suelo se moviliza producto de los esfuerzos actuantes sobre ella superiores a su resistencia al corte. Existen a la vez muchos factores que afectan la resistencia al corte del suelo y muchas circunstancias que pueden adherir esfuerzos a éste".	«Muy mala»	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «V b»</li> <li>▪ «V a»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «00 – 10 puntos»</li> <li>▪ «11 - 20 puntos»</li> </ul>
			«Mala»	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «IV b»</li> <li>▪ «IV a»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «21 –30 puntos»</li> <li>▪ «31 - 40 puntos»</li> </ul>
			«Normal»	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «III b»</li> <li>▪ «III a»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «41 –50 puntos»</li> <li>▪ «51 - 60 puntos»</li> </ul>
			«Buena»	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «II b»</li> <li>▪ «II a»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «61 –70 puntos»</li> <li>▪ «71 - 80 puntos»</li> </ul>
			«Muy Buena»	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «I b»</li> <li>▪ «I a»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ «81 –90 puntos»</li> <li>▪ «91 - 100 puntos»</li> </ul>

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1 Método de investigación**

El método de investigación es científico porque se toman datos de campo, se procesan con software y se formulan conclusiones.

#### **4.2 Tipo de investigación**

La investigación es de tipo: aplicada, debido que persigue dar solución a problemas que se manifiestan con la inestabilidad de taludes conformados por macizos rocosos en las carreteras del interior de nuestro país.

#### **4.3 Nivel de investigación**

La investigación de nivel correlación sustentada en la evaluación insitu de los factores desencadenantes de la estabilidad del talud, en base a estos datos propondrá medidas de estabilidad a través de los factores estabilizantes o por medio de sostenimiento artificial, (existe la relación entre las variables).

#### **4.4 Diseño de investigación**

La investigación emplea un diseño no experimental sustentada en que se tendrá en cuenta solo uso de las dimensiones de la variable independiente ya que los datos de campo son los que terminan si el talud es estable o inestable.



Donde:

M = "Muestra de observación".

O = “Observación variable independiente”.

O = “Observación variable dependiente”.

## **4.5 Población y muestra**

### **4.5.1 Población**

La población en la presente investigación está conformada por la carretera Huancayo – Cañete con una longitud aproximada de 290. 773 kilómetros, tramo de Chupaca - Colpa con 26 taludes conformados por macizo rocoso.

### **4.5.2 Muestra**

La muestra de investigación es no probabilística y, por lo tanto, no aleatoria; se compone de talud ubicado entre las progresivas 267+000 al 267+180 tramo de Colpa - Chupaca (paradero San Blas) conformados por macizo rocoso de la carretera Huancayo – Cañete.

## **4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.6.1 Técnicas de recolección de datos**

- ✓ “Observación experimental”
- ✓ “Entrevista”
- ✓ “Análisis documental”

### **4.6.2 Instrumentos de recolección de datos**

- ✓ “Guía de observación de campo”
- ✓ “Entrevista estructurada”
- ✓ “Libros, boletines, revistas, folletos, y periódicos”.

## **4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

- ✓ Cartilla RMR
- ✓ Cartilla SMR
- ✓ Software Dip
- ✓ Software Slider
- ✓ Excel



#### **4.8 Aspectos éticos de la investigación**

Para el desarrollo de la investigación se considerarán los datos tomados en campo los cuales se ajustan a la verdad, del mismo modo el procesamiento de la información podrá ser corroborado en cualquiera de sus instancias.

Por otro lado, las bases teóricas empleadas en la investigación están referenciadas acogiéndose la norma ISO 690 sugeridas en el reglamento de grados y títulos.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1 Descripción del área de trabajo**

La vía de acceso a la ciudad de Huancayo a través de la ruta Cañete-Negro, Bueno-Lomas-Chupaca se encuentra en estado de deterioro y parcial abandono. Su uso para el transporte de camiones es bastante infrecuente. Por consiguiente, resulta crucial llevar a cabo una evaluación de la estabilidad de los taludes en las formaciones rocosas que componen esta carretera. Este estudio reviste gran importancia, ya que posibilitaría el traslado directo de la producción del Valle del Mantaro hacia la Costa, facilitando así su aprovechamiento en productos destinados a la exportación a través de la vía marítima.

##### **5.1.1 Descripción litológica de la zona**

La columna estratigráfica comienza con flyschs Excelsior de edad devónica media en su parte superior. Estos flyschs se plegaban a finales del Devónico y están sobre capas mayoritariamente continentales del Carbonífero y del Pérmico inferior. Las capas rojas y los depósitos volcánicos del Pérmico superior sustentan estas últimas con una discordancia erosiva.

Se puede observar una diferenciación gradual en la zona entre una plataforma suroccidental y un geoanticlinal nororiental a partir del Noriano, cuyos estratos cubren con una discordancia erosiva a los del Pérmico superior. Desde el Liásico superior hasta el Coniaciano, esta disposición paleogeográfica ejerció un control evidente sobre la sedimentación.

En los períodos Triásico y Liásico, la plataforma sufrió una subsidencia acentuada y constante, lo que tuvo un impacto menor en el futuro geoanticlinal. Esto resultó en la deposición de aproximadamente 1,700 metros de calizas en la plataforma y una serie más condensada en el geoanticlinal de 800 metros como mínimo.

En la región suroeste del área, en el lapso Aaleniano-Bajociano se depositaron las areniscas de la Formación Cercapuquio (con un espesor de 750 metros) y las calizas de la Formación Chunumayo (con un espesor de 250 metros). Después, tras una laguna deposicional que incluyó el Batoniano y el Malm, se depositaron las areniscas del Neocomiano-Aptiano (grupo Goyllarisquizga, con un espesor de 700 metros), las cuales no se encuentran presentes en el geoanticlinal. Después, un mar somero invadió la plataforma, lo que resultó en la acumulación característica de estratos calcáreos del Cretáceo medio y superior (formaciones como Chulec, Pariatambo y Jumasha). El geoanticlinal solo fue afectado por la transgresión Chulec.

Después del Coniaciano, la emersión general que siguió a los movimientos tardicretáceos interrumpió definitivamente la sedimentación marina. Después, las areniscas y conglomerados rojos conocidos como capas rojas o Formación Casapalca, que fueron localmente datados del Eoceno medio y no se encuentran sobre el geoanticlinal, se depositaron en un entorno continental.

### **A) Cordillera Oriental**

En la región de Huancayo, la Cordillera Oriental presenta una notable uniformidad en la altitud de sus cimas. Similar a las Altas Mesetas en el lado occidental, estas están asociadas a la "Superficie Puna". Sin embargo, en este contexto, la superficie ha experimentado una considerable erosión causada principalmente por glaciares y torrentes.

La cordillera del Huaytapallana se extiende hacia el este, en particular en el cuadrángulo de Jauja, y alcanza alturas de hasta 5,500 metros sobre el nivel del mar. Los glaciares del valle alcanzan una altitud de 4,700 metros desde sus

cumbres nevadas. Este rasgo topográfico notable podría ser un relieve residual. Sin embargo, una falla marca el límite occidental del macizo, lo que plantea la pregunta de si se trata de "un horst o un relieve residual", o tal vez es simultáneamente "un horst y un relieve residual".

Las formas de relieve a una escala micro están influenciadas por los procesos de congelación y descongelación, y en los escasos sinclinales calcáreos se observan microlenares.

### **B) Depresión de Huancayo**

“La depresión Jauja-Huancayo cuenta con una distancia de aproximadamente 70 km y transversalmente de 3 a 15 km”. “La elevación se encuentra entre 3,160 y 3,350 metros en el cuadrángulo de Huancayo. En líneas generales, el río Mantaro atraviesa la depresión y sigue su eje”. “Los conos aluviales de los afluentes del Mantaro ocasionalmente interrumpen el sistema de terrazas escalonadas que rodean el lecho de la cuenca”. “Las terrazas más antiguas exhiben pliegues y deformaciones claras”.

