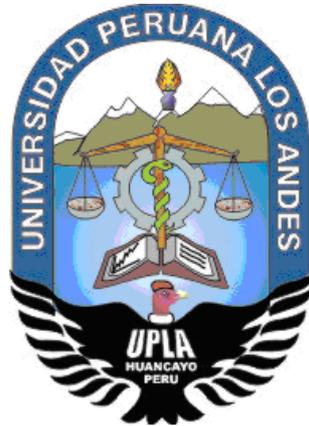


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS  
GEOMECANICOS DEL MACIZO ROCOSO PARA  
DISEÑO DE ANGULO DE REPOSO DE TALUD,  
CARRETERA HUANCAYO HUANCAVELICA RUTA-26”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. RANDOLPHI PORRAS RAMOS**

**Línea de investigación institucional:**

**Transporte y Urbanismo**

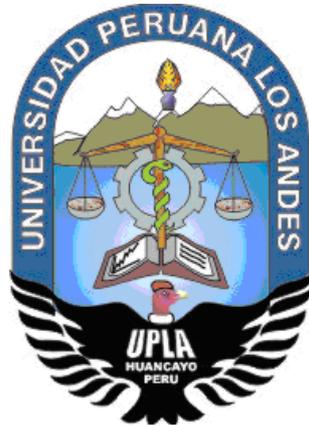
**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2020**

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



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS  
GEOMECANICOS DEL MACIZO ROCOSO PARA  
DISEÑO DE ANGULO DE REPOSO DE TALUD,  
CARRETERA HUANCAYO HUANCAVELICA RUTA-26”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. RANDOLPHI PORRAS RAMOS**

**Línea de investigación institucional:**

**Transporte y Urbanismo**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2020**

ASESOR

Ing. NATALY CORDOVA ZORRILLA

## **DEDICATORIA**

A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta **tesis**. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. **Para** todos ellos hago esta **dedicatoria**.

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor, quien con sus conocimientos y apoyo me guió a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.*

*También quiero agradecer a la universidad peruana los andes por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. No hubiese podido arribar a estos resultados de no haber sido por su incondicional ayuda.*

## HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**DR. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. RANDO PORRAS OLARTE**  
**JURADO**

---

**Ing. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**  
**JURADO**

---

**Ing. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**  
**JURADO**

---

**Mg. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

## INDICE

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS.....	6
RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	13
INTRODUCCION .....	14
CAPITULO I .....	16
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.1. Planeamiento del problema .....	16
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	17
1.2.1. Problema general.....	17
1.2.2. Problema(s) específico(s) .....	17
1.3. Justificación.....	17
1.3.1. Practica o Social .....	17
1.3.2. Metodológica.....	18
1.4. Delimitaciones.....	18
1.4.1. Espacial.....	18
1.4.2. Temporal .....	18
1.4.3. Económica .....	18
1.5. Limitaciones .....	18
1.6. Objetivos .....	18
1.6.1. Objetivo General .....	18
1.6.2. Objetivo(s) específico(s).....	18
CAPITULO II .....	20
MARCO TEÓRICO .....	20
2.1. Antecedentes .....	20
2.2. Marco conceptual.....	27
2.3. Definición de términos.....	39
2.4. Hipótesis .....	40
2.4.1. Hipótesis general .....	40
2.4.2. Hipótesis específica(s) .....	40
2.5. Variables .....	40
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	40

2.5.2. Definición operacional de la variable .....	41
2.5.3. Operacionalización de la variable .....	42
CAPITULO III .....	43
METODOLOGIA.....	43
3.1. Método de investigación: .....	43
3.2. Tipo de investigación: .....	43
3.3. Nivel de investigación: .....	43
3.4. Diseño de investigación .....	43
3.5. Población y muestra.....	44
3.5.1. La población:.....	44
3.5.2. La muestra: .....	44
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	44
3.6.1. Técnicas de recolección de datos .....	44
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	44
3.7. Procesamiento de la información .....	44
3.8. Técnicas y análisis de datos. ....	44
CAPITULO IV .....	46
4.1. Datos generales de zona .....	46
4.1.2. Cálculo del RMR de Bieniawski.....	66
4.1.3. Calculo de SMR .....	71
4.1.4. Costos para la instalacion de malla,pernos y hormigon proyectado.....	77
CAPITULO V .....	87
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES .....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92
ANEXOS .....	94

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Definición ilustrativa de un macizo rocoso .....	28
Figura 2 Estructura de Martillo de Schmidt.....	32
Figura 3 Dimensiones de la Muestra.....	32
Figura 4 Condiciones para rotura plana y rotura en cuña. ....	37
Figura 5 Distribucion de los pernos .....	86

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Data base para procesar información de campo en el software dips .....	48
Ilustración 2 Concentración de discontinuidades .....	49
Ilustración 3 Datos insertados en la falsía de golf .....	49
Ilustración 4 Concentración de polos de discontinuidades de acuerdo a la escala de colores proporcionados por el software dips .....	50
Ilustración 5 Sección de agrupación de polos .....	50
Ilustración 6 Dirección del rumbo .....	51
Ilustración 7 El cuadro nos muestra el buzamiento que mas se repite.....	51
Ilustración 8 El cuadro nos muestra la dirección del buzamiento que más se repite .....	52
Ilustración 9 Muestra el número de discontinuidades.....	52
Ilustración 10 El cuadro muestra los espaciados que más se repiten .....	53
Ilustración 11 El cuadro muestra la moda de la persistencia.....	53
Ilustración 12 El cuadro muestra la moda de la alteración .....	54
Ilustración 13 El cuadro muestra la moda de la abertura .....	54
Ilustración 14 El cuadro muestra la moda de la rugosidad.....	55
Ilustración 15 El cuadro muestra la moda del tipo de relleno .....	55
Ilustración 16 El cuadro muestra la moda del agua.....	56
Ilustración 17 El cuadro muestra el resumen .....	57
Ilustración 18 Clasificación del rock mass rating (RMR) .....	70
Ilustración 19 Comprobando en el software geotable .....	75

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de Calidad de Roca .....	29
Tabla 2 Clasificación de Bienawski, valora una serie de parámetros:.....	30
Tabla 3 Parámetro de Resistencia de la Roca Intacta .....	30
Tabla 4 Parámetro para RQD.....	30
Tabla 5 Parámetro para Espaciado de las Discontinuidades .....	30
Tabla 6 Parámetro de Estado de las Discontinuidades.....	31
Tabla 7 Parámetro de Flujo de Agua en las Juntas.....	31
Tabla 8 Clasificación de RMR .....	31
Tabla 9 RQD = 95% .....	66
Tabla 10 Espaciamiento = Tipo 3 (0.20 – 0.60 m).....	67
Tabla 11 Persistencia = Tipo 3 ( 3 - 10 m) .....	67
Tabla 12 Apertura = Tipo 5 (abierta >5 mm) .....	67
Tabla 13 Rugosidad = Tipo 4 (Lisa) .....	68
Tabla 14 Relleno = Tipo 5 (Blando mayor a 5 mm).....	68
Tabla 15 Alteración = Tipo 4 (Muy alterada) .....	68
Tabla 16 Agua = tipo (1) (seco).....	69
Tabla 17 Prensa del agua = 15(seco) .....	69
Tabla 18 Valores del SMR para cada tipo de rotura.....	76
Tabla 19 Clase de estabilidad según el SMR.....	76
Tabla 20 Medidas de corrección propuestas según el SMR=47.2 .....	77

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se planteó como problema general: ¿Cuál es el valor de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso para diseño de ángulo de reposo de talud, carretera Huancayo-Huancavelica ruta-26, 2020?, el objetivo general fue: Calcular el valor de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso para diseño de ángulo de reposo de talud y la hipótesis general fue: El valor de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski y los valores de los factores de ajuste por la orientación de las juntas y método de excavación influyen en el diseño de ángulo de reposo de talud.

El método general de investigación fue el científico, tipo aplicada, nivel descriptivo correlacional, diseño cuasi experimental; la población constituida por carretera Huancayo-Huancavelica ruta-26, la muestra no probabilística conformada entre la progresiva 142+620 al 142+670.

La investigación concluyó que: Los parámetros de clasificación geomecánica de Bieniawski la valoración es de 56 puntos catalogando la masa rocosa de calidad media, clase-III, cohesión de 2-3kg/cm<sup>2</sup>, ángulo de rozamiento de 25°-30°; la cartilla SMR describe al talud como: clase III-b, descripción normal, parcialmente inestable, roturas presentan algunas juntas o muchas cuñas; sostenimiento de tipo sistemático para estabilizar el talud.

**Palabras claves:** Parámetros geomecánicos, macizo rocoso, diseño, ángulo de reposo, talud

## ABSTRACT

The present research work was proposed as a general problem: What is the value of the geomechanical parameters of the rock mass for the design of the slope angle of repose, Huancayo-Huancavelica route-26, 2020? The general objective was: Calculate the value of the geomechanical parameters of the rock mass for the design of the slope angle of repose and the general hypothesis was: The value of the geomechanical parameters of the rock mass according to the Bieniawski geomechanical classification and the values of the adjustment factors for the orientation of joints and method of excavation influence the design of the slope angle of repose.

The general research method was scientific, applied type, correlational descriptive level, quasi-experimental design; the population constituted by the Huancayo-Huancavelica highway route-26, the non-probabilistic sample comprised between the progressive 142 + 620 to 142 + 670.

The investigation concluded that: Bieniawski's geomechanical classification parameters, the evaluation is 56 points, cataloging the rock mass of medium quality, class-III, cohesion of 2-3kg / cm<sup>2</sup>, friction angle of 25 ° -30 °; the SMR primer describes the slope as: class III-b, normal description, partially unstable, breaks have some joints or many wedges; systematic support to stabilize the slope.

Keywords: Geomechanical parameters, rock mass, design, angle of repose, slope

## INTRODUCCION

La presente investigación titulada: Evaluación de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso para diseño de ángulo de reposo de talud, carretera Huancayo Huancavelica ruta-26, partió de la problemática:

En el Perú son muchas las carreteras que no cuentan con una estimación geomecánica adecuada para evaluar la resistencia de los de taludes de macizos rocosos debido a ello se tiene rotura de rocas generando desprendimiento de rocas en las carreteras lo cual requiere un debido estudio y solución que garantice estabilidad de la estructura y seguridad de los transportistas.

El tránsito es muy frecuentemente perturbado por daños resultantes de terremotos y lluvias fuertes. En particular, las perturbaciones en el tráfico son causadas mayormente por la falla de taludes. La estabilidad de un talud se mantiene principalmente por el balance entre la resistencia cortante del terreno y la fuerza deslizando de gravedad del talud. Sin embargo, la estabilidad de un talud está influenciada grandemente por disminución en la resistencia del terreno por infiltración de agua en el terreno o lluvia fuerte, cambios en el balance de gravedad debido a cortes artificiales y rellenos, aumento en la presión de poros debido a lluvia fuerte o movimiento del agua freática o aumento en la aceleración de la gravedad debido a sismos.

En tal sentido se hace necesario realizar un estudio para determinar en forma técnica el ángulo de reposo de talud, aplicando conocimientos básicos.

El desarrollo de la investigación se realizó en cinco capítulos cuyos contenidos son los siguientes:

En el primer capítulo, titulado el problema de la investigación se da a conocer la formulación y sistematización del problema lo cual sirve para plantear el problema general y específico, delimitación de la investigación, la justificación, las limitaciones y el objetivo general y específicos. seguidamente se da conocer las delimitaciones espacial temporal y económica, así también se plantea las limitaciones de la investigación; por último se da conocer el objetivo general y los específicos

El segundo capítulo, denominado marco teórico, está referido para los antecedentes nacionales e internacionales, el marco conceptual y la definición

de términos; del mismo modo en este capítulo se muestra las hipótesis tanto general como específicas y para culminar definiendo las variables y sus definiciones correspondientes.

En tercer capítulo nos muestra la metodología, el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas y/o instrumentos de recolección de datos, técnicas y análisis de datos, materiales y recursos, procedimientos de la investigación.

En el cuarto capítulo, nos muestra los resultados producto de la investigación, se da a conocer los resultados del análisis y se proponen opciones de mejora, se contrasta la hipótesis general y las específicas.

En el quinto capítulo se argumenta los resultados culminado la presente investigación, por último se muestran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Randolphi Porras Ramos

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planeamiento del problema**

En nuestro campo de ingeniería civil sucede con frecuencia, problemas relacionados con la estabilidad de taludes, el triunfo de los proyectos de estabilización de taludes depende en gran parte, de los estudios de la geomecánica: mecánica de suelos y mecánica de rocas.

Para observar la gravedad del problema de inestabilidad de taludes de macizos rocosos actualmente a nivel mundial viene ocasionando gran variedad de accidentes. Cada año este problema ocasiona numerosas víctimas, heridos y damnificados dentro de las carreteras lo cual requiere generar una solución factible para reducir el número de accidentes.

En el Perú son muchas las carreteras que no cuentan con una estimación geomecánica adecuada para evaluar la resistencia de los de taludes de macizos rocosos debido a ello se tiene rotura de rocas generando desprendimiento de rocas en las carreteras lo cual requiere un debido estudio y solución que garantice estabilidad de la estructura y seguridad de los transportistas.

El tránsito es muy frecuentemente perturbado por daños resultantes de terremotos y lluvias fuertes. En particular, las perturbaciones en el tráfico

son causadas mayormente por la falla de taludes. La estabilidad de un talud se mantiene principalmente por el balance entre la resistencia cortante del terreno y la fuerza deslizante de gravedad del talud. Sin embargo, la estabilidad de un talud está influenciada grandemente por disminución en la resistencia del terreno por infiltración de agua en el terreno o lluvia fuerte, cambios en el balance de gravedad debido a cortes artificiales y rellenos, aumento en la presión de poros debido a lluvia fuerte o movimiento del agua freática o aumento en la aceleración de la gravedad debido a sismos.

En tal sentido se hace necesario realizar un estudio para determinar en forma técnica el ángulo de reposo de talud, aplicando conocimientos básicos.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el valor de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso para diseño de ángulo de reposo de talud, carretera Huancayo Huancavelica ruta 26 – 2020?

### **1.2.2. Problema(s) específico(s)**

a) ¿Cuánto es la valoración del macizo rocoso de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski para diseño de ángulo de reposo de talud?

b) ¿Cuáles son los valores de los factores de ajuste por la orientación de las juntas y método de excavación para diseño de ángulo de reposo de talud?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Practica o Social**

La investigación se justifica en la parte práctica ya que con el desarrollo se busca solucionar el problema del desprendimiento de rocas las mismas que causan interrupciones en la transitabilidad de vehículos livianos y pesados; del mismo modo este desprendimiento genera accidentes que muchas veces va acompañado con la pérdida de vidas humanas.

### **1.3.2. Metodológica**

En la parte metodológica el sustentante hará uso de metodologías propias tanto para la toma de datos de campo insitu, así como para el procesamiento de la información; las cuales podrán ser de utilidad para otras investigaciones de igual problemática

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Espacial**

La investigación se proyecta desarrollar en:

Región : Junín

Provincia : Huancayo

Distrito : Huacrapuquio

Carretera : Carretera Huancayo Huancavelica ruta 26

Progresiva : 145+420 al 147+420

### **1.4.2. Temporal**

La investigación está planteada para ser desarrollada entre los meses de junio a setiembre del año 2020.

### **1.4.3. Económica**

Los gastos que involucre el desarrollo de la investigación que comprende el trabajo de campo y laboratorio será asumida en su totalidad por el investigador.

## **1.5. Limitaciones**

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Calcular el valor de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso para diseño de ángulo de reposo de talud, carretera Huancayo Huancavelica ruta 26 – 2020

### **1.6.2. Objetivo(s) específico(s)**

a) Determinar la valoración del macizo rocoso de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski para diseño de ángulo de reposo de talud.

b) Calcular los valores de los factores de ajuste por la orientación de las juntas y método de excavación para diseño de ángulo de reposo de talud.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### ➤ **internacionales**

a) (SVETLANA MELENTIJEVIC, 2005), sustentó su Tesis: "ESTABILIDAD DE TALUDES EN MACIZOS ROCOSOS CON CRITERIOS DE ROTURA NO LINEALES Y LEYES DE FLUENCIA NO ASOCIADA" en La Universidad Politécnica de Madrid - Facultad de Ingeniería Civil y Morfología del Terreno, escuela de Ingeniería Civil; Con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Civil.

Entre los objetivos, que se alcanzarán en el presente proyecto son:

- El objetivo de esta Tesis es investigar la estabilidad de taludes en macizos rocosos, y desarrollar un procedimiento de cálculo que sea sencillo de utilizar basándose en un criterio de rotura no lineal y en leyes de fluencia no asociada. Es decir, incorporando los factores clave que condicionan la rotura en un medio rocoso.

- La aplicación del criterio empírico de rotura de Hoek & Brown para la roca homogénea e isótropa y para el macizo rocoso es habitual y está muy extendido en el ámbito de la mecánica de rocas, en las últimas décadas, y en particular en el análisis de estabilidad de taludes. Hoek & Brown desarrollaron el criterio de rotura original en el año 1980, el cual se ha ido modificando a lo largo del tiempo para cubrir las necesidades teóricas que no abarcaba el criterio original, basándose en la experiencia conseguida con motivo de su aplicación (Hoek, 1983; Hoek & Brown, 1988).
- En particular, en esta investigación se aplica el criterio original de rotura de Hoek & Brown (1980), en su forma paramétrica dada por Serrano & Olalla (1994). Las ecuaciones paramétricas de Serrano & Olalla (1994) permiten obtener directamente las tensiones en los planos de rotura  $\{\sigma_n, \tau, T\}$ . Son aplicables tanto bajo hipótesis de la ley de fluencia asociada como no asociada. En este trabajo se ha particularizado la ley de fluencia no asociada con valores del ángulo de dilatación constantes. La influencia del ángulo de dilatación en macizos rocosos, a pesar de su importancia, no suele ser considerada en los cálculos de estabilidad de taludes en la práctica ingenieril.
- Los valores del ángulo de dilatación que se han introducido en los cálculos se acogen a las recomendaciones de Hoek & Brown (1997).
- Establecer las condiciones geotécnicas y geológicas.  
Producto de su investigación concluye que:
- El método desarrollado en esta tesis es válido puesto que los resultados obtenidos mediante la metodología desarrollada en el Capítulo 5 y dados en el Capítulo 6 en forma de ábacos son concordantes con los resultados obtenidos mediante el programa comercial geotécnico Slope AV. La comparación viene dada en el Capítulo 7 de

"Contraste y validación del método". La similitud de los resultados obtenidos se verifica mediante la diferencia entre los valores de factores de seguridad (FS)

- Se han elegido cinco distintas funciones de distribución  $f(x)$  para comprobar su influencia en los valores del factor de seguridad (FS), tanto para deslizamiento plano como para deslizamiento circular. La diferencia obtenida es del orden de 1% y por ese motivo se ha empleado la más habitual en el ámbito de cálculos de estabilidad de taludes; la función de medio-seno.
  - El valor del parámetro de Morgenstem & Price (X) obtenido, en la mayoría de los casos estudiados (en 121 de 144 casos analizados en total) del deslizamiento plano es 0.25; mientras que para el deslizamiento circular no se ha podido obtener un único valor representativo.
  - En los análisis de estabilidad de taludes no se suelen aplicar leyes de fluencia no asociada. En este trabajo se pone de manifiesto la influencia de la hipótesis de no asociatividad. Como era de esperar empleando la ley de fluencia no asociada se obtienen los valores del factor de seguridad (FS) menores que con la ley de fluencia asociada.
- b) (Gutierrez Martin, 2015), sustentó su Tesis: "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES, EN SAN ANTONIO DE PICHINCHA, MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN DE MACIZOS ROCOS, PARA EL ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA" en Escuela Politécnica Nacional - Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos, escuela de Ingeniería Geológica; Con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Geólogo.

Entre los objetivos, que se alcanzarán en el presente proyecto son:

- Evaluar la estabilidad de taludes naturales y modificados (explotación de canteras y aperturas de carreteras), en la zona de San Antonio de Pichincha, y vías a Perucho, mediante la caracterización geomecánica, mineralógica, modelos geo estadísticos e los macizos rocosos, la cual ayudara a la mitigación de los peligros por FRM y sus objetivos específicos son:
- Estudiar y caracterizar las propiedades físico – mecánicas de los macizos rocosos, mediante trabajos en campo e información bibliográfica, para obtener datos suficientes y aplicarlos a las medidas de mitigación.
- Recomendar este tipo de ajuste a la clasificación geomecánica, configurando el factor RQD a través de la mineralogía, en donde se tomará en cuenta los minerales alterados para dicha clasificación y las condiciones geológicas de las discontinuidades.
- Desarrollar un modelo geo estadístico considerando las diferentes condiciones geomecánicas de los taludes.
- Aportar información sobre los macizos rocosos, a través de este estudio, para aplicarlo en diferentes áreas rurales y urbanas del país.
- Generar un mapa geotécnico superficial y de pendientes para evaluar la estabilidad de los diferentes taludes del sector a ser estudiado.

Producto de su investigación concluye que:

- Se ha realizado la evaluación de estabilidad de los macizos rocosos existentes en la zona de San Antonio de Pichincha – Perucho, a través de los parámetros geomecánicos, mineralogía, modelamientos geo estadísticos que permitirán la elaboración de planes de contingencia y obras de mitigación contra los fenómenos de remoción en masa.
- Se realizó el estudio de las propiedades físico-mecánicas de 41 macizos rocosos existentes en la zona a través de los datos obtenidos en el campo y laboratorio, una vez

procesada la información se pudo evaluar las posibles medidas de contingencia.

- La mineralogía complementó el estudio a través de los minerales de alteración que permitieron el ajuste al índice RQD, logrando valores de estabilidad más aproximados a la realidad.
- La caracterización de los macizos rocosos permitió la generación de algunos modelos geo estadísticos a través de los programas Arc Gis y SGeMS que permitieron identificar la calidad y estabilidad del talud en diferentes sectores importantes de la zona.
- El ajuste que se realizó al índice RQD mediante los minerales de alteración otorgó valores más cercanos a la caracterización interna de un macizo rocoso, proporcionando una mejor apreciación al evaluar un talud de roca.

➤ **Nacionales**

- a) (Mamani Roge, 2016), sustentó su Tesis: “ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN MACIZO ROCOSO DE LA CARRETERA SINA YANAHUAYA TRAMO III - SUB TRAMO 02, A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE” en UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL; Con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Civil.

Entre los objetivos, que se alcanzarán en el presente proyecto son:

- Realizar el análisis de la estabilidad de taludes en macizo rocoso de la carretera Sina Yanahuaya Tramo III - Sub Tramo 02, a partir de la caracterización geológica y resistencia a la compresión simple. Y sus objetivos específicos son:

- OE1: Realizar la clasificación geomecánica de los macizos rocosos.
- OE2: Determinar los factores de seguridad de los taludes analizados

Producto de su investigación concluye que:

- La calidad geotécnica del macizo rocoso a través de la clasificación geomecánica RMR y GSI en cada tramo de análisis es:

Tramo	RMR	GSI	Clase	Descripción	Condición
Catarata: km 1+400 al 1+580	64	59	II - III	Regular Regular	Estable
Catarata: km 1+580 al 1+700	54	49	III - III	Regular Regular	Estable
Mirador: km 2+500 al 2+620	69	64	II - III	Buena Regular	Estable
Mirador: Km 2+620 al 2+760	72	67	II - II	Buena Buena	Estable
Huancoiri: km 6+400 al 6+700	43	38	III - IV	Regular Mala	Inestable

- El análisis de estabilidad de taludes mediante el equilibrio límite, por métodos exactos se determinó el tipo de rotura y factor de seguridad para cada uno de los tramos analizados: km 1+400 al 1+580 FS=1.79; km 1+580 al 1+700 FS=1.02; km 2+500 al 2+620 FS=1.87; km 2+620 al 2+760 FS=3.89.

Tramo	Progresiva	Rotura	F.S.	Condición
Catarata	km 1+400 al 1+580	Planar	1.79	Estable
	km 1+580 al 1+700	Cuña/Vuelco	1.02	Inestable
Mirador	km 2+500 al 2+620	Cuña	1.87	Estable
	km 2+620 al 2+760	Caña	3.89	Estable

- Y por el método de las dovelas el factor de seguridad entre las progresivas del km 6+400 al 6+700, para diferentes secciones de corte se obtuvo los siguientes resultados:

Tramo	Secciones	F.S.			Condición
		Fellenuis	Bishop	Janbu	
Huancoiri	km 6+400	0.92	0.93	0.92	Inestable
	km 6+540	1.38	1.41	1.38	Estable
	km 6+620	0.81	0.85	0.81	Inestable
	km 6+660	0.94	0.94	0.94	Inestable

b) (Rojas Cluber, 2018), sustentó su Tesis: “COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE LOS TALUDES CRÍTICOS DE LA CARRETERA LAJAS – EL TAYAL PROVINCIA DE CHOTA” en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMERCA, FACULTAD DE INGENIERÍA, ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA; Con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Geólogo.

Entre las conclusiones, que se alcanzarán en el presente proyecto son:

- Afloran rocas de la Formación Carhuaz, Inca, Chulec, Pariatambo, Grupo Pulluicana, Grupo Quilquiñan y Formación Cajamarca, depósitos cuaternarios aluviales, fluviales y coluviales. Estratificación a favor del buzamiento del talud, moderadamente meteorizadas, dando lugar a geoformas en su mayoría tipo laderas.
- El comportamiento litomorfoestructural de la carretera Lajas – El Tayal, es compleja por la presencia de estructuras como plegamientos fuertemente disturbados, que originan fallamientos y alto grado de fracturamiento en los macizos rocosos inestabilizando el talud.
- Las propiedades geomecánicas de los taludes críticos se determinó mediante el software Roc Data, para ello la caracterización del macizo rocoso fue indispensable; como la resistencia a la compresión simple (MPa), Índice de Resistencia Geológica (GSI).
- El comportamiento geotécnico de los taludes críticos es sumamente complejo por el medio y alto grado de fracturamiento de las rocas, disposición de las

discontinuidades e influenciado principalmente por el alto ángulo de talud que presentan, definiendo su inestabilidad.

- El análisis cinemático – geotécnico de Software Dips v.6, de las discontinuidades críticas y el ángulo de fricción, nos determina mayor probabilidad de desprendimientos por rotura en cuña que de deslizamientos por rotura planar.
- Los Factores de Seguridad obtenidos en el programa informático Slide v.6, analizados en los cinco escenarios son: Los taludes críticos 01, 02, 05, 06, 07 y 08 son inestables en condiciones de saturación total,  $FS = < 1$ ; los taludes críticos 01, 02, 05, 08 son estables relativos en condiciones de saturación parcial y saturación parcial más sismicidad  $FS=1.0-1.3$ ; los taludes críticos 02, 04, 07 y 08 son estables a corto plazo en condiciones de saturación parcial y sismicidad máxima  $FS = 1.3 -1.5$ . Y la zonificación de inestabilidad respectiva.

## **2.2. Marco conceptual**

- Roca

Son agregados naturales compuestos de partículas de uno o más minerales, con fuertes uniones cohesivas permanentes, que constituyen masas geológicamente independientes y cartografiables. (Ferrer & Gonzales, 2007, pág. 8)

- Matriz Rocosa

Es el material rocoso exento de discontinuidades, o los bloques de roca “intacta” que quedan entre ellas. Generalmente se caracteriza por su peso específico, deformabilidad y resistencia. (Ferrer & Gonzales, 2007, pág. 11)

- Macizo rocoso

Forma en la que se presentan las rocas en el medio natural. Así pues, un macizo rocoso estará definido por la roca y la estructura, que a su vez contendrá planos de estratificación, fallas, juntas, pliegues y otros caracteres estructurales. Los

macizos rocosos son por tanto discontinuos y puedes presentar propiedades heterogéneas y/o anisótropas. (Ramírez & Alejano, 2004, pág. 17)



*Figura 1 Definición ilustrativa de un macizo rocoso*

*(Ramírez & Alejano, 2004)*

➤ Discontinuidad

Es cualquier plano de origen mecánico o sedimentario en un macizo rocoso, generalmente con una resistencia a la tracción muy baja o nula. La presencia de discontinuidades implica un comportamiento no continuo del macizo rocoso. (Ferrer & Gonzales, 2007, pág. 11)

➤ Tamaño de bloque

El tamaño de los bloques es un indicador muy importante de la calidad de un macizo rocoso. Viene determinado por el número de familias, el espaciado de discontinuidades y su tamaño, juntamente con la resistencia al corte de las discontinuidades y de la roca determina el comportamiento mecánico del macizo rocoso. Los macizos rocosos compuestos por grandes bloques tienen a ser poco deformables, mientras que si el tamaño de estos es suficientemente pequeño pueden llegar a fluir, en casos excepcionales. (Ramírez & Alejano, 2004, pág. 215)

➤ Meteorización de rocas

Se denomina meteorización de rocas a las modificaciones experimentadas en su composición o estructura por la acción de agentes atmosféricos. La importancia que tiene la meteorización desde el punto de vista de la mecánica de rocas se debe a que produce profundos cambios en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales rocosos. Existen dos clases de meteorización: física y química. El hecho de que una u otra predomine depende del clima, ya que ambas se producen simultáneamente. (Ramírez & Alejano, 2004, pág. 190)

- Índice de calidad de las rocas, RQD (Rock quality designation)
  - Se basa en la recuperación modificada de un testigo (El porcentaje de la recuperación del testigo de un sondeo)
  - Depende indirectamente del número de fracturas y del grado de la alteración del macizo rocoso.
  - ✓ Se cuenta solamente los fragmentos iguales o superiores a 100 mm de longitud
  - ✓ El diámetro del testigo tiene que ser igual o superior a 57.4 mm y tiene que ser perforado con un doble tubo de extracción de testigo.

$$RQD = \frac{\Sigma(\text{longitud\_fragmentos} \geq 10\text{cm})}{\text{longitud\_total\_perforada}} \times 100$$

*Ecuación 1 Para Hallar RQD*

*Tabla 1 Clasificación de Calidad de Roca*

RQD (%)	Calidad de roca
< 25	muy mala
25 - 50	mala
50 - 75	regular
75 - 90	buena
90 - 100	excelente

Fórmula alternativa (Cuando no hay sondeos):

**RQD = 115 - 3.3Jv** para Jv > 4.5

**RQD = 100** para Jv < 4.5

*Ecuación 2 Para Hallar RQD Cuando no hay Sondeos*

Donde:

Jv: número de juntas identificadas en el macizo rocoso por m<sup>3</sup>

Evaluación del Macizo rocoso, RMR (Rock Mass Rating)

*Tabla 2* Clasificación de Bienawski, 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

Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 Mpa	1-2 Mpa			
		Compresión simple	>250 MPa	100-250 Mpa	50-100 Mpa	25-50 Mpa	5-25 Mpa	1-5 Mpa	<1 Mpa
	Valor	15	12	7	4	2	1	0	

*Tabla 4* Parámetro para RQD

Parámetro		Rango de valores				
2	RQD	90-100 %	75-90 %	50-75 %	25-50 %	<25%
	Valor	20	17	13	8	3

*Tabla 5* Parámetro para Espaciado de las Discontinuidades

Parámetro		Rango de valores				
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	0.2 - 0.6 m	6 - 20 cm	< 6 cm
	Valor	20	15	10	8	5

**Tabla 6** Parámetro de Estado de las Discontinuidades

Parámetro		Rango de valores					
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
		Valor	6	4	2	1	0
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
		Valor	6	5	3	1	0
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave
		Valor	6	5	3	1	0
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm
		Valor	6	4	2	2	0
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta
		Valor	6	5	3	1	0

**Tabla 7** Parámetro de Flujo de Agua en las Juntas

Parámetro		Rango de valores					
3	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua/Pprincipal	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5
		Condiciones generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo
	Valor	15	10	7	4	0	

$$\mathbf{RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)}$$

*Ecuación 3 Para Hallar RMR*

**Tabla 8** Clasificación de RMR

Clasificación de RMR (oscila entre 0 y 100):		
Clase	Calidad de roca	RMR
I	muy buena	81 - 100
II	buena	61 - 80
III	regular	41 - 60
IV	mala	21 - 40
V	muy mala	0 - 20

➤ **Martillo de Schmidt**

Este martillo fue construido con la idea de estimar la resistencia a compresión simple del concreto, pero luego fue modificada por lo cual se pudo estimar la resistencia a compresión simple de la roca (RCS). (Lozano, 2009)

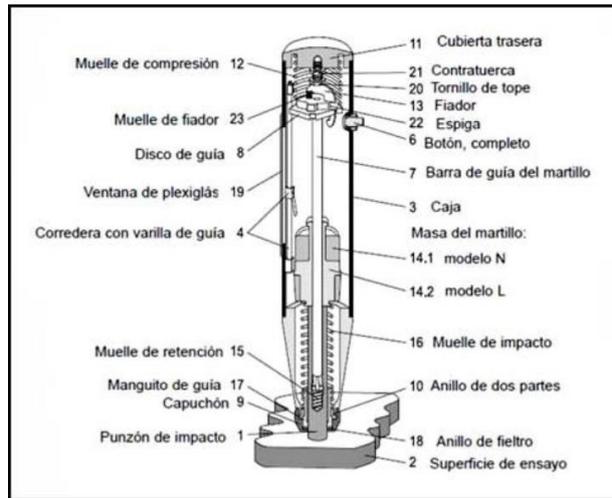


Figura 2 Estructura de Martillo de Schmidt

(Lozano, 2009)