No parece que la depresión sea un graben, según se explica en la sección sobre tectónica (véase p. 92). La hipótesis más plausible sobre su origen es la de una estructura tectónica de tipo gotera, como propuso Dollfus en 1965. Esta se habría formado como resultado de una deformación general de radio de curvatura extenso en la Superficie Puna, contemporánea o ligeramente posterior al levantamiento de los Andes.

### **C) Depresión de Ingahuasi**

“Se puede ver esta unidad como una gran planicie rodeada por elevaciones que forman parte de las Altas Mesetas”. Longitudinalmente consta de 35 km y transversalmente entre 1.5 a 0.8 km. El material de relleno, que se desarrolla entre altitudes de 3,800 y 3,900 metros, se compone principalmente de depósitos fluvio-glaciares distribuidos uniformemente, lo que explica su notable horizontalidad.

La planicie está dividida en tres mesetas de tamaños desiguales por los ríos Canipaco y La Virgen que fluyen a través de valles encañonados. De norte a sur, se encuentran las pampas de Ingahuasi, Antapongo y Tucle.

El origen de esta depresión sigue siendo un misterio, ya que no hay pruebas de que sea causada por errores. Sin embargo, parece que, durante el Cuaternario, el bloque que la limita hacia el este se ha elevado, lo que también ha afectado el sistema de drenaje. (Servicio de geología y minería, república del Perú, 1968).

### **5.1.2 Litológica del área de investigación**

#### **A) Descripción litología de la roca caliza**

“Por definición, la caliza es una roca con un contenido del hasta 50% de  $\text{CaCO}_3$  en forma de  $\text{Ca}$  de su peso”. “Además, estas rocas presentan en su composición un pequeño % de otros minerales, como partículas diminutas de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{XAlSiO}_8$  o  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  que son transportados de algún lugar por arroyos, aguas superficiales y subterráneas y la acción de las olas”. “Además, dentro de la piedra caliza se pueden encontrar partículas de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $(\text{FeCO}_3)$  entre otros, que pueden formarse por procesos químicos.”

“La característica distintiva de la piedra caliza, su alto contenido de carbonato de calcio, se utiliza frecuentemente en la identificación de rocas: reacciona efervescentemente al entrar en contacto con una solución fría de ácido clorhídrico al 5%”.

Sin embargo, la caliza puede formarse de una variedad de maneras. Puede precipitarse del agua (caliza química o inorgánica), segregarse por la actividad de organismos marinos como algas y corales (caliza bioquímica) o incluso puede provenir de esqueletos carbonatados de organismos marinos.

#### **➤ Propiedades físicas de la caliza**

- “Color: Variable, pero generalmente de color claro, principalmente blanco; la dureza: 3; su brillo: opaco; con una densidad: típicamente

entre 2.70 y 2.75 g/cm<sup>3</sup>; composición química: calcita y dolomita; la textura: típicamente es no clástica, excepto en calizas de estructura: bioturbaciones y estructuras fosilíferas donde son bioclásticas; clastos/matriz: partículas de pelita (lodos CoCa<sub>3</sub>, micritas) menores a 0.0315 mm de radio.

- Madurez textural: “Debido a que solo hay clastos en las calizas bioclásticas, su madurez es muy baja”.
- Empaquetamiento: “Roca formada por partículas extremadamente finas que surgen de las precipitaciones”.

“El tipo de fábrica es una roca sedimentaria que se forma principalmente en el fondo del mar, donde se acumula material rico en carbonato de calcio, también conocido como material calcáreo”. “Esto puede ser calcáreo de origen orgánico, químico o detrítico”.

“Es posible que el sedimento que lo compone haya sido producido por restos de organismos marinos como briozoos, corales, crinoideos, algas microscópicas y conchas”.

#### ➤ **Propiedades mecánicas de la roca caliza**

“La caliza presenta una dureza de 3, masa volumétrica de 2600 ÷ 2800 kg/m<sup>3</sup>, resistencia a la compresión de 1700 ÷ 2600 kg/cm<sup>2</sup>, (98.4 y 583.5 kg/cm<sup>2</sup>) absorción de agua de 0,2 ÷ 0,5%. La piedra caliza que es más silicio tiene una mayor resistencia, pero es quebradiza y dura”.

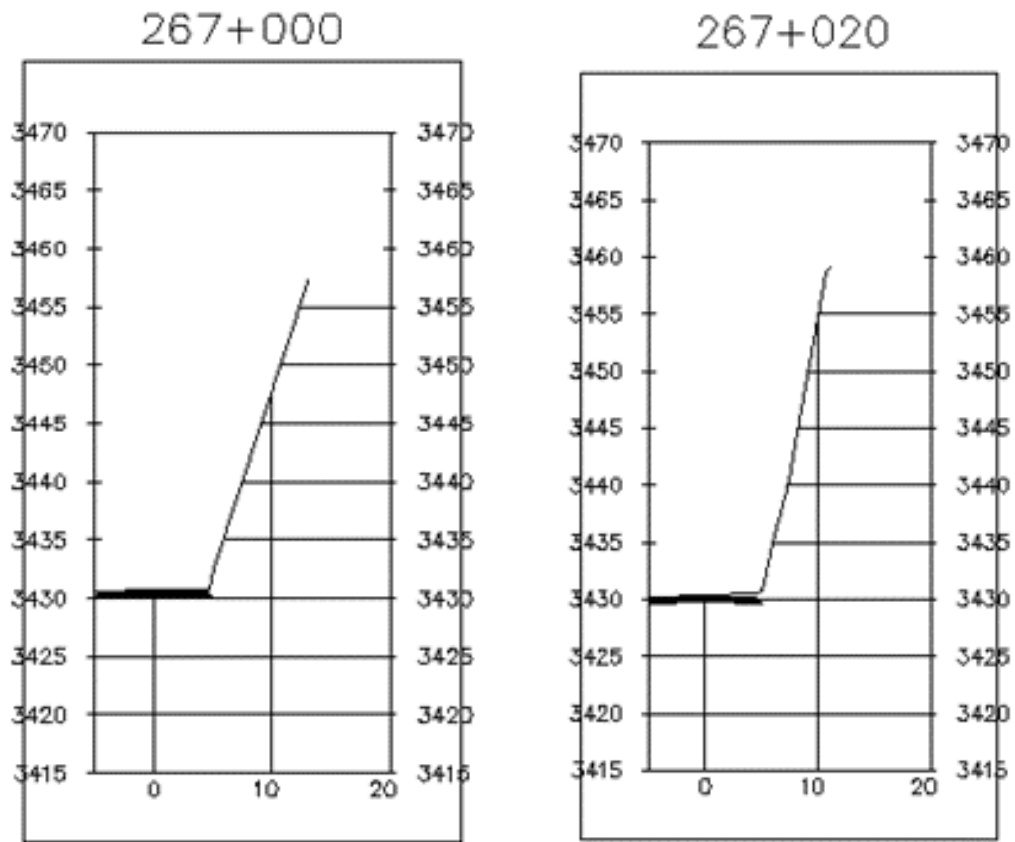
## **B) Descripción del talud**

El talud en promedio está constituido por un paquete de calizas que se encuentra en la base y en la parte superficial con la presencia de suelos con la presencia de árboles como eucalipto, quinual, entre otros.