➤ Ensayo de carga puntual

Se utiliza para determinar la resistencia a la compresión simple de fragmentos de rocas, bloques, a partir del índice de resistencia a la carga puntual ( $I_s$ ), de tal manera que el esfuerzo aplicado se convierte a valores aproximados a RCS, según el tamaño de la muestra. (Gonzales de Vallejo, 2004)

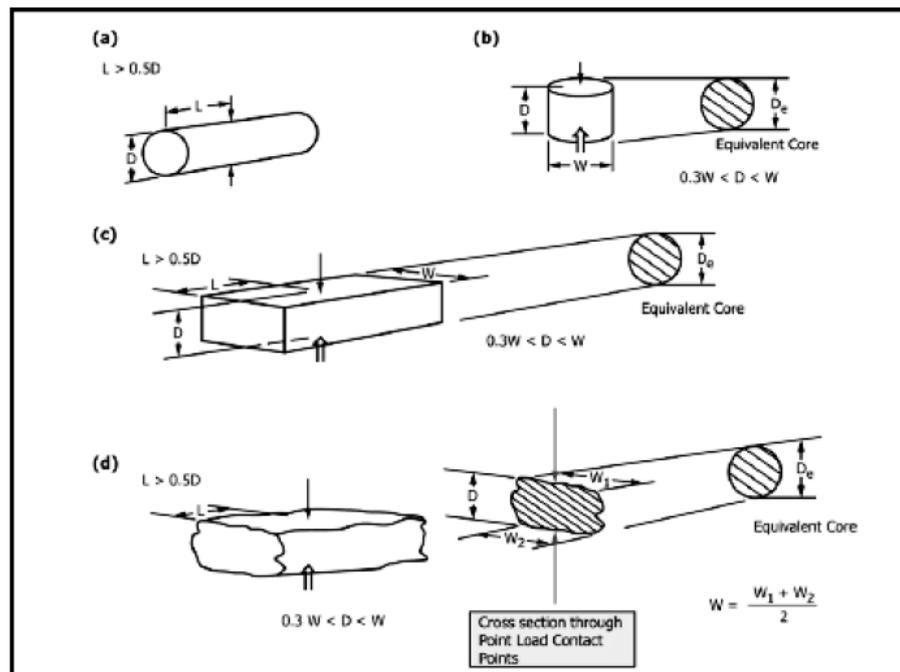


Figura 3 Dimensiones de la Muestra

(ASTM D5731, 2016)

En la “Figura 3” se observa la configuración de carga y requerimientos en la forma de los testigos (a) muestra diametral, (b) muestra axial, (c) bloque y (d) muestra irregular. L = largo, W = ancho, D = diámetro y  $D_e$  = diámetro del núcleo equivalente.

El índice de carga puntual sin corrección se obtiene de la siguiente forma:

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \text{ (Mpa)}$$

*Ecuación 4 Para Hallar el Índice de Carga Puntual*

(ASTM D5731, 2016)

Donde:

P = carga de falla (N)

$D_e$  = diámetro de núcleo equivalente

➤ Contenido de agua o humedad

El contenido de agua o humedad es la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo (la humedad del suelo), las rocas, la cerámica o la madera medida sobre la base de análisis volumétricos o gravimétricos. Esta propiedad se utiliza en una amplia gama de áreas científicas y técnicas, y se expresa como una proporción que puede ir de 0 (completamente seca) hasta el valor de la porosidad de los materiales en el punto de saturación. (Lambe & Whitman, 1996)

➤ Grado de saturación

Porcentaje de poros que están ocupados por el agua. Grado o porción en que los espacios vacíos de un suelo o roca contienen un fluido (agua, gas, petróleo), usualmente se expresa como un porcentaje en relación con el volumen total de vacíos. Relación porcentual entre (a) el volumen de agua en una masa de suelo

y roca, y (b) el volumen total de espacios intergranulares (vacíos). (Duque E. , 2017)

➤ Porosidad

La rugosidad se define de las características morfológicas que presenta la superficie del plano de discontinuidades, la cual contribuye a disminuir o aumentar la resistencia al esfuerzo cortante. (Suarez, 2013)

➤ Relación de vacíos

Es una relación entre: el volumen del total de espacios de vacíos, y el volumen total de las partículas sólidas en una parte del macizo rocoso. Su valor puede ser menor a 1, y puede alcanzar valores muy altos. (Duque G. , 2003)

➤ Gravedad específica

Relación del peso de un volumen dado de un material, con el peso de igual volumen de otra sustancia usada como estándar. Para sólidos y líquidos, el estándar es usualmente el agua ( $H_2O=1$ ) y para gases, el estándar es el aire ( $air=1$ ). (Duque G. , 2003)

➤ Talud

Perfil conseguido tras una excavación o terraplenado no necesariamente vertical, sino con cierto ángulo con la horizontal, llamado ángulo de talud. (RNE, 2014)

➤ Partes de un talud

En un talud o ladera se definen los siguientes elementos constituidos:

➤ **Pie, o base:** El pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud o ladera. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava.

- **Cabeza, cresta, cima o escarpe:** Cabeza se refiere al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte superior del talud o ladera. Cuando la pendiente de este punto hacia abajo es semi-vertical o de alta pendiente, se le denomina escarpe. Los escarpes pueden coincidir con coronas de deslizamientos. La forma de la cabeza generalmente es convexa.
- **Altura:** Es la distancia vertical entre la pie y cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza generalmente no son accidentes topográficos bien marcados.
- **Altura de nivel freático:** Es la distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura de nivel freático se acostumbra medirla debajo de la cabeza del talud.
- **Pendiente:** Es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m:1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo:  $45^\circ = 100\% = 1H:1V$ . Los suelos o roca más resistentes generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos, tienden a formar laderas de baja pendiente. (Corrales, 2013)
- Tipos de taludes
  - **Naturales:** Son formados por la naturaleza a través de la historia geológica.
  - **Artificiales:** Necesitan de la intervención del hombre y son ejecutados para construir: carretera, represas, ferrocarriles, etc, los cuales son taludes, cortes, terraplenes. (NSR-10 Cap H.1, s.f.)
- Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes es la teoría que estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un

proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la geotecnia.

En el planteamiento de medidas efectivas de taludes es importante entender las causas de la inestabilidad.

El conocimiento del comportamiento de un talud frente a sus posibles roturas, repercute enormemente en los cortes y en la seguridad, por ello, las investigaciones de campo (in situ) y de laboratorio, deben ser la suficientes, como para poder caracterizar en la medida de lo posible las características geomecánicas del terreno, así como los posibles mecanismos de rotura. (Herrera, 2000, pág. 3)

➤ Inestabilidad de taludes

La inestabilidad de un talud, se puede producir por un desnivel, que tiene lugar por diversas razones:

- **Razones geológicas:** laderas posiblemente inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.
- **Variación del nivel freático:** Situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre.

Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que estén compuestos, los empujes a los que son sometidos o las discontinuidades que se presenten. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta. (Herrera, 2000)

➤ Tipos de rotura en rocas

- **Rotura plana:** Se produce a favor de una superficie preexistente, que puede ser la estratificación, junta o falla tectónica, una falla, etc. La condición básica es la presencia de discontinuidades buzando a favor del talud y con su misma dirección, cumpliéndose la condición de que la discontinuidad, y

su buzamiento debe ser mayor que su ángulo. (Gonzales de Vallejo, 2004)

- **Rotura por cuña:** Corresponde al deslizamiento de un bloque en forma de cuña, formado por dos planos de discontinuidad, a favor de su línea de intersección, para que se produzca este tipo de rotura, los dos planos deben aflorar en la superficie del talud y se deben cumplir iguales condiciones que para la rotura plana; este tipo de rotura suele presentarse en macizos con varias familias de discontinuidades, cuya orientación, espaciado y continuidad determina la forma y el volumen de la cuña. (Gonzales de Vallejo, 2004)

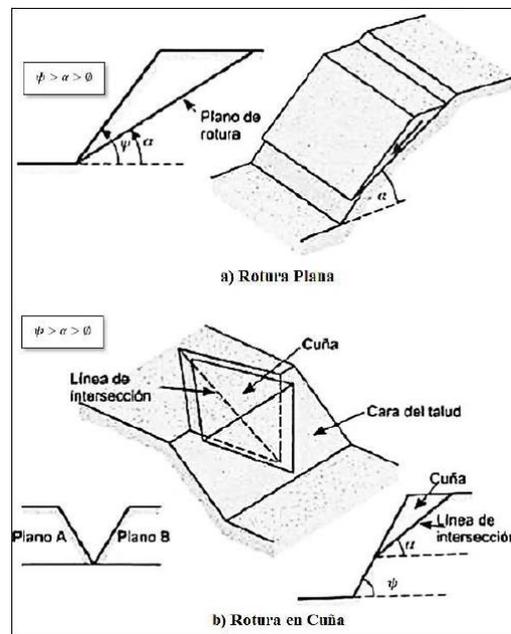


Figura 4 Condiciones para rotura plana y rotura en cuña.

(Gonzales de Vallejo, 2004)

- Factor de seguridad (F.S.)

El factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza para que el talud en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. (Fellenius, 1922) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla.

$$F.S. = \frac{\text{Resistencia al cortante disponible}}{\text{Esfuerzo al cortante actuante}}$$

*Ecuación 5*

En las superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes actuantes:

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

*Ecuación 6*

Existen, además, otros sistemas para plantear el factor de seguridad, tales como la relación de altura crítica y altura real del talud, métodos probabilísticos, así como tablas empíricas locales basadas en el comportamiento típico de los taludes. (Suárez J. , 2009)

Para taludes permanentes, el coeficiente de seguridad a adoptar debe ser igual o superior a 1.5, e incluso 2.0, dependiendo de la seguridad exigida y de la confianza que se tenga en los datos geotécnicos que intervienen en los cálculos; para taludes temporales el factor de seguridad está en torno a 1.3, pero en ocasiones pueden adoptarse valores inferiores.

El análisis de los movimientos de los taludes o laderas durante muchos años se ha realizado utilizando las técnicas del equilibrio límite. Este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo, pero no se requiere sobre la relación esfuerzo – deformación.

El sistema de equilibrio límite supone que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalente a un factor de seguridad de 1.0. (Suárez J. D., 1998)

1.0. (Suárez J. D., 1998)

### 2.3. Definición de términos

- Macizo rocoso: Los macizos rocosos (las masas rocosas) ocurren en la naturaleza y medio ambientes geológicos afectados por **planos de discontinuidad** (*discontinuidades*) o planos de debilidad que separan a los bloques de **matriz rocosa**, ambos conjuntos la matriz rocosa y discontinuidades forman el **macizo rocoso**.
- Discontinuidades: Las discontinuidades son cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza o separa los bloques de matriz rocosa en un macizo rocoso.
- Roca intacta: se entiende los trozos de roca que se ubican entre las estructuras presentes en el macizo rocoso, y usualmente se considera que las propiedades de la roca “intacta” pueden determinarse mediante ensayos de laboratorio sobre probetas con un diámetro del orden de 50 mm y una altura de unos 100 mm.
- Orientación: La orientación de las discontinuidades con respecto a las cargas aplicadas puede ser crítica para la estabilidad o la deformabilidad.
- Apertura: Distancia entre las dos caras de una fractura.
- Espaciamiento: distancia entre dos planos de discontinuidad de una misma familia.
- Persistencia: Indica si la fractura es persistente o está formada por pequeñas fracturas unidas por roca intacta.
- **El índice RQD:** (Rock Quality Designation) desarrollado por Deere entre 1963 y 1967, se define como el porcentaje de recuperación de testigos de más de 10 cm de longitud (en su eje) sin tener en cuenta las roturas frescas del proceso de perforación respecto de la longitud total del sondeo.
- RMR: La clasificación geomecánica de Bieniawski o clasificación RMR fue desarrollada en 1973, actualizada en 1979 y 1989, el sistema consiste de una metodología de clasificación de macizos rocosos que permite relacionar índices de calidad con

parámetros geotécnicos del macizo rocoso, criterios de excavación y sostenimiento.

- El rumbo o dirección: Es el ángulo, respecto al norte, que forma la línea de intersección del estrato con un plano horizontal. Se mide con una brújula.
- El buzamiento o la inclinación máxima: Es el ángulo que forma el estrato con la horizontal, medido perpendicularmente al rumbo. Se mide con un clinómetro

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El valor de los parámetros geomecánicas del macizo rocoso de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski y los valores de los factores de ajuste por la orientación de las juntas y método de excavación influyen en el diseño de ángulo de reposo de talud, carretera Huancayo Huancavelica ruta 26 – 2020

### **2.4.2. Hipótesis específica(s)**

- a) La valoración del macizo rocoso de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski mediante los cálculos de resistencia de la roca inalterada, el RQD, espaciamiento entre diaclasas, el estado de las diaclasas y las condiciones del agua subterránea se relacionan con el diseño de ángulo de reposo de talud
- b) Los valores de los factores de ajuste por la orientación están función del rumbo y buzamiento de las juntas y método de excavación los cuales infieren en el diseño de ángulo de reposo de talud

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de la variable**

#### **a) Variable independiente**

##### **Macizo rocoso**

Un macizo rocoso es un medio discontinuo, anisótropo y heterogéneo conformado en conjunto tanto por bloques de matriz rocosa y distintos tipos de discontinuidades que afectan

al medio rocoso, mecánicamente los macizos rocosos pueden considerarse que presentan resistencia a la tracción nula.

El conjunto de discontinuidades y bloques de matriz gobiernan el comportamiento mecánico global del macizo rocoso, es así, que para el estudio del comportamiento mecánico del macizo rocoso se debe analizar las propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades.

#### **b) Variable dependiente**

##### **Ángulo de reposo de talud**

Es la pendiente máxima de un terreno sin que se produzca deslizamiento. Desde un punto de vista económico, la pendiente de talud ideal es la que corresponde a la mínima masa de tierra desplazada, es decir, al talud más inclinado.

#### **2.5.2. Definición operacional de la variable**

##### **a) Macizo rocoso**

La resistencia de un macizo rocoso será función de la resistencia de la roca intacta, la resistencia de las discontinuidades y de cómo éstas se distribuyan en el macizo.

Cuando la geometría de las discontinuidades controla la estabilidad del macizo, lo más correcto es considerar la resistencia de las estructuras. Cuando no hay un control definido de la geometría de discontinuidades, se aplican otros criterios de falla. El más común para obras de ingeniería civil es el de Hoek Brown.

##### **b) Ángulo de reposo de talud**

La inclinación del talud una vez que ha cesado el vertido talud máximo para el cual el material estable se denomina ángulo de reposo. El talud tendrá una inclinación media aproximadamente igual al ángulo de reposo que tendría si el material se vertiera directamente.

### 2.5.3. Operacionalización de la variable

Variables	Concepto	Dimensión	Indicador
<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p><b>MACIZO ROCOSO</b></p>	<p>Un macizo rocoso es un medio discontinuo, anisótropo y heterogéneo conformado en conjunto tanto por bloques de matriz rocosa y distintos tipos de discontinuidades que afectan al medio rocoso, mecánicamente los macizos rocosos pueden considerarse que presentan resistencia a la tracción nula. El conjunto de discontinuidades y bloques de matriz gobiernan el comportamiento mecánico global del macizo rocoso, es así, que para el estudio del comportamiento mecánico del macizo rocoso se debe analizar las propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades.</p>	<p><b>RMR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rumbo</li> <li>▪ Buzamiento</li> <li>▪ Resistencia a la compresión no confinada de la roca intacta (<b>sigci</b>)</li> <li>▪ RQD</li> <li>▪ Espaciamiento</li> <li>▪ Persistencia</li> <li>▪ Apertura</li> <li>▪ Rugosidad</li> <li>▪ Alteración</li> <li>▪ Relleno</li> <li>▪ Agua</li> </ul> <p><b>SMR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Factores de ajuste de las juntas</li> </ul>	<p><b>Puntos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grados (°)</li> <li>▪ Grados (°)</li> <li>▪ Mpa</li> <li>▪ %</li> <li>▪ m</li> <li>▪ m</li> <li>▪ mm</li> <li>▪ S/U</li> <li>▪ S/U</li> <li>▪ S/C</li> <li>▪ l/ min</li> </ul> <p>Puntos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Puntos</li> </ul>
<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p><b>TALUD</b></p>	<p>Es la pendiente máxima de un terreno sin que se produzca deslizamiento. Desde un punto de vista económico, la pendiente de talud ideal es la que corresponde a la mínima masa de tierra desplazada, es decir, al talud más inclinado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ángulo de reposo</li> <li>▪ Altura</li> </ul>	<p>Grados (°)</p> <p>m</p>

## CAPITULO III

### METODOLOGIA

#### 3.1. Método de investigación:

El método de investigación es el científico, basado en el procediendo que se realiza en forma ordena tanto para la toma de datos como para el procesamiento e interpretación de resultados.

#### 3.2. Tipo de investigación:

Es aplicada, ya que busca solucionar los problemas que se presentan en la determinación del ángulo de reposo del talud.

#### 3.3. Nivel de investigación:

Es explicativo - correlacional, porque por medio del presente estudio se pretende explicar y analizar la relación que existe entre la variable independiente y la variable dependiente.

#### 3.4. Diseño de investigación

La fase de la investigación cuasi experimental describir el procedimiento de la toma de datos y el procesamiento de la información con la finalidad de buscar la relación de las variables.

M —————> O

Donde:

M = muestra a observarse.

O = Observación de la variable independiente.

O = Observación de la variable dependiente.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. La población:**

Está constituida por carretera Huancayo Huancavelica ruta 26.

#### **3.5.2. La muestra:**

La investigación toma una muestra no probabilística por lo tanto no aleatoria, está conformada por 150 metros de la carretera Huancayo Huancavelica ruta 26 comprendida entre la progresiva 142+620 al 142+670

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas de recolección de datos**

- Observación
- Entrevista
- Análisis documental
- Observación no experimental
- Observación experimental

#### **3.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

- Fichas de observación
- Entrevista estructurada|
- Ficha de registro de datos
- Guía de observación o de campo
- Ficha de registro de datos

### **3.7. Procesamiento de la información**

Se realizará Software tales como

- Civil 3D
- Rocdata
- Geotable
- Dips
- Excel
- Word

### **3.8. Técnicas y análisis de datos.**

- Descarga de datos

- Exportas datos a los programas especializados
- Interpretación resultados del laboratorio de mecánica de rocas

## **CAPITULO IV RESULTADOS**

### **4.1. Datos generales de zona**

#### **A. Geología**

(Megard, 1996) Al SO de Tarma se hallan aflorando rocas que datan del Devoniano al Cretácico. Las rocas más antiguas están constituidas por sedimentitas metamorfizadas de la formación Concepción, como puede observarse en la zona de San Rafael. Sobreyaciendo a estas en discordancia angular se hallan rocas del Pensilvaniano que conforman el Grupo Tarma, a las que sobreyacen discordantes las sedimentitas y vulcanitas del Grupo Mitu de edad Permiana. En la Cruz de San Sebastián, Macón y Huinco. Las rocas Neotriásicas - Jurásico inferior del Grupo Pucará han sido reconocidas desde las partes altas del cerro Jarama hasta la zona de Quishca. Estos afloramientos forman parte de las series calcáreas del flanco Occidental del anticlinal de Tarma (Harrison J., 1943) las que han sido descritas ampliamente por Jenks W. (1951), Megard F. (1968), Rosas S. (1994). Las areniscas del Grupo Goyllarisquizga del Cretácico inferior se hallan sobreyaciendo en

52 discordancia angular al Grupo Pucará, siendo reconocidos en la pampa Carnicero. En el área de Pachacayo se han reconocido afloramientos del grupo Goyllarisquizga en la base y sedimentitas marinas, bioclásticas que sobreyacen en discordancia angular y que nos sugiere una sedimentación de plataforma constituida generalmente por calizas las que conforman las formaciones Pariahuanca, Chulee y Pariatambo.

## B. Rocas

### ➤ Roca

Caliza La caliza es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ) y otros carbonatos También puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita, cuarzo, etc., que modifican (a veces sensiblemente) el color y el grado de coherencia de la roca. El carácter prácticamente monomineral de las calizas permite reconocerlas fácilmente gracias a dos características físicas y químicas fundamentales de la calcita: es menos dura que el cobre (su dureza en la escala de Mohs es de 3) y reacciona con efervescencia en presencia de ácidos tales como el ácido clorhídrico. En el ámbito de las rocas industriales o de áridos para construcción recibe también el nombre de piedra caliza. Junto a las dolomías y las margas, las calizas forman parte de lo que se conocen como rocas carbonáticas o calcáreas. 53 Si se calcina (se lleva a alta temperatura), la caliza da lugar a cal (óxido de calcio impuro,  $\text{CaO}$ ).

### **Descripción petrográfica**

- Tipo sedimentaria
- Textura Micrítica a esparítica
- Color: blanco, negro, gris, azulado, marrón

Dips - Sin título\*

File Edit Analysis Window Help

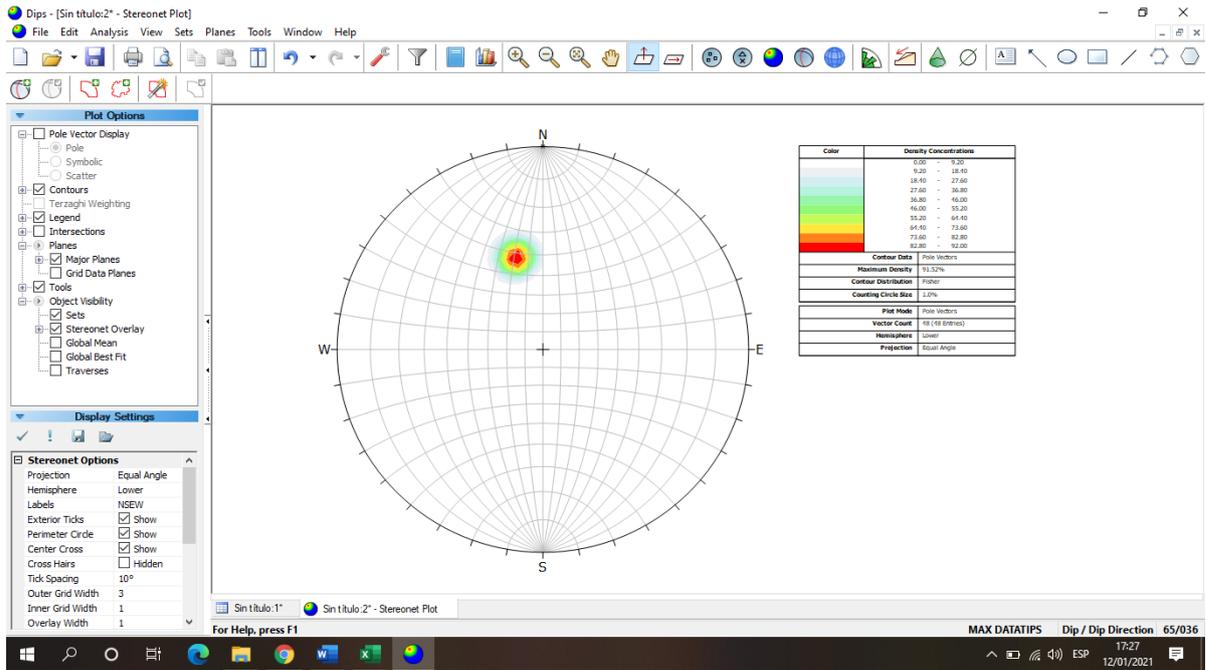
ID	Dip	Dip Direction	ESPACIAMIENTO	PERSISTENCIA	ALTERACION	ABERTURA	RUGOSIDAD	TIPO DE RELLENO	AGUA
7	48º	168º	3	3	4	5	3	5	1
8	51º	163º	2	3	4	5	3	5	1
9	50º	166º	3	3	4	5	3	5	1
10	45º	158º	4	3	4	5	3	5	1
11	50º	166º	2	3	4	5	3	5	1
12	54º	160º	4	3	4	5	3	5	1
13	46º	168º	4	3	4	5	3	5	1
14	50º	158º	3	3	4	5	3	5	1
15	51º	161º	3	3	4	5	3	5	1
16	52º	164º	3	3	4	5	3	5	1
17	47º	162º	4	3	4	5	3	5	1
18	50º	159º	3	3	4	5	3	5	1
19	54º	159º	4	3	4	5	3	5	1
20	47º	160º	3	3	4	5	3	5	1
21	54º	164º	3	3	4	5	3	5	1
22	52º	169º	3	3	4	5	3	5	1
23	49º	159º	3	3	4	5	3	5	1
24	48º	160º	4	3	4	5	3	5	1
25	47º	161º	4	3	4	5	3	5	1
26	50º	166º	3	3	4	5	3	5	1

For Help, press F1

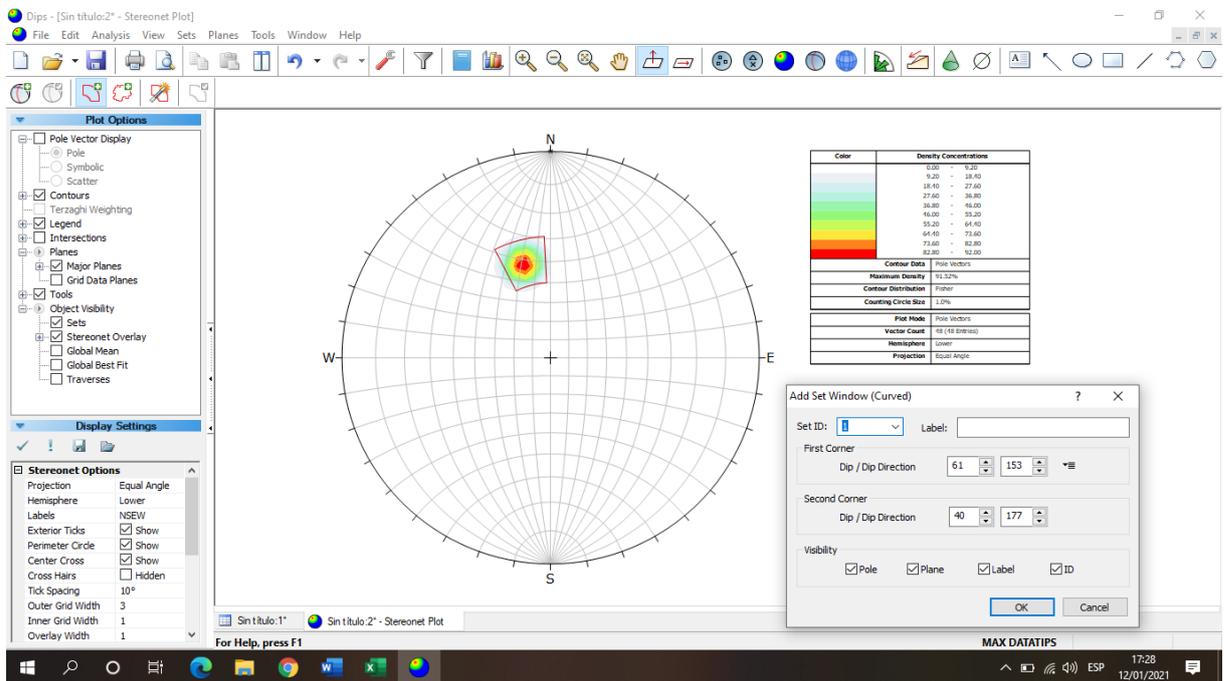
17:17  
12/01/2021

*Ilustración 1 Data base para procesar información de campo en el software dips*





*Ilustración 4* Concentración de polos de discontinuidades de acuerdo a la escala de colores proporcionados por el software dips