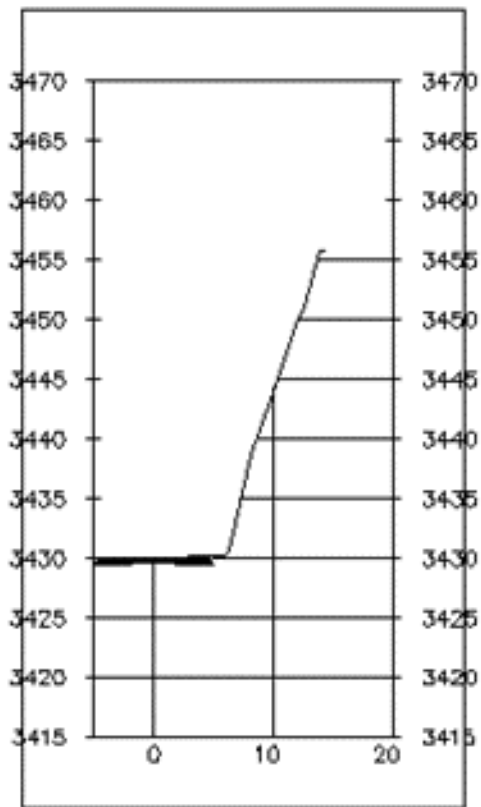
- Espesor de rocas calizas: 29.0 m
- Espesor de suelos de cultivo: 1.00
- La altura promedio: 30 m
- Pendiente: 75°



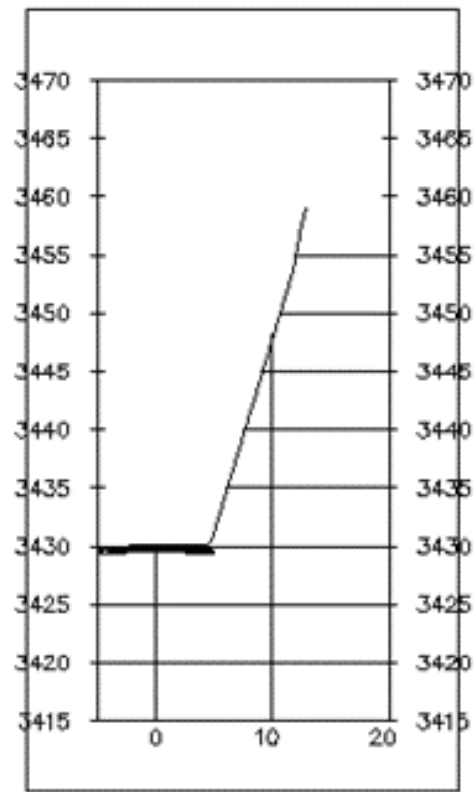
Figura 7 Se aprecia el paquete de calizas y en la parte superior la capa de suelos con la presencia de árboles como el eucalipto, quinual, entre otros.



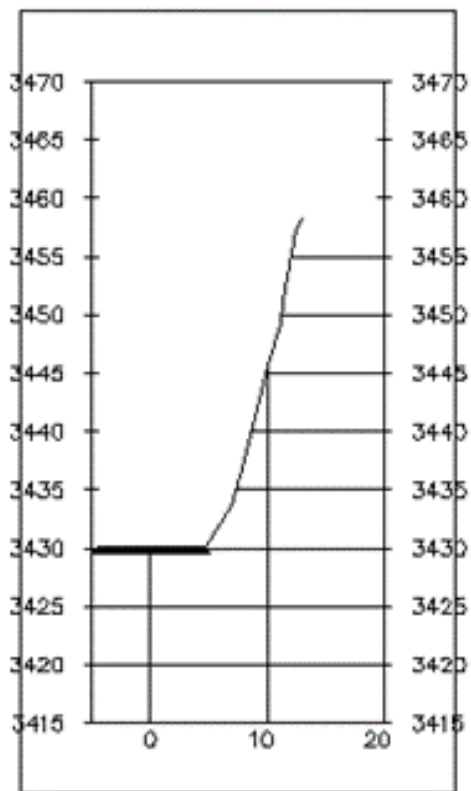
267+040



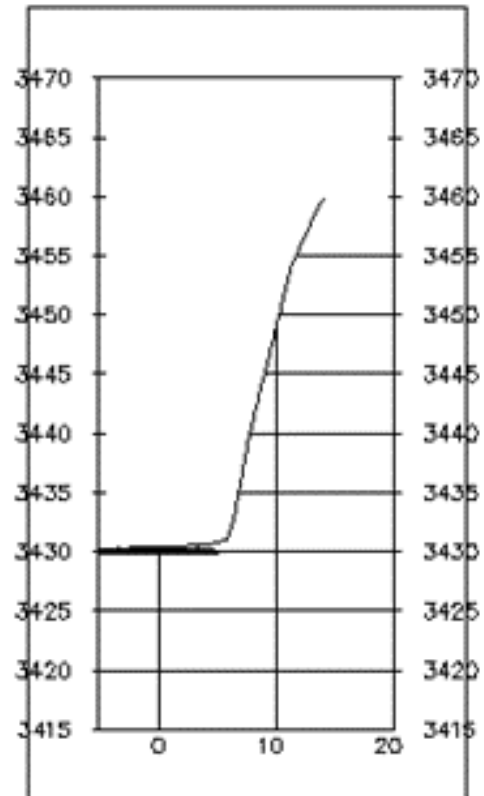
267+060



267+080



267+100





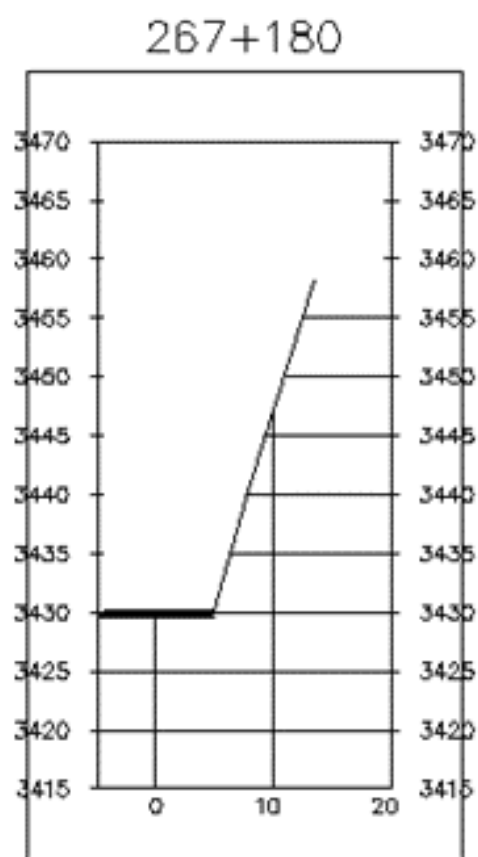
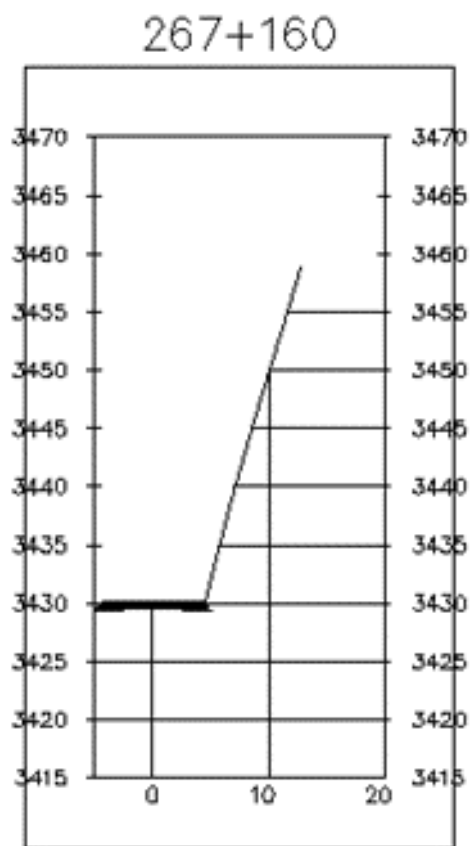
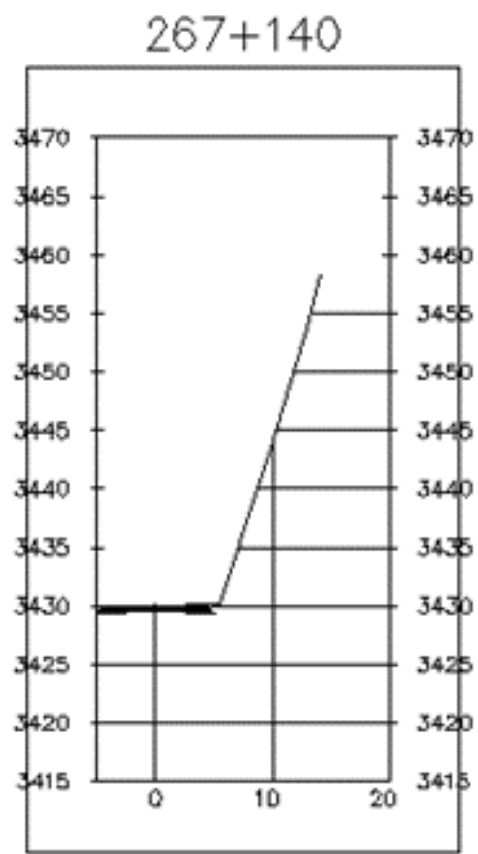
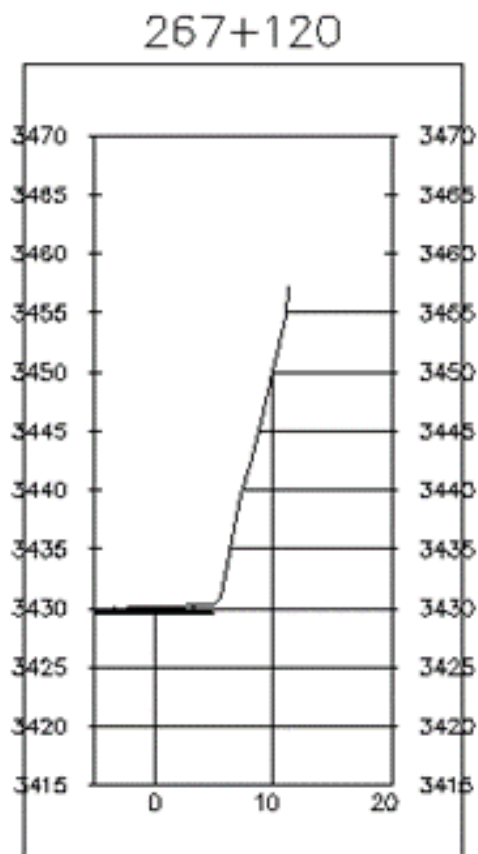


Figura 8 de secciones transversales

### 5.1.3 Evaluación de los parámetros geomecánicos

#### A) Parámetros de la matriz rocosa

##### a) Litología

✓ Roca sedimentaria caliza

##### b) Meteorización

✓ Alterada

##### c) Tamaño de grano

✓ Masiva

##### d) Dureza

✓ 3 (escala de Mosh)

##### e) Deformabilidad

✓ Planos de estratificación por su formación

##### f) Resistencia entre los esfuerzos

✓ 98.4 y 583.5 kg/cm<sup>2</sup>

##### g) Porosidad

✓ 4 – 30%

##### h) Permeabilidad

✓ En rocas inalteradas es baja (0.1 – 300 mm/día)

##### i) Densidad

✓ 1.922 kg/dm<sup>3</sup>

##### j) Grado de saturación

✓ presencia de óxidos

**k) Color**

✓ Gris

**l) Resistencia a la compresión uniaxial**

✓ Dirección de golpe: Inclinado hacia abajo (caras de las familias 2 y 3)

✓ N° de rebotes promedio:

Tabla 14 N° de rebotes promedio: 55

54	57	53	55	54
57	56	55	54	55

✓ Densidad de la roca: 1.922 t/m<sup>3</sup>

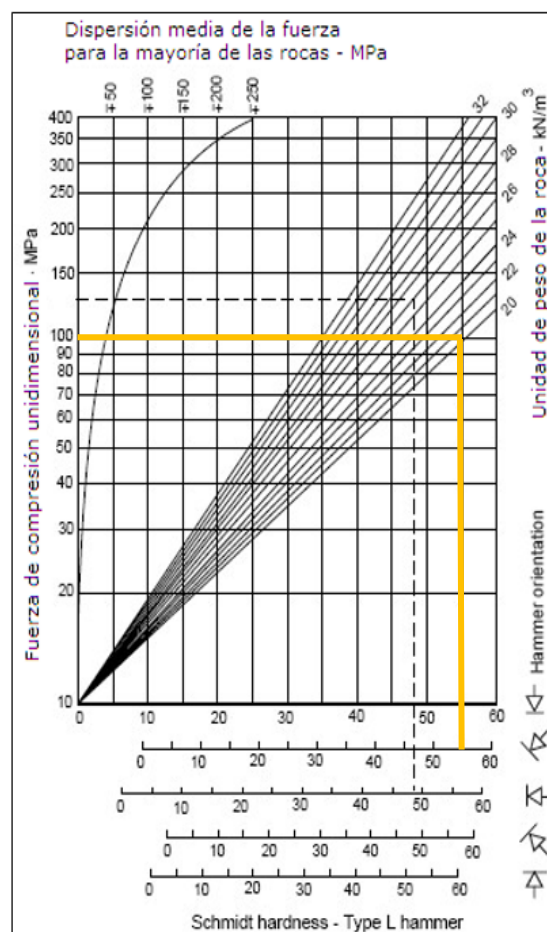


Figura 9 Cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial

✓ Resistencia a la compresión uniaxial: 100 MPa

**B) Parámetros del macizo rocoso**

a) Número de familias

El número de familias presentes en el macizo rocoso son tres (la familia 1 conformada por discontinuidades más o menos horizontales con un buzamiento menor a  $20^\circ$ )



*Figura 10 Familia N° 1 Conformados por los planos de estratificación*



*Figura 11 Familia N° 2 y 3 Conformados por diaclasas formando ángulo diedro igual a  $90^\circ$*

**b) Orientación**

➤ **Rumbo**

- ✓ Familia N° 1: Ninguno
- ✓ Familia N° 2: N 70° E
- ✓ Familia N° 3: N 20° W

➤ **Buzamiento:**

- ✓ Familia N° 1: menor a 20°
- ✓ Familia N° 2: 70°
- ✓ Familia N° 3: 70°

**c) Tipo**

- ✓ Planos de estratificación
- ✓ Diaclasas
- ✓ Zonas de deslizamiento

**d) Espaciado**

- ✓ Familia N° 1: Espaciamiento entre 0.3 a 1.2 m
- ✓ Familia N° 2 y 3: Conformadas por zonas de deslizamiento

**e) Continuidad espacial**

- ✓ Familia N° 1: Conformados por plano de estratificación (continúan a lo largo del talud)
- ✓ Familia N° 2 y 3: Conformada por las zonas de deslizamiento, (desde el pie del talud hasta la cabecera)

**f) Anchura**

- ✓ En promedio muestran abertura mayor a 10 mm (para las tres familias de discontinuidades)

**g) Rugosidad y ondulación de los planos**

- ✓ La evaluación muestra una rugosidad tipo plana. (para las tres familias de discontinuidades)

**h) Alteración de las paredes**

- ✓ Ligera alteración con presencias de zonas de deslizamiento. (para las tres familias de discontinuidades)

**i) Rellenos**

- ✓ Material de suelo limos y arcillas suaves (sin consolidación) (para las tres familias de discontinuidades)