*Ilustración 5* Sección de agrupación de polos

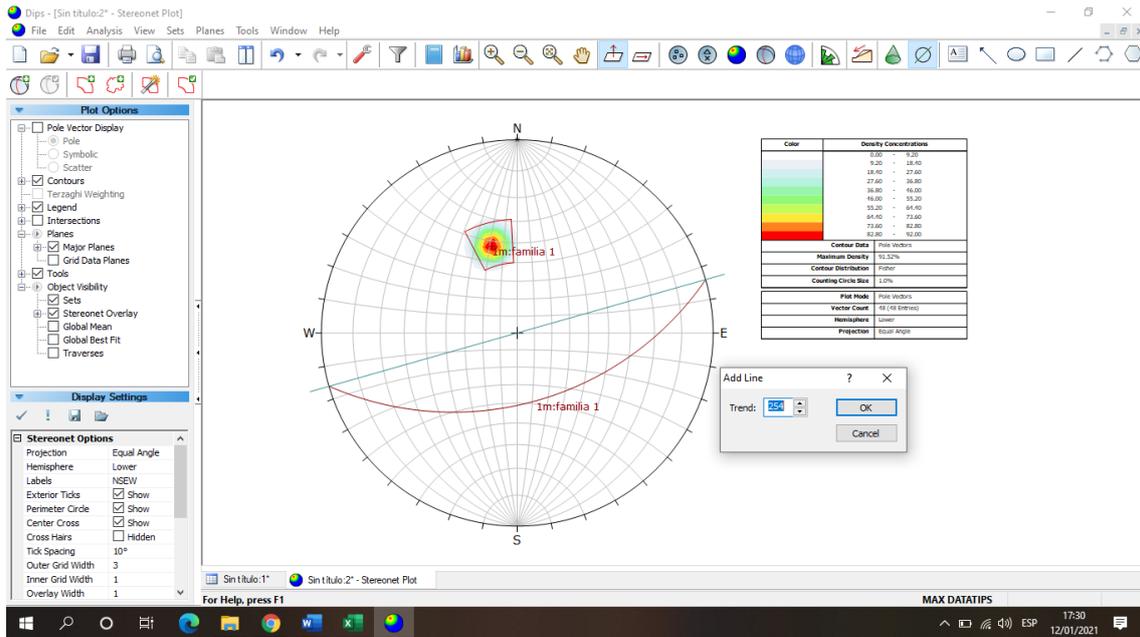


Ilustración 6 Dirección del rumbo

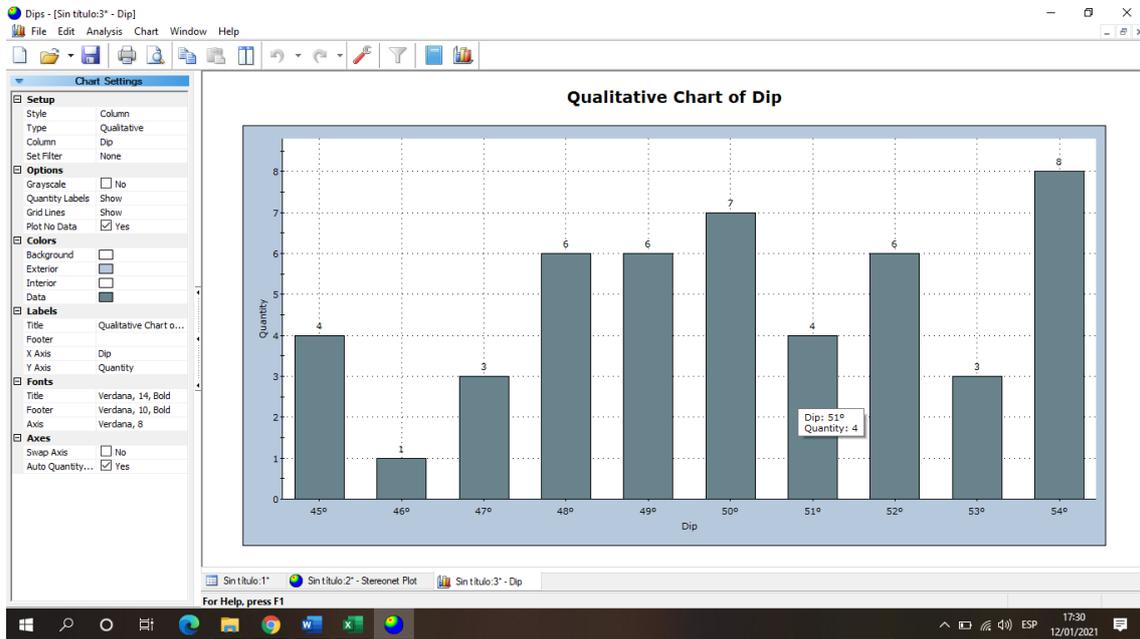
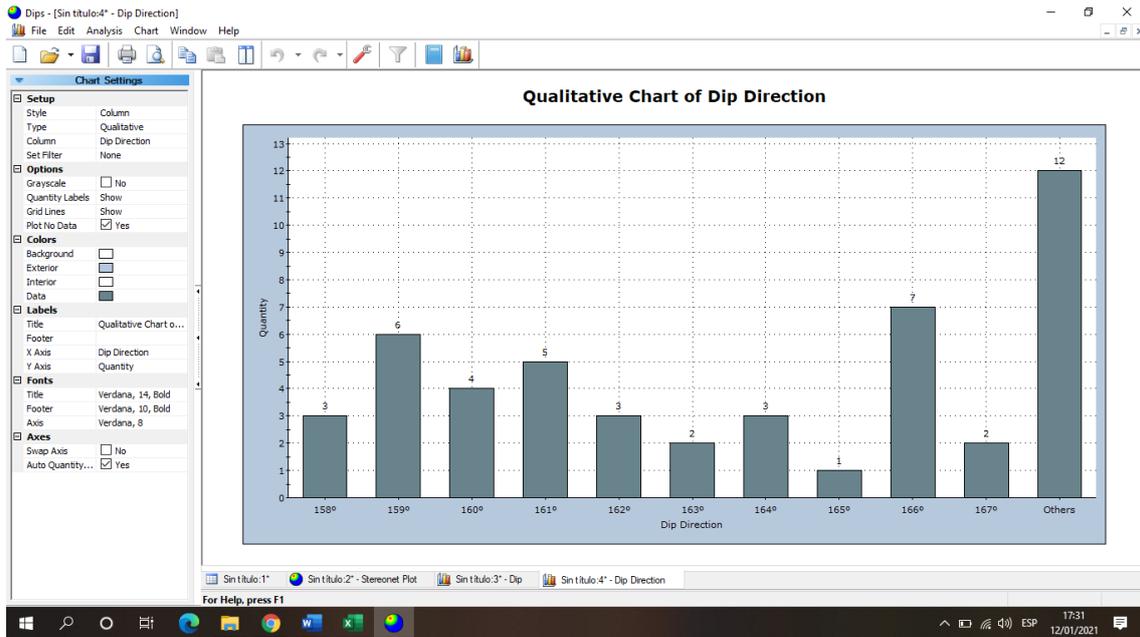
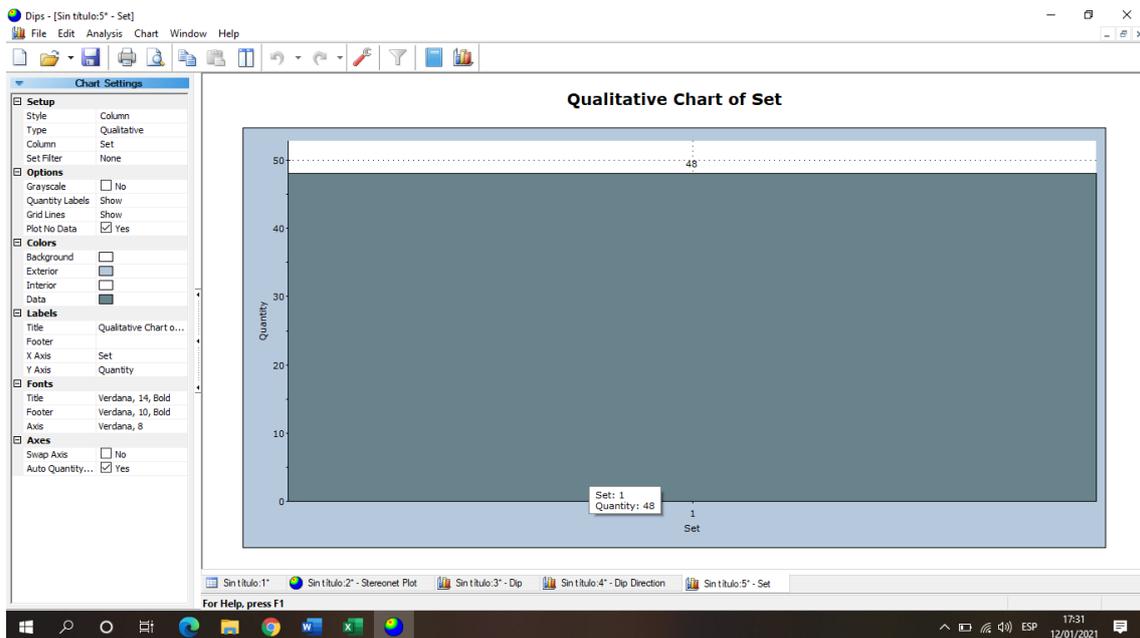


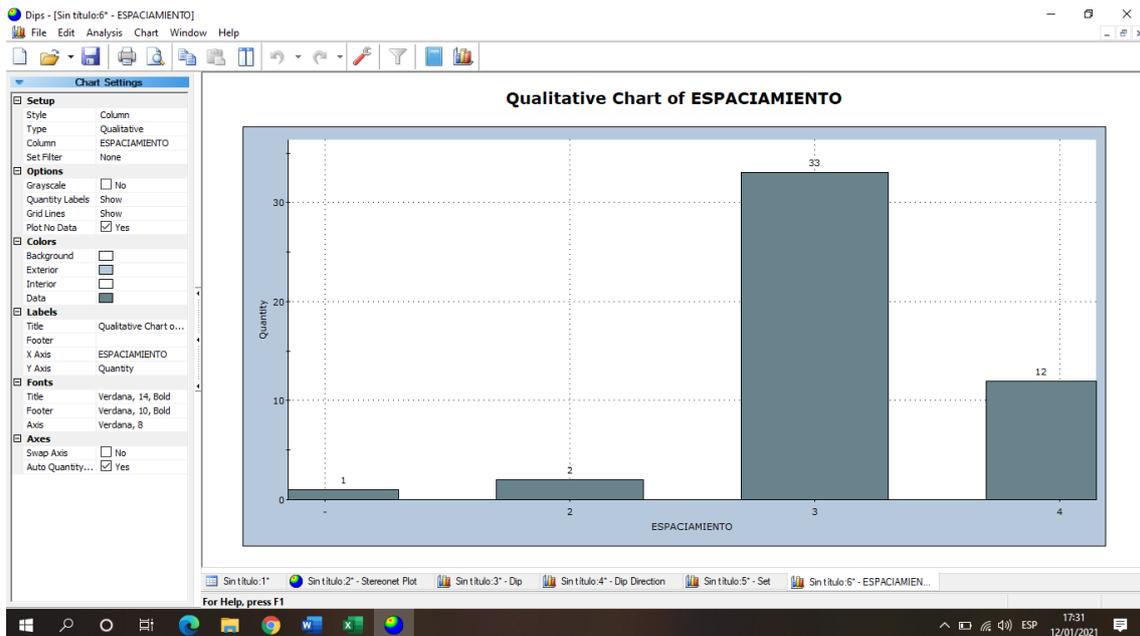
Ilustración 7 El cuadro nos muestra el buzamiento que mas se repite



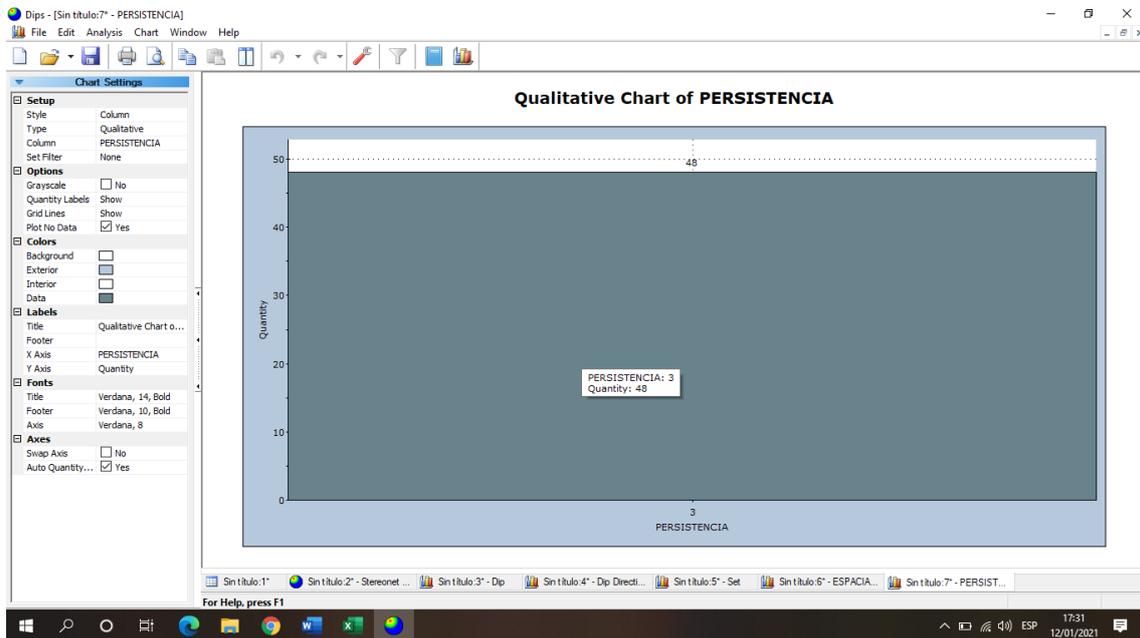
*Ilustración 8 El cuadro nos muestra la dirección del buzamiento que más se repite*



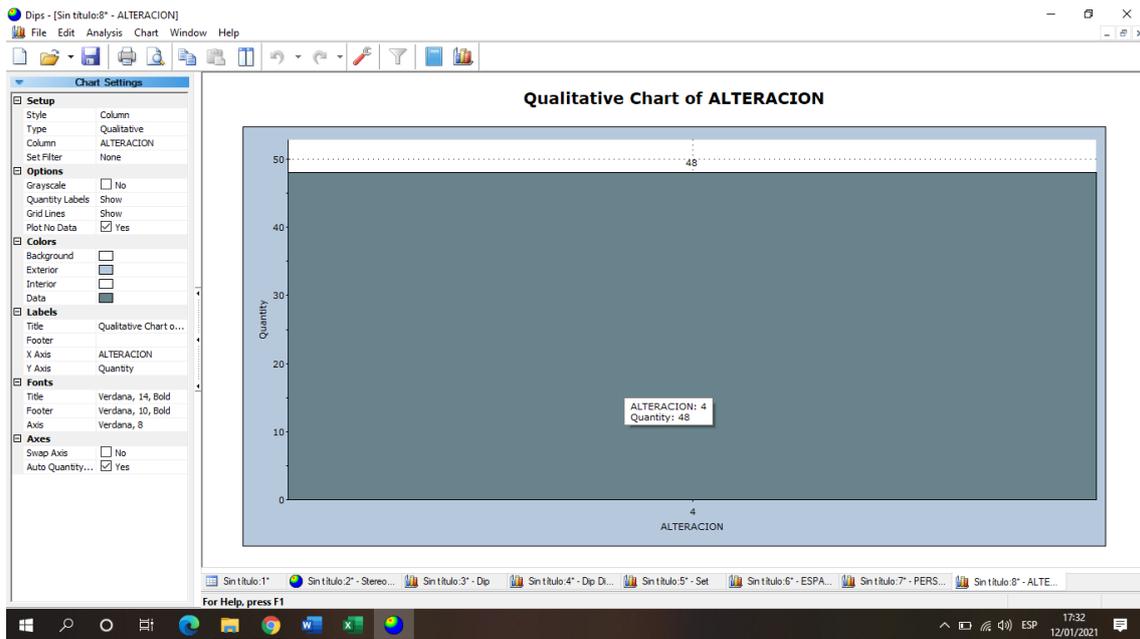
*Ilustración 9 Muestra el número de discontinuidades*



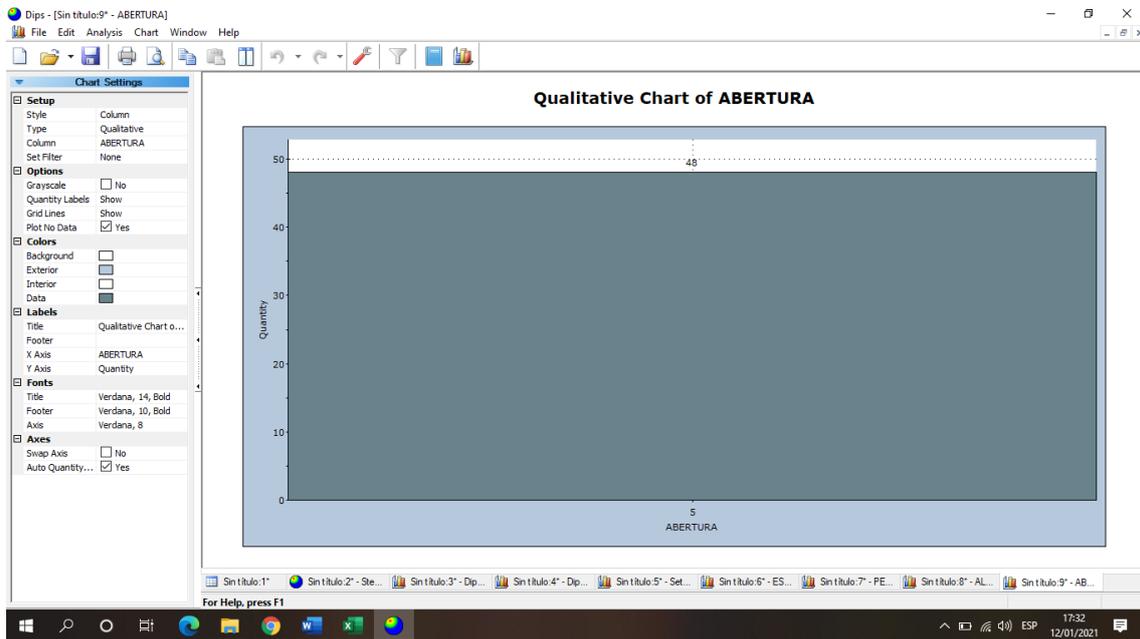
*Ilustración 10 El cuadro muestra los espaciados que más se repiten*



*Ilustración 11 El cuadro muestra la moda de la persistencia*



*Ilustración 12 El cuadro muestra la moda de la alteración*



*Ilustración 13 El cuadro muestra la moda de la abertura*

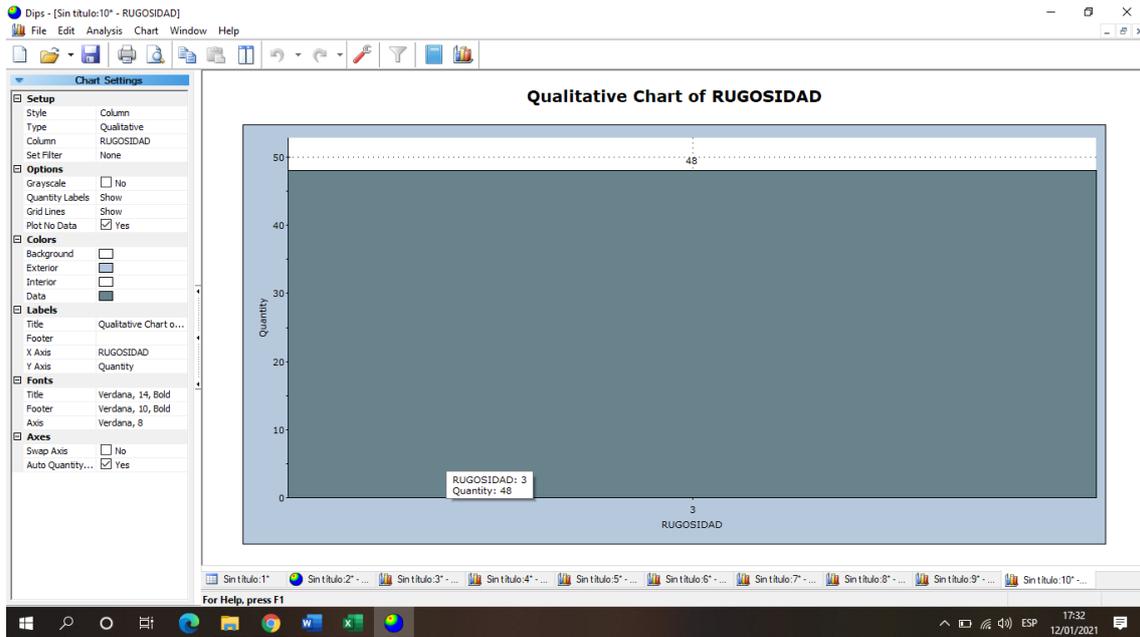


Ilustración 14 El cuadro muestra la moda de la rugosidad

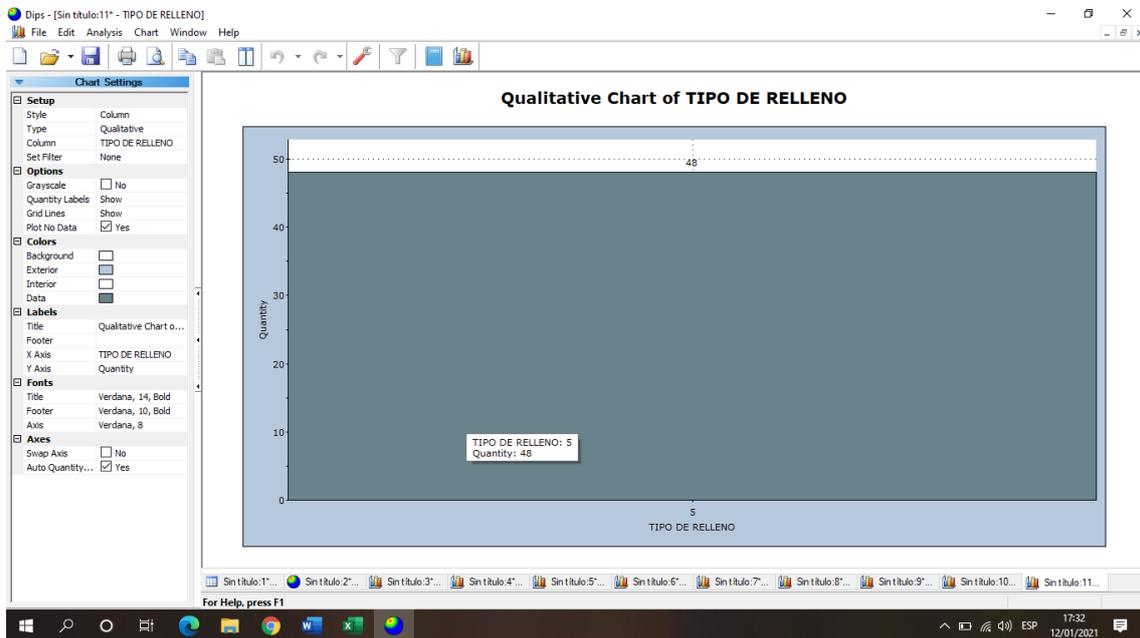
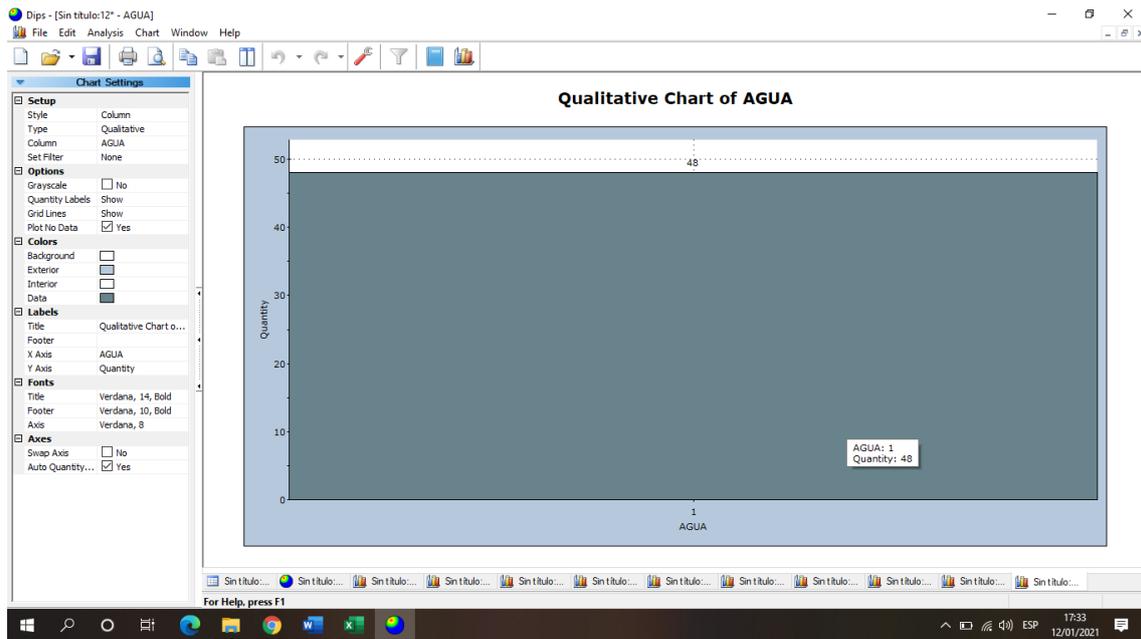


Ilustración 15 El cuadro muestra la moda del tipo de relleno



*Ilustración 16El cuadro muestra la moda del agua*

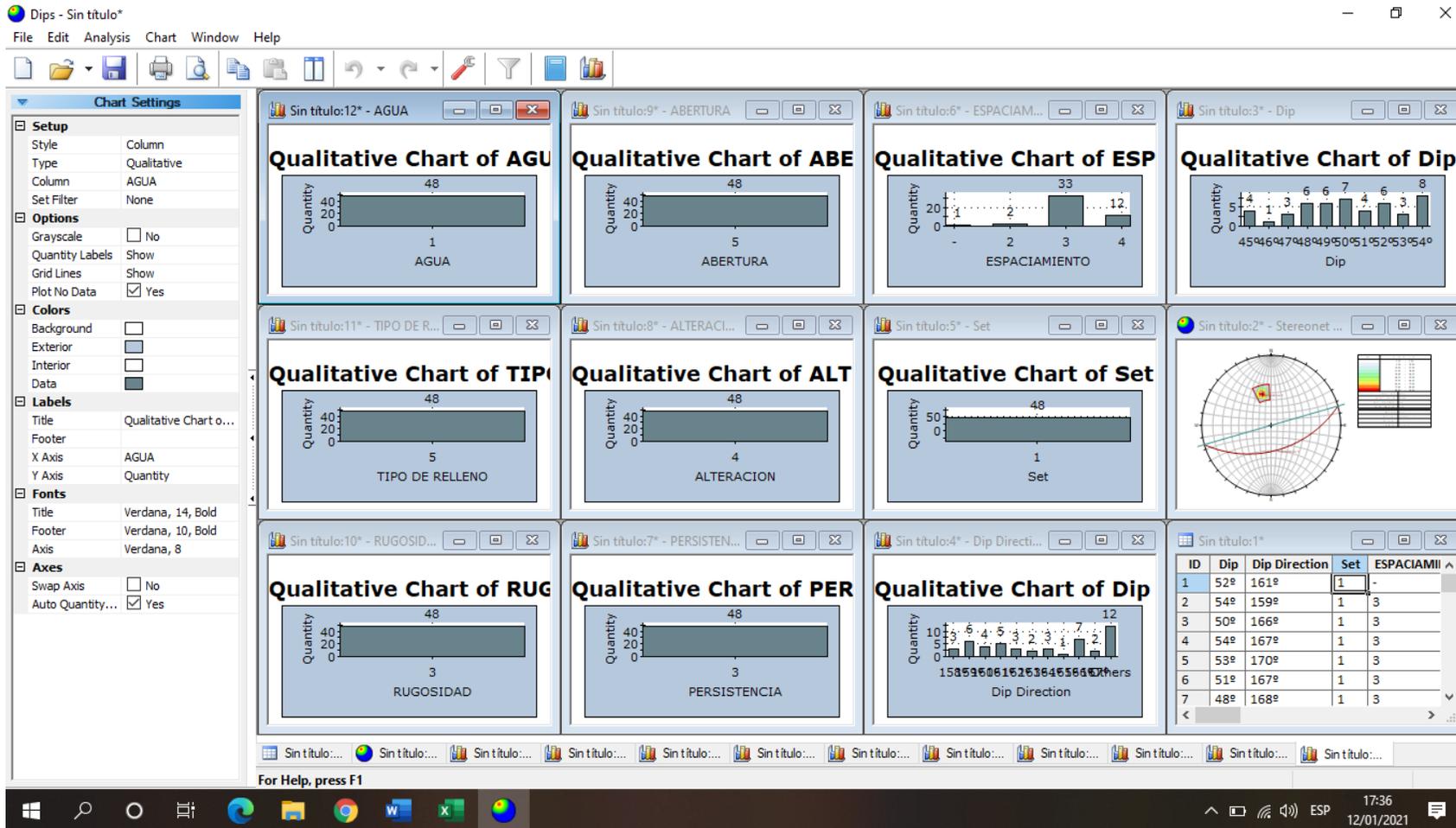


Ilustración 17 El cuadro muestra el resumen

C. CALCULO DE RQD (Formula de Priest y Hundson, 1976)

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

Datos de campo

- Longitud de muestreo lineal = 14.05 m
- Numero de discontinuidades presentes en la cara de talud de muestreo = 48

$\lambda = 48/14.05$

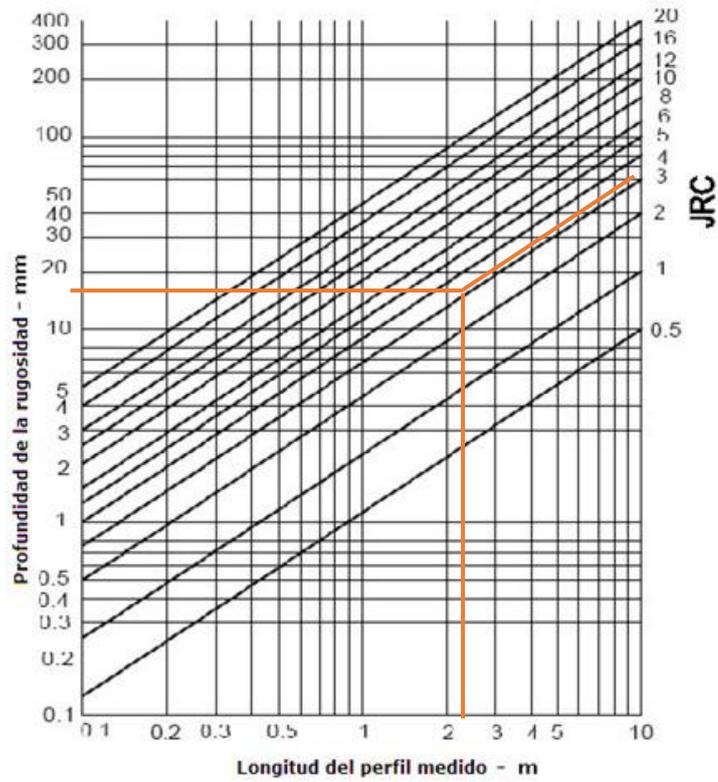
$\lambda = 3.42$

$RQD = 100 * (2.72^{(-0.1*3.42)}) * 0.1*3.42 + 1 = 95.31\%$

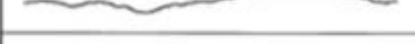
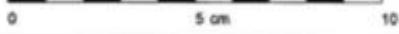
- Valoración de la rugosidad discontinuidad n°1

<i>PROFUNDIDA DEL PEINE DE BARTOM</i>	<i>LONGITUD DE MUESTREO</i>
18mm	0.30 m
5mm	0.30m
10mm	0.30m
5mm	0.30m
10mm	0.30m
18mm	0.30m
14mm	0.30m
11mm	0.30m
14mm	0.15m
<i>Profundida máxima 18mm</i>	<i>Longitud Total =2.55 metros</i>

Imagen del Abaco del peine de bartom



Rugosidad

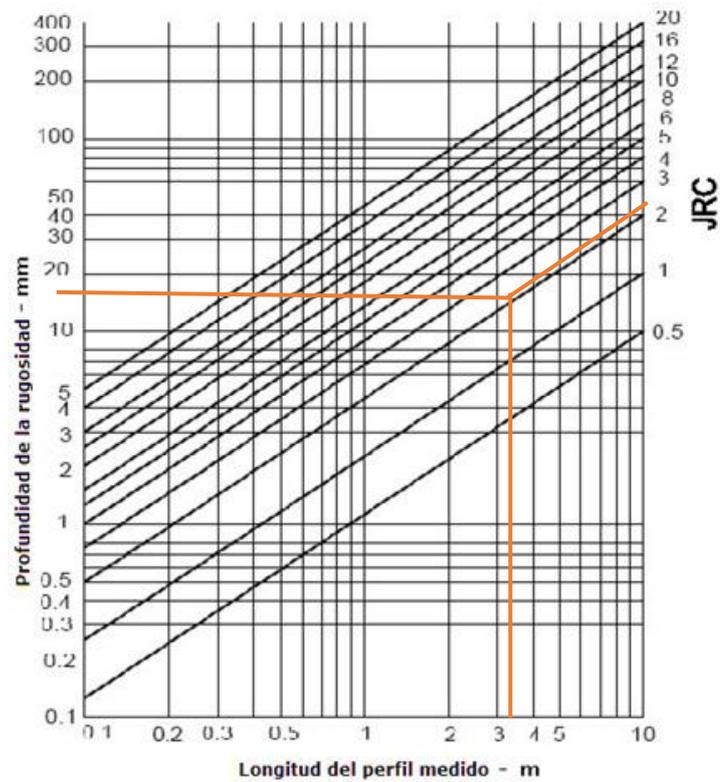
	JRC = 0 - 2	Espejo de falla
	JRC = 2 - 4	Lisa
	JRC = 4 - 6	
	JRC = 6 - 8	Ligeramente rugosa
	JRC = 8 - 10	
	JRC = 10 - 12	Rugosa
	JRC = 12 - 14	
	JRC = 14 - 16	Muy rugosa
	JRC = 16 - 18	
	JRC = 18 - 20	
		

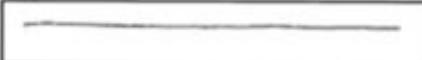
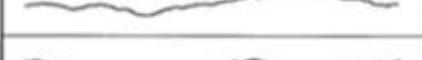
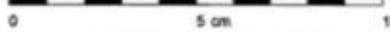
La rugosidad en la discontinuidad N°1 = 3.1 JRC = LISA

## ➤ Discontinuidad n°2

PROFUNDIDA DEL PEINE DE BARTOM	LONGITUD DE MUESTREO
4mm	0.30 m
6mm	0.30m
8mm	0.30m
8mm	0.30m
9mm	0.30m
16mm	0.30m
7mm	0.30m
16mm	0.30m
12mm	0.30m
6mm	0.30m
6mm	0.22m
Profundida máxima 16mm	Longitud Total =3.22 metros

Imagen del Abaco del peine de bartom



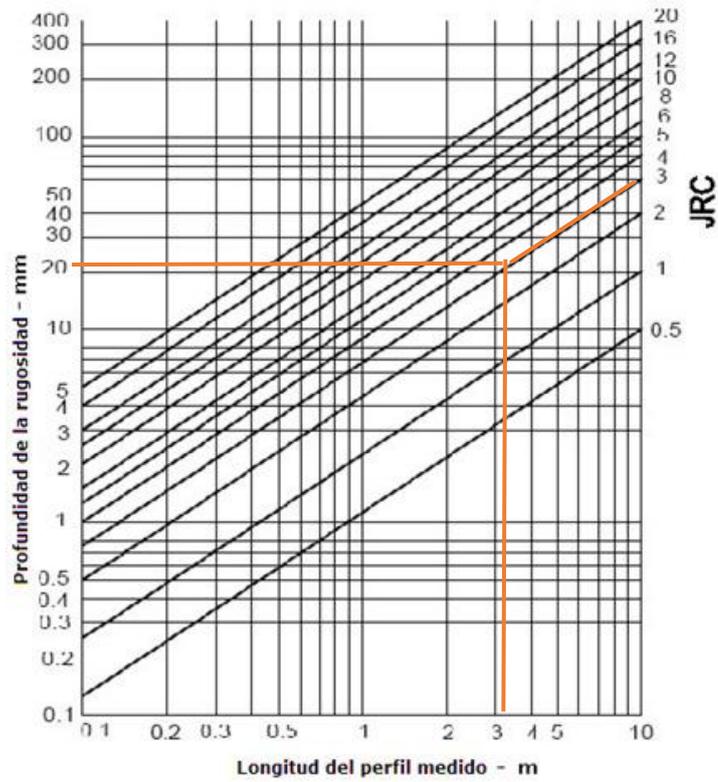
Rugosidad		
	JRC = 0 - 2	Espejo de falla
	JRC = 2 - 4	Lisa
	JRC = 4 - 6	
	JRC = 6 - 8	Ligeramente rugosa
	JRC = 8 - 10	
	JRC = 10 - 12	
	JRC = 12 - 14	Rugosa
	JRC = 14 - 16	
	JRC = 16 - 18	Muy rugosa
	JRC = 18 - 20	
		