**j) R.Q.D.**

$$RQD = 100 * e^{-0.1*\lambda}[(0.1 * \lambda) + 1]$$

➤ **Familia N° 1**

- ✓ N° de juntas = 15 planos de estratificación
- ✓ Altura de la muestra 30 m
- ✓  $\lambda = 15/30 = 0.5$
- ✓  $e = 2,71828$

$$RQD = 100 * 2.72^{-0.1*0.5}[(0.1 * 0.5) + 1]$$

RQD = 99.88% - Excelente

➤ **Familia N° 2**

- ✓ N° de juntas = 12
- ✓ Longitud de la muestra = 2 m
- ✓  $\lambda = 12/2 = 6$
- ✓  $e = 2,71828$

$$RQD = 100 * 2.72^{-0.1*6}[(0.1 * 6) + 1]$$

RQD = 87.81% - Buena

➤ **Familia N° 3**

- ✓ N° de discontinuidades = 14
- ✓ Longitud de muestreo 2 m
- ✓  $\lambda = 14/2 = 7$
- ✓  $e = 2,71828$

$$RQD = 100 * 2.72^{-0.1*7}[(0.1 * 7) + 1]$$

RQD = 84.42% - Buena

**k) Tamaño y forma de la matriz rocosa (se presenta en bloques)**

- ✓ Familia N° 1: Moderado a bloqueado
- ✓ Familia N° 2: Diaclasado moderado
- ✓ Familia N° 3: Diaclasado moderado

**l) Resistencia de la matriz rocosa (corte entre bloques)**

- ✓ 98.4 y 583.5 kg/cm<sup>2</sup>

**m) Condiciones hidrogeológicas**

- ✓ La presencia del agua en los planos de estratificación es nula, pudiendo clasificarlas como húmeda

**n) Estado de esfuerzo**

Tensión vertical ( $\delta V$ ) (Tensión litostática)

$$\delta V = \sigma * z$$

- ✓ Datos

- ✓  $\sigma$  = densidad de la roca caliza (1.922 kg/dm<sup>3</sup> = 1.922 t/m<sup>3</sup>)

- ✓ z diferencia de altura entre el pie del talud hasta la cabecera = 30 m

$$\delta V = 1.922 * 30$$

$$\delta V = 57.66 \text{ t/m}^2$$

$$\delta V = 0.57 \text{ MPa}$$

- ✓ Resistencia de la roca intacta

$$\delta R = 9.65 \text{ MPa}$$

- ✓ Factor de seguridad (FS)

$$FS = \frac{\delta R}{\delta V}$$

$$FS = \frac{9.65 \text{ MPa}}{0.57 \text{ MPa}}$$

$$FS = 16.93$$

### C) Parámetros geotécnicos-constructivos

#### a) Geometría del talud

- ✓ Alto: 30 m
- ✓ Ancho: 6 m
- ✓ Angulo de inclinación en el talud: 75°
- ✓ Rumbo de talud

#### b) Sistema de excavación

- ✓ Perfilado mediante el uso de voladura
- ✓ Dirección de buzamiento del talud ( $\alpha_s$ ): 40°E
- ✓ Buzamiento del talud ( $\beta_s$ ): 75°
- ✓ Dirección de buzamiento de las juntas ( $\alpha_j$ ): 160°
- ✓ Buzamiento de las juntas ( $\beta_j$ ): 70°
- ✓ Tipo de falla: Planar

#### c) Cálculo de los parámetros

##### ➤ F1

$$F1 = |\alpha_j - \alpha_s|$$

Datos

- ✓ Dirección de buzamiento de las juntas ( $\alpha_j$ ): 160°
- ✓ Dirección de buzamiento del talud ( $\alpha_s$ ): 40°E

$$F1 = |160^\circ - 40^\circ|$$

$$F1 = 120^\circ$$

##### ➤ F2

$$F2 = \beta_j$$

Datos

- ✓ Buzamiento del talud ( $\beta_s$ ): 75°

$$F2 = 75^\circ$$

$$F2 \Rightarrow 45^\circ$$

##### ➤ F3

##### ➤ F3

$$F3 = \beta_j - \beta_s$$

Datos



✓ Buzamiento de las juntas ( $\beta_j$ ):  $70^\circ$

✓ Buzamiento del talud ( $\beta_s$ ):  $75^\circ$

$$F3 = 70^\circ - 75^\circ$$

$$F3 = -5^\circ$$

➤ **F4**

Datos

✓ Voladura suave

✓ F4 = Voladura suave

**D) Evaluación geomecánica del talud aplicando el RMR de Bieniawski**

Tabla 15 Evaluación geomecánica del talud mediante la cartilla de Bieniawski RMR

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)							
CLASIFICACION DE BIENIASWSKI (1989)							
PARAMETRO	RANGO DE VALORES						VALORACION
	VALOR ESTIMADO						
R. COMPRE. UNIAXIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)		7
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)		17
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)		10
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	1
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	1
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	0
	INTEMPERIZA.	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)		7
AJUSTE POR ORIENTACION	Muy Favorb. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfav (-12)		49
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 6) =							
CLASE DE MACIZO ROCOSO							
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0		III - REGULAR
DESCRIPCION	I MUJ BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUJ MALA		

- ✓ Valoración del macizo rocoso (RMR) = 49
- ✓ RMR: III
- ✓ Clase del macizo rocoso: Regular

## E) Evaluación cartilla geomecánica SMR (ROMANA 1985)

Tabla 16 Evaluación cartilla geomecánica SMR (ROMANA 1985)

«SMR = RMR <sub>b</sub> + (F1 * F2 * F3) + F4 (ROMANA 1985)»					
«Factor de ajuste de las juntas (F1, F2, F3)»					«αj= Dirección de buzamiento de la junta» «αs= Dirección de buzamiento del talud» «βj= Buzamiento de la junta» «βs= Buzamiento del talud»
	«Muy favorable»	«Favorable»	«Normal»	«Desfavorable»	«Muy desfavorable»
«Rotura plana  αj - αs » «Vuelco  αj - αs - 180° »	«> 30°»	«30° - 20°»	«20° - 10°»	«10° - 5°»	< 5°»
«Valores»	«0.15»	«0.4»	«0.7»	«0.85»	«1»
«Analítico»	«F2 = (1 - sen αi - αs)²»				
« βj »	«< 20°»	«20° - 30°»	«30° - 35°»	«35° - 45°»	«> 45°»
«Valores» «Rotura plana, vuelco»	«0.15»	«0.4»	«0.7»	«0.85»	«1»
«Analítico»	«F2 = Tg² βj»				
«Rotura plana βj - βs» «Vuelco βj + βs»	«> 10°» < 110°»	«10° - 0°» «110° - 120°»	«0°» «< 120°»	«0° - (-10°)» -	«< (-10°)» -
«Valores»	«0»	«-6»	«-25»	«-50»	«-60»
«Analítico»	«(Se mantiene los valores propuestos por Bieniawski 1976/79)»				
«Factor de ajuste por el método de excavación»	«F4 = Valores empíricos establecidos para cada método de excavación»				
	«Talud natural»	«Precorte»	«Voladura suave»	«Voladura o mecánico»	«Voladura deficiente»
«Valores»	«+ 15»	«+ 10»	«+ 8»	«0»	«-8»

$$SMR = 49 + (0.15 * 1 * -60) + 8 \text{ (ROMANA 1985) } SMR = 48 \text{ puntos}$$

SMR = 48 Puntos

➤ **Valores del SMR.**

«Tabla 17 Valores del SMR para cada tipo de rotura»

«Tipo de rotura»	«Intervalos SMR»	«Frecuencia»
«Plana»	«SMR> 60» «60 > SMR > 40» «40 > SMR > 10»	«Ninguna» « <b>Importantes</b> » «Muy grandes»
«En cuña»	«SMR> 75» «75 > SMR > 49» «55 > SMR > 40»	«Muy pocas» «Algunas» «Muchas»
«Por vuelco»	«SMR> 65» «65 > SMR > 50» «40 > SMR > 30»	«Ninguna» «Menores» «Importantes»
«Completas»	«SMR> 30» «30 > SMR > 10»	«Ninguna» «Posible»

Fuente: Romona, 1985.

➤ **Resultados**

- ✓ Tipo de rotura = Plana
- ✓ Intervalos SMR = 60 > SMR > 40
- ✓ Frecuencia = Importantes

➤ **Clases de estabilidad según SMR**

«Tabla 18 Descripción de clases de SMR»

«Clase N°»	«Vb»	«Va»	«IVb»	«IVa»	«IIIb»	«IIIa»	«IIb»	«IIa»	«Ib»	«Ia»
«Descripción»	Muy mala»		Mala»		Normal»		Buena»		Muy Buena»	
«Estabilidad»	«Totalmente inestable»		«Inestable»		«Parcialment e inestable»		«Estable»		«Muy buena»	
«Roturas»	“Grandes roturas Por planos continuos o por la masa”		“Juntas o grandes cuñas”		“Algunas juntas o muchas cuñas”		“Algunos bloques”		“Ninguna”	
«Sostenimiento»	«Reexcavación»		«Importantes»		«Sistemáticos»		«Ocasionales»		«Ninguno»	

Fuente: Romona, 1985.

- **Resultados**
- ✓ “Clase N° = III b”
- ✓ “Descripción = Normal”
- ✓ “Estabilidad = Parcialmente inestable”
- ✓ “Roturas = Algunas juntas o muchas cuñas”
- ✓ “Sostenimiento = Sistemáticos”

➤ **Estabilidad según SMR**

*Tabla 19 Medidas de corrección de taludes en roca.*

«Sin sostenimiento»	«Ninguno Saneo»
«Protección»	«Zanja de pie» «Vallas de pie o de talud» «Redes y/o mallas sobre la superficie del talud»
«Refuerzo»	«Bulones» «Anclajes»
«Hormigón»	«Gunita» «Hormigón dental» «Contrafuertes y/o vigas»
«Drenaje»	«Superficial» «Profundo»
«Re excavación»	«Tendido del talud» «Muros de contención»

Fuente: Romona, 1985

- **Resultados del método de sostenimiento sugerido**
- ✓ **“Sostenimiento”**
  - “Hormigón dental”
  - “Contrafuertes y/o vigas”
  - “Muros de pie”
  - “Bulones anclados”
  - “Zanja de pie”
  - “Vallas de pie o de talud”
  - “Redes y/o mallas de talud”

Tabla 20 Método de sostenimiento

VALORES DEL SMR PARA CADA FORMA DE ROTURA (EMPÍRICOS)																
ROTURAS PLANAS		MUY GRANDES				IMPORTANTES				NINGUNA						
ROTURAS EN CUÑA					MUCHAS				ALGUNAS			MUY POCAS		NINGUNA		
ROT. POR VUELCO					IMPORT.		MENORES				NINGUNA					
ROT. COMPLETAS	POSIBLES				NINGUNA											
SMR →	0	10	15	20	30	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90	100
REEXCAVACIÓN	REEXCAVACIÓN MUROS DE CONTENCIÓN															
DRENAJE	DRENAJE SUPERFICIAL DRENAJE PROFUNDO															
HORMIGÓN	HORMIGÓN PROYECTADO HORMIGÓN DENTAL CONTRAFUERTE y/o VIGAS MUROS DE PIE															
REFUERZO	BULONES ANCLAJES															
PROTECCIÓN	ZANJA DE PIE VALLAS (DE PIE O DE TALUD) REDES y/o MALLAS (DE TALUD)															
SIN SOSTENIMIENTO												SANEAMIENTO NINGUNO				
MÉTODOS DE SOSTENIMIENTO SUGERIDOS																

➤ **Resultados del método de sostenimiento sugerido**

- ✓ Sostenimiento
  - “Hormigón dental”
  - “Contrafuertes y/o vigas”
  - “Muros de pie”
  - “Bulones anclados”
  - “Zanja de pie”
  - “Vallas de pie o de talud”
  - “Redes y/o mallas de talud”

## **CAPÍTULO VI**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **HE N° 1**

“La estimación del RMR(básico) mediante el cálculo del RCU, RQD, espaciamiento, condición de las juntas y la presencia del agua subterránea influyen en la categorizar la estabilidad de talud”.

“La concluyo de la investigación fue que: Se comprobó que el RMR(básico) determino el grado de estabilidad de talud luego su categorización se establece que el ángulo de talud sobrepasa el ángulo de buzamiento de las familias 2 y 3”

Según: (Sackschewski Chapman, 2017), quien sustento su tesis titulada: "Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta - Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110", con el objetivo de obtener el título de Ingeniero Geólogo”, en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

“Entre sus conclusiones, Se afirma que las dificultades de inseguridad del talud en el área entre las progresivas comprendidas entre el km 102 + 00 al km 110 + 00 se debieron a la realización de cortes inoportunos en el material del terreno, las situaciones perjudiciales de las juntas y el impacto de las infiltraciones de agua en las laderas y desniveles”.

En tal sentido pudo establecer concordancia con su apreciación debido que, si bien es cierto que el macizo roco es un medio heterogéneo y anisótropo, las familias de discontinuidades presentes de acuerdo a su número harán que

se desprendan rocas sueltas de formas variadas como podrían ser lajas, cuñas o bloque en forma natural por el principio de gravedad; si el talud fue perfilado con defectuosas prácticas y con un ángulo de reposo muy elevado agravara el problema de derrumbes.

## **HE N° 2**

“La estimación de los factores de ajuste, que incluyen el rumbo de las discontinuidades y la cara del talud, el paralelismo entre los rumbos de las discontinuidades y el talud y el buzamiento de las discontinuidades. y el impacto de la relación de buzamientos entre las discontinuidades y el talud, para clasificar la estabilidad del talud”.

“La conclusión de la investigación fue que: “La investigación concluyó que los valores de F1, F2, F3 fueron igual a: 0.15, 1 y - 60 respectivamente”. “Estos valores permitieron determinar el grado de estabilidad del talud”.

Según: (Sackschewski Chapman, 2017), quien sustentó su tesis titulada: "Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta - Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110", con el objetivo de obtener el título de Ingeniero Geólogo”, en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

“Entre sus conclusiones, Se afirma que las dificultades de inseguridad del talud en el área entre las progresivas comprendidas entre el km 102 + 00 al km 110 + 00 se debieron a la realización de cortes inoportunos en el material del terreno, las situaciones perjudiciales de las juntas y el impacto de las infiltraciones de agua en las laderas y desniveles”.

En tal sentido se establece concordancia con su apreciación debido que, si bien es cierto que el macizo roco es un medio heterogéneo y anisótropo, las familias de discontinuidades presentes de acuerdo a su número harán que se desprendan rocas sueltas de formas variadas como podrían ser lajas, cuñas o bloque en forma natural por el principio de gravedad; si el talud fue perfilado con



defectuosas prácticas y con un ángulo de reposo muy elevado agravara el problema de derrumbes.

### **HE N° 3**

“La estimación de la evaluación del factor de excavación mediante la evaluación del método de excavación empleado influye en la categorizar la estabilidad de talud”

“De la evaluación de factor de excavación el resultado determinado a partir del método empleado para perfilar el talud nos dio un  $F4 = 8$  el cual influyo en la categorización de la estabilidad del talud”.