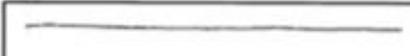
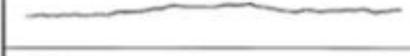
La rugosidad en la discontinuidad N°2 = 2.2 JRC = LISA

➤ Discontinuidad n°3

PROFUNDIDA DEL PEINE DE BARTOM	LONGITUD DE MUESTREO
12mm	0.30 m
17mm	0.30m
16mm	0.30m
21mm	0.30m
6mm	0.30m
6mm	0.30m
4mm	0.30m
20mm	0.30m
20mm	0.30m
12mm	0.30m
5mm	0.30m
13mm	0.18m
Profundidad máxima 21mm	Longitud Total =3.48 metros

Imagen del Abaco del peine de bartom



Rugosidad		
	JRC = 0 - 2	Espejo de falla
	JRC = 2 - 4	Lisa
	JRC = 4 - 6	
	JRC = 6 - 8	Ligeramente rugosa
	JRC = 8 - 10	
	JRC = 10 - 12	
	JRC = 12 - 14	Rugosa
	JRC = 14 - 16	
	JRC = 16 - 18	Muy rugosa
	JRC = 18 - 20	
		

La rugosidad en la discontinuidad N°3 = 3 JRC = LISA

D. Cálculo de la resistencia a la compresión (Martillo de Schmitd)

Área N°1

60	44	59	35
47	38	44	35
53	48	43	45
60	50	40	44

Promedio de # de golpes con el martillo de Schmitd en la Área N°1=46.56

Área N°2

51	59	43	44
38	58	43	37
54	37	57	49
45	40	57	52

Promedio de # de golpes con el martillo de Schmitd en la Área N°2= 47.75

Área N°3

58	54	57	57
49	59	49	36
37	44	48	59
39	57	37	38

Promedio de # de golpes con el martillo de Schmitd en la Área N°3= 48.625

### Área N°4

36	40	42	35
56	53	39	48
42	42	57	57
47	57	41	53

Promedio de # de golpes con el martillo de Schmitd en la Área N°4= 46.5625

Aplicación de la media aritmética para determinar la resistencia a la compresión simple

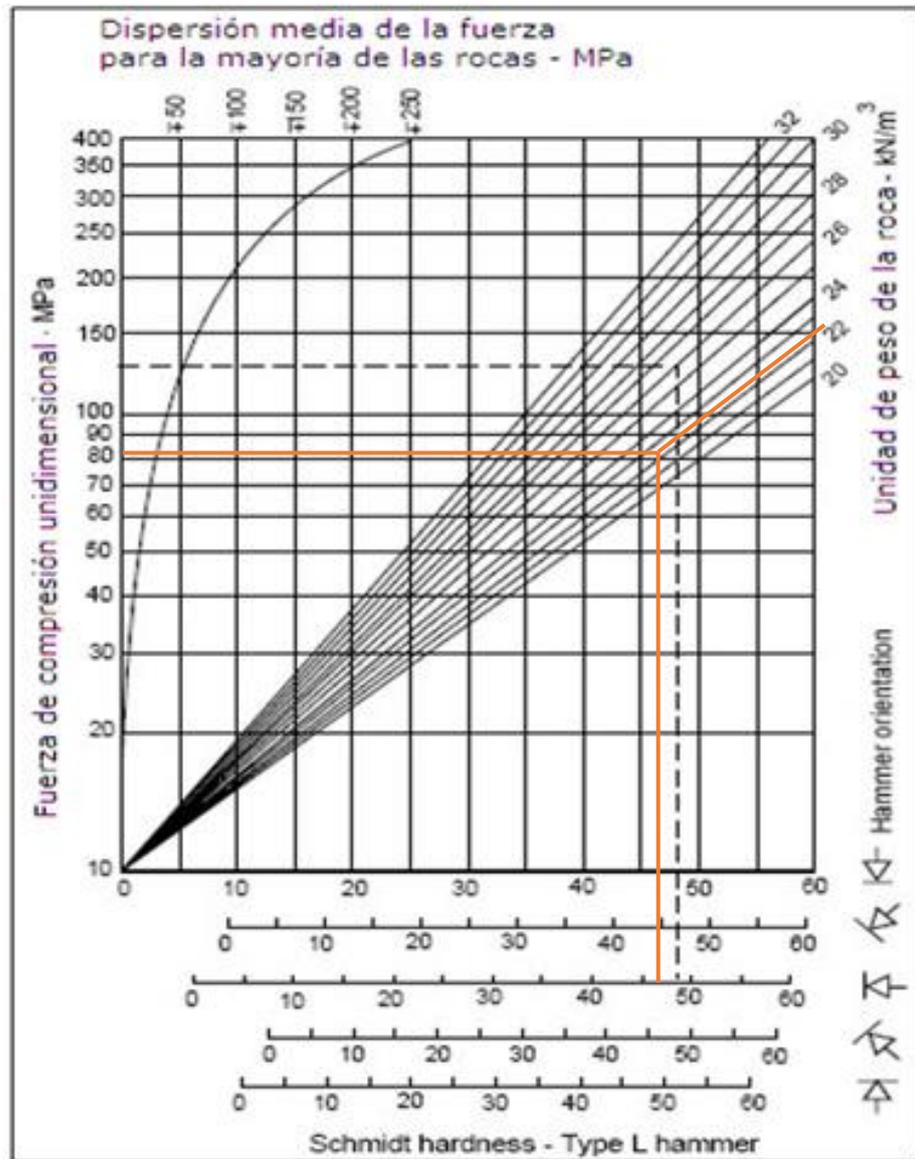
- $RCS = (46.56 + 47.75 + 48.625 + 46.5625) / 4 = 47.375$  golpes con el martillo de Schmidt
- Sentido de golpe insitu

El sentido de los golpes en el talud fue horizontal

### E. Densidad de la roca

El cálculo de la densidad de la roca es

	Densidad
Muestra 1	2.234 KN/m <sup>3</sup>
Muestra 2	2.245 KN/m <sup>3</sup>
Muestra 3	2.221 KN/m <sup>3</sup>
PROMEDIO	2.23 KN/m <sup>3</sup>



F. RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE =84 MPA

#### 4.1.2. Cálculo del RMR de Bieniawski

Resultado del procesamiento de datos

- Resistencia a compresión simple = 84 MPa

#### RESISTENCIA DE LA ROCA

DESCRIPCION	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (Mpa)	ENSAYO DE CARGA PUNTUAL (Mpa)	VALORACION
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 Muy blanda	5 - 25 1 - 5 < 1	<1	2 1 0

Tabla 9 RQD = 95%

#### CALCULO DEL RQD

INDICE DE CALIDAD RQD (%)	CALIDAD	VALORACION
0 - 25	Muy mala	3
25 - 50	Mala	8
50 - 75	Regular	13
75 - 90	Buena	17
90 - 100	Excelente	20

Tabla 10 Espaciamiento = Tipo 3 (0.20 – 0.60 m)

<b>ESPACIONAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES</b>			
DESCRIPCION	ESPACIADO DE LAS JUNTAS	TIPO DE MACIZO ROCOSO	VALORACION
Muy separadas	> 2 m	Solido	20
Separadas	0,6 – 2 m.	Masivo	15
Moderadamente juntas	200 – 600 mm	En bloques	10
juntas	60 – 200 mm	Fracturado	8
Muy juntas	< 60 mm	Machacado	5

Tabla 11 Persistencia = Tipo 3 ( 3 - 10 m)

**CONTINUIDAD O PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES**

GRADO	DESCRIPCION	CONTINUIDAD	VALORACION
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 12 Apertura = Tipo 5 (abierta >5 mm)

**APERTURA DE LAS DISCONTINUIDADES**

GRADO	DESCRIPCION	SEPARACION DE LAS CARAS	VALORACION
1	Abierta	> 5 mm	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 13 Rugosidad = Tipo 4 (Lisa)

**RUGOSIDAD DE LAS DISCONTINUIDADES**

GRADO	DESCRIPCION	VALORACION
1	Muy rugosa	6
2	Rugosa	5
3	Ligeramente Rugosa	3
4	Lisa	1
5	Plana (espejo de falla)	0

Tabla 14 Relleno = Tipo 5 (Blando mayor a 5 mm)

**RELLENO DE LAS DISCONTINUIDADES**

GRADO	DESCRIPCION	VALORACION
1	Blando > 5 mm	0
2	Blando < 5 mm	2
3	Duro > 5 mm	2
4	Duro < 5 mm	4
5	Ninguno	6

Tabla 15 Alteración = Tipo 4 (Muy alterada)

## ALTERACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES

GRADO	DESCRIPCION	VALORACION
1	Descompuesta	0
2	Muy alterada	1
3	Moderadamente alterada	3
4	Ligeramente alterada	5
5	No alterada	6

Tabla 16 Agua = tipo (1) (seco)

## LA PRESENCIA DEL AGUA

CAUDAL POR 10 M DE TUNEL	RELACIÓN PRESIÓN AGUA – TENSION PPAL MAYOR	DESCRIPCION	VALORACION
Nulo	0	Seco	15
< 10 Litros/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	Fluyendo	0

Tabla 17 Prensa del agua = 15(seco)



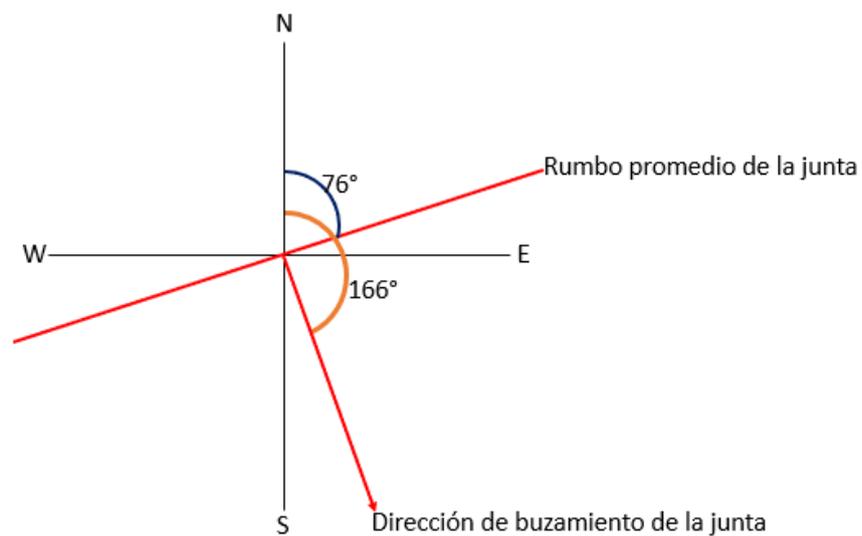
### 4.1.3. Calculo de SMR

#### Datos de campo

- ❖ Dirección promedio del rumbo de las juntas  $N76^{\circ}E$
- ❖ Buzamiento promedio de las juntas  $54^{\circ}SW$

Calculos:

Calculo de la dirección del buzamiento



Resultados

- Dirección de buzamiento de la junta ( $a_j$ )

$$A_j = 166^{\circ}$$

- Buzamiento de la junta ( $b_j$ )

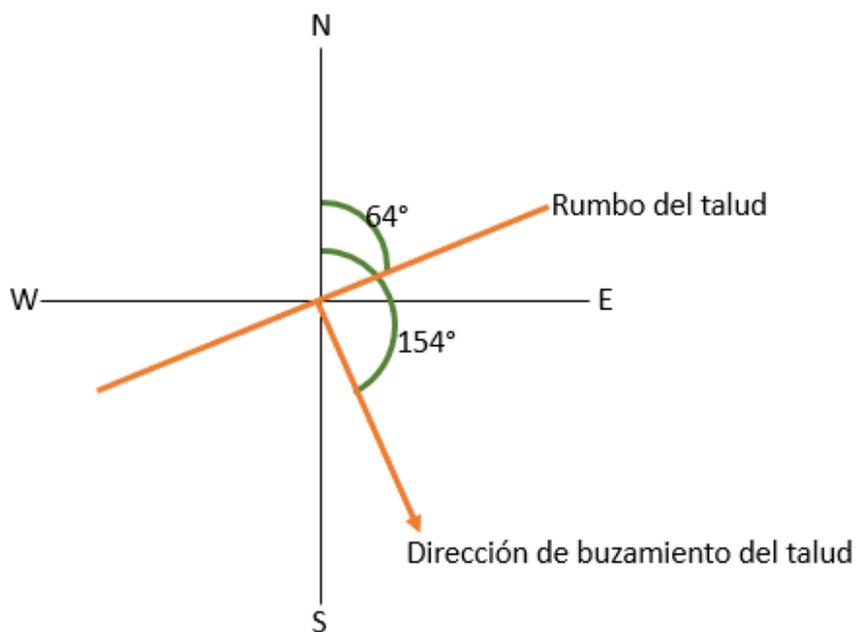
$$B_j = 30^{\circ}SW$$

## Datos de campo

- ❖ Dirección promedio del rumbo del talud  $N64^{\circ}E$
- ❖ Buzamiento del talud  $70^{\circ}SW$

Calculos:

Calculo de la dirección del buzamiento del talud



Resultados

- Dirección de buzamiento del talud (as)

$$As=154^{\circ}$$

- Buzamiento del talud (bs)

$$Bs=70^{\circ}SW$$

Calculo de los factores de ajuste para las juntas

$$SMR=RMR+(F1XF2XF3)+F4$$

➤  $F1 = a_j - a_s$

Donde:

$a_j$  = Dirección de buzamiento de la junta

$a_s$  = Dirección de buzamiento del talud

Reemplazando:

$a_j = 166^\circ$

$a_s = 154^\circ$

$F1 = a_j - a_s = 166^\circ - 154^\circ = 12^\circ$

$F1 = \text{Normal}$

Valor del  $F1 = 0.70$

➤  $F2 = b_j$

Donde:

$b_j$  = Buzamiento de la junta

Reemplazando:

$b_j = 30^\circ$

$F2 = b_j = 30^\circ$

$F2 = \text{Muy favorable}$

Valor del  $F2 = 0.4$

➤  $F3 = b_j - b_s$

Donde:

$b_j$  = Buzamiento de la junta

$b_s$  = Buzamiento del talud

Remplazando:

$b_j = 30^\circ$

$b_s = 70^\circ$

$F3 = b_j - b_s = 30^\circ - 70^\circ = -40^\circ$

$F3$  = Muy desfavorable

Valor del  $F3 = -60$

➤  $F4$

Perfilado del talud mediante voladurada relativamente suave, por lo tanto se asume el valor de  $F4 = +8$

Remplazando en la formula del SMR

$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$

$SMR = 56 + (0.7 \times 0.4 \times -60) + 8 = 47.2$

## Ilustración 19 Comprobando en el software geotable

Clasificaciones Geomecánicas

Regresar Convertidor Salir

**Correlaciones y Conceptos Generales** | **MRRM** | **GSI** | **SMR**

**RMR** | **Q de Barton** | **GSI** | **SMR**

Slope Mass Rating (Diseño de taludes - operaciones Open Pit)

**Ingresar Parámetros**

RMR

F1

F2

F3

F4

**Cálculo de F1 y F2**

aj

as

bj

**SMR** 47.2

**Valores límite encontrados para cada forma de falla**

Fallas Planas     Fallas en cuña     Fallas por vuelco

Fallas circulares

<b>Clase N°</b>	<b>III</b>
SMR	41 - 60
Descripción	Normal
Estabilidad	Parcialmente Estable
Fallas	Algunas juntas o muchas cuñas
Tratamiento	Sistemático

Tabla 18 Valores del SMR para cada tipo de rotura

<b>TIPO DE ROTURA</b>	<b>INTERVALOS SMR</b>	<b>FRECUENCIA</b>
<b>PLANAS</b>	SMR > 60 60 > SMR > 40 40 > SMR > 15	Ninguna Importantes Muy grandes
<b>EN CUÑA</b>	SMR > 75 75 > SMR > 49 55 > SMR > 40	Muy pocas Algunas Muchas
<b>POR VUELCO</b>	SMR > 65 65 > SMR > 50 40 > SMR > 30	Ninguna Menores Importantes
<b>COMPLETAS</b>	SMR > 30 30 > SMR > 10	Ninguna Posible

Tabla 19 Clase de estabilidad según el SMR

DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES SMR										
CLASE Nº	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		TOTALMENTE ESTABLE	
ROTURAS	GRANDES ROTURAS POR PLANOS CONTINUOS O POR LA MASA		JUNTAS O GRANDES CUÑAS		ALGUNAS JUNTAS O MUCHAS CUÑAS		ALGUNOS BLOQUES		NINGUNA	
SOSTENIMIENTOS	REEXCAVACIÓN		IMPORTANTES		SISTEMÁTICOS		OCASIONALES		NINGUNO	