Según: (Sackschewski Chapman, 2017), quien sustento su tesis titulada: "Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta - Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110", con el objetivo de obtener el título de Ingeniero Geólogo", en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

“Entre sus conclusiones, Se afirma que las dificultades de inseguridad del talud en el área entre las progresivas comprendidas entre el km 102 + 00 al km 110 + 00 se debieron a la realización de cortes inoportunos en el material del terreno, las situaciones perjudiciales de las juntas y el impacto de las infiltraciones de agua en las laderas y desniveles”.

“En tal sentido se establece concordancia con su apreciación debido que si bien es cierto que el macizo roco es un medio heterogéneo y anisótropo”. “Las familias de discontinuidades presentes de acuerdo a su número harán que se desprendan rocas sueltas de formas variadas como podrían ser lajas, cuñas o bloque en forma natural por el principio de gravedad”. “Si el talud fue perfilado con defectuosas prácticas y con un ángulo de reposo muy elevado agravara el problema de derrumbes”.

## CONCLUSIONES

1. Se comprobó que mediante la estimación geomecánica del macizo rocoso empleando la clasificación de masa de pendiente permitiendo categorizar la estabilidad de talud, cuyos resultados fueron que el macizo rocoso pertenece a la clase N° = III b, la descripción lo cataloga como normal, su estabilidad parcialmente inestable con la presencia de roturas de algunas juntas o muchas cuñas y proponiendo un sostenimiento sistemático.
2. Se comprobó que el RMR(básico) determino el grado de estabilidad de talud luego su categorización se establece que el ángulo de talud sobrepasa el ángulo de buzamiento de las familias 2 y 3.
3. “La investigación concluyó que los valores de F1, F2, F3 fueron igual a: 0.15, 1 y - 60 respectivamente”. “Estos valores permitieron determinar el grado de estabilidad del talud”.
4. De la evaluación de factor de excavación el resultado determinado a partir del método empleado para perfilar el talud nos dio un  $F4 = 8$  el cual influyo en la categorización de la estabilidad del talud.

## **RECOMENDACIONES**

1. Luego de haber comprobado que la valoración geomecánica del macizo rocoso permitió categorizar su estabilidad del talud se recomienda que se emplee la cartilla geomecánica de masa de pendiente propuesta por Romana 1985.
2. Luego de haber verificado que el índice rock mass rating básico determino el grado de estabilidad de talud se recomienda su uso para taludes conformados por rocas.
3. Luego de haber verificado que los valores de F1, F2, y F3 (factores de ajuste) permitieron determinar el grado de estabilidad del talud, se recomienda que dichos factores se evalúen en diferentes tramos para de esta manera poder analizar mejor el talud considerando la variación de los mismos debido al cambio de dirección de rumbo y buzamiento de los estratos.
4. Luego de haber comprobado que factor de excavación (F4) el cual influyo en la categorización de la estabilidad del talud, se recomienda sea analizado cuidadosamente debido que una defectuosa técnica de voladura empleada permite la formación de nuevas fracturas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Fonam. (12 de Diciembre de 2019). *Fonam*. Obtenido de Reglamento para el Cierre de Minas: <https://fonamperu.org.pe/download/reglamento-para-el-cierre-de-minas/>
2. Maldonado, Y. (01 de 01 de 2018). *Geología web*. Recuperado el 15 de 03 de 2021, de <https://geologiaweb.com>
3. Melentijevic, S. (2005). *Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterios de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada*. Madrid.
4. Morales Muñoz, B. (2012). *Metodología de estabilización de taludes de carreteras*. Quito.
5. Ramírez Oyanguren, P., & Alejano Monge, L. (2004). *Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes*.
6. Sackschewski Chapman, C. (2017). *Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta – Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110*. Lima, Perú.
7. Servicio de geología y minería, república del Perú. (1968). *Geología del cuadrángulo de Huancayo*. Lima. Perú.
8. Tardeo de la Cruz, C., & Zanabria Pari, E. (2016). *Análisis dinámico de estabilidad de taludes por elementos finitos en la zona de Huayllapampa del distrito de Cuenca Huancavelica*. Lircay Perú .
9. Tomás, R., Romana, M., & Serón, J. B. (2017). Review of the Current Status of the Geomechanic Classification Slope Mass Rating (SMR). *Ingeniería Civil*.

10. Turpo Phuño, J. I. (2018). *"DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL TALUD, PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DEL TAJO SUPERFICIAL DEL ÁREA DE EXPLOTACIÓN EN LA UNIDAD MINERA MOISES RANDY 2010"*. Moquegua.

# **ANEXOS**

## Anexo N° 01 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>General:</b></p> <p>¿Cuál es el resultado de la estimación geomecánica del macizo rocoso para categorizar la estabilidad de talud empleando la clasificación de masa de pendiente, carretera Huancayo - Cañete 2022?</p>	<p><b>General:</b></p> <p>Establecer el resultado de la estimación geomecánica del macizo rocoso para categorizar la estabilidad de talud empleando la clasificación de masa de pendiente, carretera Huancayo - Cañete 2022.</p>	<p><b>General:</b></p> <p>El resultado de la estimación geomecánica del macizo rocoso por medio de la cartilla del RMR y el cálculo factores de ajuste propuestos por Romana influyen en la categorizar la estabilidad de talud empleando la clasificación de masa de pendiente, carretera Huancayo - Cañete 2022.</p>	<p><b>Independiente</b></p> <p>➤ Estimación geomecánica del macizo rocoso</p> <p>Dimensiones RMR</p> <p>Factor de ajuste F1</p> <p>Factor de ajuste F2</p> <p>Factor de ajuste F3</p> <p>Factor de ajuste F4</p>	<p><b>Método:</b> Científico</p> <p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel:</b> Correlacional</p> <p><b>Diseño:</b> No experimental</p> <p><b>Población y muestra:</b></p> <p><b>Población:</b> La población en la presente investigación está conformada por la carretera Huancayo – Cañete con una longitud aproximada de 290. 773 kilómetros, tramo de Chupaca - Colpa con 26 taludes</p>
<p><b>Específicos:</b></p> <p>a) ¿Cuál es el resultado del índice rock mass rating básico para categorizar la estabilidad de talud?</p> <p>b) ¿Cuáles son los resultados de la evaluación de los factores de ajuste para categorizar la estabilidad de talud?</p> <p>c) ¿Cuál es el resultado de la evaluación del factor de excavación para categorizar la estabilidad de talud?</p>	<p><b>Específicos:</b></p> <p>a) Determinar el resultado del índice rock mass rating básico para categorizar la estabilidad de talud.</p> <p>b) Calcular los resultados de la evaluación de los factores de ajuste para categorizar la estabilidad de talud.</p> <p>c) Determinar el resultado de la evaluación del factor de excavación para categorizar la estabilidad de talud.</p>	<p><b>Específicos:</b></p> <p>a) El resultado del índice rock mass rating básico mediante el cálculo del RCU, RQD, espaciamiento, condición de las juntas y la presencia del agua subterránea influyen en la categorizar la estabilidad de talud.</p> <p>b) Los resultados de la evaluación de los factores de ajuste como rumbo de las discontinuidades y el de la cara del talud, paralelismo entre los rumbos de las discontinuidades y del talud, el buzamiento de las discontinuidades. y la relación de buzamientos entre las discontinuidades y el talud influyen, para categorizar la estabilidad de talud.</p> <p>c) El resultado de la evaluación del factor de excavación mediante la evaluación del método de excavación empleado influye en la categorizar la estabilidad de talud.</p>	<p><b>Dependiente</b></p> <p>➤ Estabilidad de talud</p> <p>Dimensiones</p> <p>Muy Mala</p> <p>Mala</p> <p>Normal</p> <p>Buena</p> <p>Muy buena</p>	<p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra de la investigación no probabilística por lo tanto no aleatoria; está conformada por el talud ubicado entre las progresivas 267+000 al 268+800 tramo de Colpa - Chupaca (paradero San Blas) conformados por macizo rocoso</p>

## Anexo N° 02 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

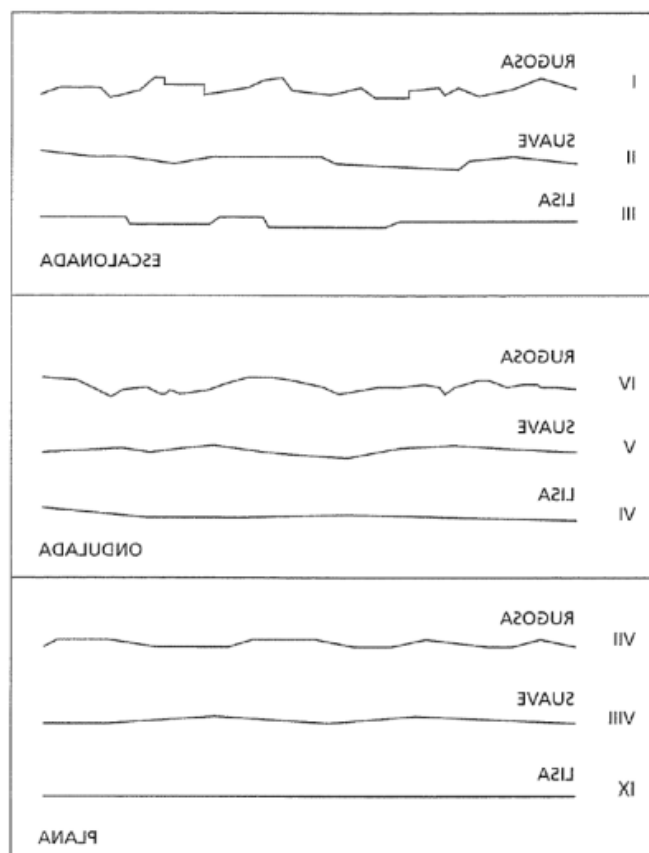
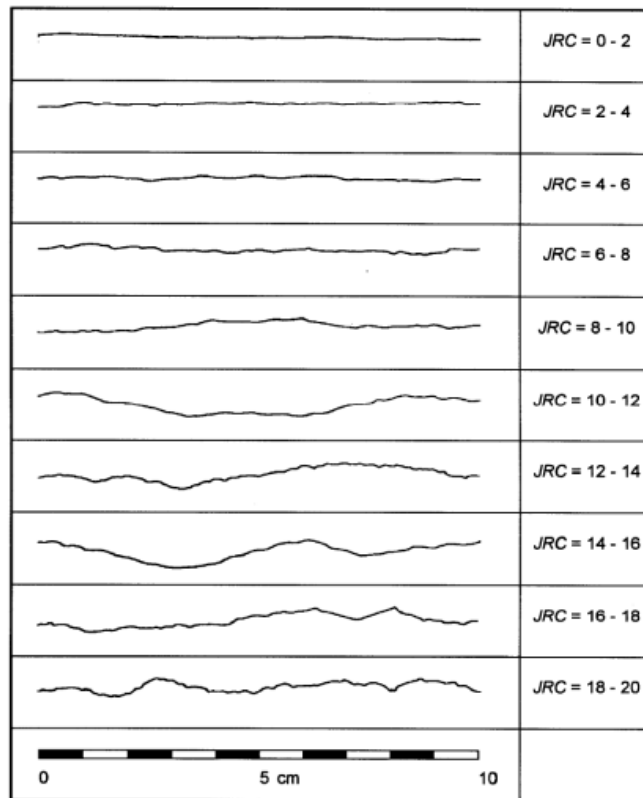
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Independiente (X)  Estimación geomecánica del macizo rocoso	Es el conjunto de caracteres de origen estructural (superficies de discontinuidad, fallas, diaclasas, pliegues, etc) que presenta el macizo rocoso, junto con sus características particulares e interrelaciones.	La caracterización geomecánica permite evitar y/o disminuir los incidentes/accidentes por caída de rocas, utilizando las herramientas, a fin de controlar la estabilidad de rocas, estableciendo tipos de sostenimiento en las diferentes labores mineras y garantizando la estabilidad de la masa rocosa, con el fin de brindar una operación segura y de calidad	RMR	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ RCU y/o RCP</li> <li>▪ RQD</li> <li>▪ Espaciamiento</li> <li>▪ Persistencia</li> <li>▪ Apertura</li> <li>▪ Rugosidad</li> <li>▪ Relleno</li> <li>▪ Intemperización</li> <li>▪ Agua subterránea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Equipo de carga puntual</li> <li>▪ Muestreo líneas</li> <li>▪ Flexómetro</li> <li>▪ Flexómetro</li> <li>▪ Flexómetro</li> <li>▪ Peine de Barton</li> <li>▪ Flexómetro</li> <li>▪ Observación</li> <li>▪ Volumen</li> </ul>
			F1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dirección del buzamiento de la junta</li> <li>▪ Dirección del buzamiento de la junta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brújula</li> <li>▪ Brújula</li> </ul>
			F2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buzamiento de la junta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brújula</li> </ul>
			F3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buzamiento de la junta</li> <li>▪ Buzamiento del talud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Brújula</li> <li>▪ Brújula</li> </ul>
			F4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Método de excavación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Talud natural</li> <li>▪ Pre corte</li> <li>▪ Voladura suave</li> <li>▪ Voladura normal o excavación mecánica</li> <li>▪ Voladura deficiente</li> </ul>
Dependiente (Y)  Estabilidad de talud	Es un método correctivo ligado a deslizamientos en el cuerpo del talud. Se denomina bermas a masas generalmente del mismo material del propio talud o de uno similar que se adosan al mismo, para darle estabilidad	Un talud se hace inestable en el momento en que la masa de suelo se moviliza producto de los esfuerzos actuantes sobre ella superiores a su resistencia al corte. Existen a la vez muchos factores que afectan la resistencia al corte del suelo y muchas circunstancias que pueden adherir esfuerzos a éste	Muy mala	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ V b</li> <li>▪ V a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 00 – 10 puntos</li> <li>▪ 11 - 20 puntos</li> </ul>
			Mala	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IV b</li> <li>▪ IV a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 21 –30 puntos</li> <li>▪ 31 - 40 puntos</li> </ul>
			Normal	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ III b</li> <li>▪ III a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 41 –50 puntos</li> <li>▪ 51 - 60 puntos</li> </ul>
			Buena	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ II b</li> <li>▪ II a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 61 –70 puntos</li> <li>▪ 71 - 80 puntos</li> </ul>
			Muy Buena	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ I b</li> <li>▪ I a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 81 –90 puntos</li> <li>▪ 91 - 100 puntos</li> </ul>



**Anexo N° 03 VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)**

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)									
CLASIFICACION DE BIENIASWSKI (1989)									
PARAMETRO		RANGO DE VALORES							VALORACION
		VALOR ESTIMADO							
R. COMPRE. UNIAXIAL (Mpa)		>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)			
RQD %		90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)			
ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)	0,6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	< 0.06 (5)			
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)			
	APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)			
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)			1
	RELLENO	Limpia (6)	Duro < 5mm (4)	Duro > 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)			
	INTEMPERIZA.	Sana (6)	Lig. Intempe. (5)	Mod. Intempe. (3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)			
AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)			
AJUSTE POR ORIENTACION		Muy Favorb. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfav (-12)			
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 6) =									
CLASE DE MACIZO ROCOSO									
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0				
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA				

## Anexo N° 04 Rugosidad y perfiles de rugosidad (Brown, 1981)



**Anexo N° 05 Relación entre la densidad de la roca, la resistencia a compresión y el número de rebote, (Miller 1965, Brown 1981).**