**Clase Macizo Rocoso = IIIb**

**Descripción = Normal**

**Estabilidad = Parcialmente Inestable**

**Roturas = Algunas Juntas O Muchas Cuñas**

**Sostenimiento = Sistemático**

Tabla 20 Medidas de correccion propuestas según el SMR=47.2

VALORES DEL SMR PARA CADA FORMA DE ROTURA (EMPÍRICOS)																		
ROTURAS PLANAS	MUY GRANDES					IMPORTANTES					NINGUNA							
ROTURAS EN CUNA						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 VISAS MUROS DE PIE																	
REFUERZO	BULONES ANCLAJES																	
PROTECCIÓN	ZANJA DE PIE MALLAS (DE PIE O DE TALUD) FEDES y/o MALLAS (DE TALUD)																	
SIN SOSTENIMIENTO															SANEOS NINGUNO			
<b>MÉTODOS DE SOSTENIMIENTO SUGERIDOS</b>																		

De acuerdo a los valores del SMR se recomienda hormigon proyectado, pernos de anclaje y malla

#### 4.1.4. Costos para la instalacion de malla,pernos y hormigon proyectado

**INSTALACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA ALAMBRE #10**

<b>DATOS:</b>	INCLUYE MALLA					<b>Lugar:</b>	
Tipo:	<b>Sostenimiento</b>						
					M2 de malla a instalar:		<b>34</b>
		<b>0</b>			Taladros de alivio:		<b>0</b>
<b>Mano de Obra</b>							
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Factor</b>	<b>Total por</b>		<b>Costo Unit</b>	<b>Costo Real</b>	
<b>Recurso</b>		<b>de Pago</b>	<b>Guardia</b>		<b>del recurso</b>	<b>S./</b>	
MOD05	Maestro Perforista	2.357	0.25	TAR	71.30	42.01	
MOD10	Ayudante Perforista	2.357	0.25	TAR	67.80	39.95	
MOD20	Lamparero	2.357	0.06	TAR	67.80	9.59	
MOD16	Bodeguero	2.357	0.06	TAR	67.80	9.59	
MOD19	Servicios	2.357	0.40	TAR	67.80	63.92	
MOI006	SUPERVISIÓN EN SOSTENIMIENTO Y SERVICIOS				43.58	43.58	
			<b>1.02</b>			<b>208.64</b>	
<b>Suministros:</b>							
SS318	MALLA ELECTS FE N#10 1.5MX25M COC3"X3"		34.00		6.31	214.54	
						<b>214.54</b>	
<b>Herramientas:</b>							
HS211	MANGUERA DE JEBE Y LONA DE 1/2", 200 PSI (50 MT)		50.00	Mt	0.02	0.84	
HS212	MANGUERA DE JEBE Y LONA DE 1", 200 PSI (50 MT)		50.00	Mt	0.03	1.64	
HS213	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1/2" CON DOS PERNOS		4.00	EA	0.02	0.07	
HS214	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1" CON DOS PERNOS		4.00	EA	0.02	0.09	
HS217	ACEITE MOBIL ALMO 527		0.16	Gln	25.72	4.11	
HS226	LLAVE STILSON DE 14"		1.00	EA	0.07	0.07	
HS237	DISCO DE JEBE DE 6"Ø ORIFICIO EXAGONAL DE 7/8", 1/2" ESPESOR		1.00	EA	0.30	0.30	
HS208	LAMPA TIPO CUCHARA MINERA NRO. 603/604.NRO.2/206		1.00	EA	0.10	0.10	

HS205	COMBA DE ACERO FORJADO DE 6 LB			1.00	EA	0.27	0.27
HS412	CIZALLA			1.00	Ea	1.21	1.21
HS258	BARRETILLA DE 4'			2.00	Ea	0.56	1.13
HS251	BARRETILLA DE 6' (avance)			2.00	Ea	1.05	2.09
HS253	BARRETILLA DE 8' (avance)			2.00	Ea	0.85	1.71
HS255	BARRETILLA DE 10'			2.00	Ea	0.24	0.48
HS296	FLEXOMETRO			1.00	EA	0.27	0.27
HS260	LETRERO ACRÍLICO CON TIPO DE ROCA			1.00	Ea	0.07	0.07
SS320	BASTIDOR TIPO PATA DE GALLO, LONG. 3M			3.00	EA	1.47	4.40
SS300	STANDARD DRIVER TOLL SS-39 DE 7/8" X 4-1/4" (1 PIE) EMPUJADOR DE SPLIT SET			1.00	EA	0.57	0.57
							<b>19.40</b>
		Gatos Generales				6.96%	14.53
		Utilidad				10.00%	20.86
		<b>Total Indirectos</b>				16.96%	<b>35.39</b>
<b>Sub Total Costos</b>							<b>477.98</b>
<u>Implementos de Seguridad</u>				<u>Nro Tar</u>		<u>Costo Unitario</u>	
EPP005	Personal en Supervisión - EPP's - Sostenimiento - Servicios			1.00	Tar	0.38	0.38
EPP002	Personal en tajos y frentes de avance - EPP's			1.02	Tar	4.74	4.83
	Tareas Totales			<b>2.02</b>			<b>5.21</b>
							<b>0.00</b>
						<b>Costo por Disparo</b>	<b>483.19</b>
						Factor de Avance (und)	34.00
						<b>Costo por Unidad</b>	<b>\$14.21</b>

➤ Instalación de perno helicoidal 19 mm de 5' con resina y cemento

<b>INSTALACIÓN DE PERNO HELICOIDAL 19 mm DE 5' CON RESINA Y CEMENTO</b>						
<b>DATOS:</b> INCLUYE PERNO HELICOIDAL, CARTUCHOS DE RESINA Y CEMENTO					<b>COD:</b> LM030808	
<b>Tipo:</b> Sosténimiento						
Tamaño del Taladro:		4.5 pies	Pernos a instalar:		35	
		0	Taladros de alivio:		0	
<b>Mano de Obra</b>						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Factor de Pago</u>	<u>Total por Guardia</u>		<u>Costo Unit del recurso</u>	<u>Costo Real S./</u>
MOD05	Maestro Perforista	2.357	1.00 TAR		71.30	168.05
MOD10	Ayudante Perforista	2.357	1.00 TAR		67.80	159.80
MOD20	Lamparero	2.357	0.06 TAR		67.80	9.59
MOD16	Bodeguero	2.357	0.06 TAR		67.80	9.59
MOD19	Servicios	2.357	0.40 TAR		67.80	63.92
MOI006	SUPERVISIÓN EN SOSTENIMIENTO Y SERVICIOS				43.58	43.58
			<b>2.52</b>			<b>454.53</b>
<b>Maquinas</b>						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Vida Util</u>	<u>Consumo por Guardia</u>		<u>Costo Unit del recurso</u>	<u>Costo Real S./</u>
PER01	MAQUINA PERFORADORA JACKLEGG - STOPER	100,000.00 Pies	158 Pies	0.26		40.95
						<b>40.95</b>

**Suministros:****Perforación de taladros a cargar:**

AC119-S	BROCA ESCARIADORA DE BOTONES DE 1-1/2" x 11°, (32mm)	157.50	Pies	0.04	6.74
AC110	BARRA CONICA DE 7/8" X 2' 7876 1106 11 / 9051-0204 / 7876-6	70.00	Pies	0.09	6.40
AC106	BARRA CONICA DE 7/8" X 4' 7876 1112 11/ 90504865/ 47876-6	70.00	Pies	0.08	5.37
AC107	BARRA CONICA, 7/8" X 6'; 7876111811	17.50	Pies	0.09	1.58
HS295	SACA BARRENO	1.00	EA	0.08	0.08
HS400	SACA BROCAS	1.00	EA	1.19	1.19
SS324	PERNO HELIC #19MMX5' C/PLAC/T	35.00	EA	15.01	525.35
SS321	CARTUCHO DE CEMENTO	105.00	EA	0.52	54.12
SS302	(HR) CARTUCHO DE RESINA DE FRAGUADO DE 30 SEGUNDOS, 28 X 305 MM (1-1/8 X 12") PARA PERNO DE ANCLAJE	70.00	EA	1.82	127.39
<b>Herramientas:</b>					
HS211	MANGUERA DE JEBE Y LONA DE 1/2", 200 PSI (50 MT)	50.00	Mt	0.02	0.84
HS212	MANGUERA DE JEBE Y LONA DE 1", 200 PSI (50 MT)	50.00	Mt	0.03	1.64
HS213	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1/2" CON DOS PERNOS	4.00	EA	0.02	0.07
HS214	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1" CON DOS PERNOS	4.00	EA	0.02	0.09
HS217	ACEITE MOBIL ALMO 527	0.16	Gln	25.90	4.14
HS411	ARCO DE SIERRA	0.15	Ea	0.25	0.04
HS210	HOJA DE SIERRA MECANICA DE 1/2" X 12"	1.00	EA	0.11	0.11
HS278	PINTURA	0.10	Gln	34.51	3.28
HS226	LLAVE STILSON DE 14"	1.00	EA	0.39	0.39
HS237	DISCO DE JEBE DE 6"Ø ORIFICIO EXAGONAL DE 7/8", 1/2" ESPESOR	1.00	EA	0.30	0.30
HS208	LAMPA TIPO CUCHARA MINERA NRO. 603/604.NRO.2/206	1.00	EA	0.20	0.20
HS205	COMBA DE ACERO FORJADO DE 6 LB	1.00	EA	0.22	0.22
HS258	BARRETILLA DE 4'	2.00	Ea	0.56	1.13
HS251	BARRETILLA DE 6' (avance)	2.00	Ea	1.05	2.09
HS253	BARRETILLA DE 8' (avance)	2.00	Ea	0.85	1.71
HS255	BARRETILLA DE 10'	2.00	Ea	0.24	0.48
HS296	FLEXOMETRO	1.00	EA	0.27	0.27
HS260	LETRERO ACRÍLICO CON TIPO DE ROCA	1.00	Ea	0.07	0.07
SS322	ADAPTADOR HEXAGONAL PARA PERNO HELICOIDAL DE 19 mm	1.00	EA	0.68	0.68
					<b>745.94</b>

Gatos Generales	6.96%	34.51
Utilidad	10.00%	49.55
<b>Total Indirectos</b>	<b>16.96%</b>	<b>84.05</b>

**Sub Total Costos 1,325.48**

<b>Implementos de Seguridad</b>		<u>Nro</u>	<u>Tar</u>	<u>Costo</u>	
				<u>Unitario</u>	
EPP005	Personal en Supervisión - EPP's - Sostenimiento -Servicios	1.00	Tar	0.38	0.38
EPP002	Personal en tajos y frentes de avance - EPP's	2.52	Tar	4.74	11.93
<b>Tareas Totales</b>					<b>12.32</b>

**0.00**

<b>Costo por Disparo</b>	<b>1,337.80</b>
Factor de Avance (und)	35.00
<b>Costo por Unidad</b>	<b>\$38.22</b>

➤ **Instalación de perno helicoidal 19 mm de 7' con resina y cemento**

<b>INSTALACIÓN DE PERNO HELICOIDAL 19 mm DE 7' CON RESINA Y CEMENTO</b>						
<b>DATOS:</b> INCLUYE PERNO HELICOIDAL, CARTUCHOS DE RESINA Y CEMENTO						<b>COD:</b> LM030812
<b>Tipo:</b> Sostenimiento						
Tamaño del Taladro:		6.5	pies	Pernos a instalar:		<b>28</b>
N° de split set por rollo de malla electrosoldada		0		Taladros de alivio:		<b>0</b>
<b>Mano de Obra</b>						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Factor de Pago</u>	<u>Total por Guardia</u>		<u>Costo Unit del recurso</u>	<u>Costo Real S./</u>
MOD05	Maestro Perforista	2.357	1.00	TAR	71.30	168.05
MOD10	Ayudante Perforista	2.357	1.00	TAR	67.80	159.80
MOD20	Lamparero	2.357	0.06	TAR	67.80	9.59
MOD16	Bodeguero	2.357	0.06	TAR	67.80	9.59
MOD19	Servicios	2.357	0.40	TAR	67.80	63.92
MOI006	SUPERVISIÓN EN SOSTENIMIENTO Y SERVICIOS				43.58	43.58
			<b>2.52</b>			<b>454.53</b>
<b>Maquinas</b>						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Vida Util</u>	<u>Consumo por Guardia</u>		<u>Costo Unit del recurso</u>	<u>Costo Real S./</u>
PER01	MAQUINA PERFORADORA JACKLEGG - STOPER	100,000.00	Pies	182	Pies 0.26	47.32
						<b>47.32</b>
<b>uministros:</b>						
<b>Perforación de taladros a cargar:</b>						
AC104	BROCA ESCARIADORA DE BOTONES; 36 MM X 11°; 9050-9968 [ATLAS COPCO]			182.00	Pies	27.91
AC110	BARRA CONICA DE 7/8" X 2' 7876 1106 11 / 9051-0204 / 7876-6			56.00	Pies	3.98
AC106	BARRA CONICA DE 7/8" X 4' 7876 1112 11/ 90504865/ 47876-6			56.00	Pies	4.39
AC107	BARRA CONICA, 7/8" X 6'; 7876111811			56.00	Pies	5.70
AC108	BARRA CONICA; 7/8" X 8'; 7876-1124-11 / 7876-6124-11 / 250162			14.00	Pies	1.66
HS295	SACA BARRENO			1.00	EA	0.08
HS400	SACA BROCAS			1.00	EA	1.19
SS332	PERNO HELIC #19MMX7' C/PLAC/T			28.00	EA	492.52
SS321	CARTUCHO DE CEMENTO			112.00	EA	54.94
SS302	(HR) CARTUCHO DE RESINA DE FRAGUADO DE 30 SEGUNDOS, 28 X 305 MM (1-1/8 X 12") PARA PERNO DE ANCLAJE			84.00	EA	148.33
<b>Herramientas:</b>						
HS211	MANGUERA DE JEBE Y LONA DE 1/2", 200 PSI (50 MT)			50.00	Mt	0.84
HS212	MANGUERA DE JEBE Y LONA DE 1", 200 PSI (50 MT)			50.00	Mt	1.64
HS213	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1/2" CON DOS PERNOS			4.00	EA	0.07
HS214	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1" CON DOS PERNOS			4.00	EA	0.09
HS217	ACEITE MOBIL ALMO 527			0.16	Gln	4.14
HS411	ARCO DE SIERRA			0.15	Ea	0.04
HS210	HOJA DE SIERRA MECANICA DE 1/2" X 12"			1.00	EA	0.11
HS278	PINTURA			0.10	Gln	3.28
HS226	LLAVE STILSON DE 14"			1.00	EA	0.39
HS237	DISCO DE JEBE DE 6"Ø ORIFICIO EXAGONAL DE 7/8", 1/2" ESPESOR			1.00	EA	0.30
HS208	LAMPA TIPO CUCHARA MINERA NRO. 603/604.NRO.2/206			1.00	EA	0.20
HS205	COMBA DE ACERO FORJADO DE 6 LB			1.00	EA	0.22
HS258	BARRETILLA DE 4'			0.00	Ea	0.00

HS251	BARRETILLA DE 6' (avance)	2.00	Ea	1.05	2.09
HS253	BARRETILLA DE 8' (avance)	2.00	Ea	0.85	1.71
HS255	BARRETILLA DE 10'	2.00	Ea	0.24	0.48
HS296	FLEXOMETRO	1.00	EA	0.27	0.27
HS260	LETRERO ACRÍLICO CON TIPO DE ROCA	1.00	Ea	0.07	0.07
SS322	ADAPTADOR HEXAGONAL PARA PERNO HELICOIDAL DE 19 mm	1.00	EA	0.68	0.68
					<b>757.29</b>
Gatos Generales				6.96%	34.95
Utilidad				10.00%	50.19
<b>Total Indirectos</b>				16.96%	<b>85.14</b>
<b>Sub Total Costos</b>					<b>1,344.28</b>
<b>Implementos de Seguridad</b>		<u>Nro</u>		<u>Costo</u>	
		<u>Tar</u>		<u>Unitario</u>	
EPP005	Personal en Supervisión - EPP's - Sostentamiento -Servicios	1.00	Tar	0.38	0.38
EPP002	Personal en tajos y frentes de avance - EPP's	2.52	Tar	4.74	11.93
Tareas Totales		<b>3.52</b>			<b>12.32</b>
-					<b>0.00</b>
				<b>Costo por Disparo</b>	<b>1,356.60</b>
				Factor de Avance (und)	28.00
				<b>Costo por Unidad</b>	<b>\$48.45</b>

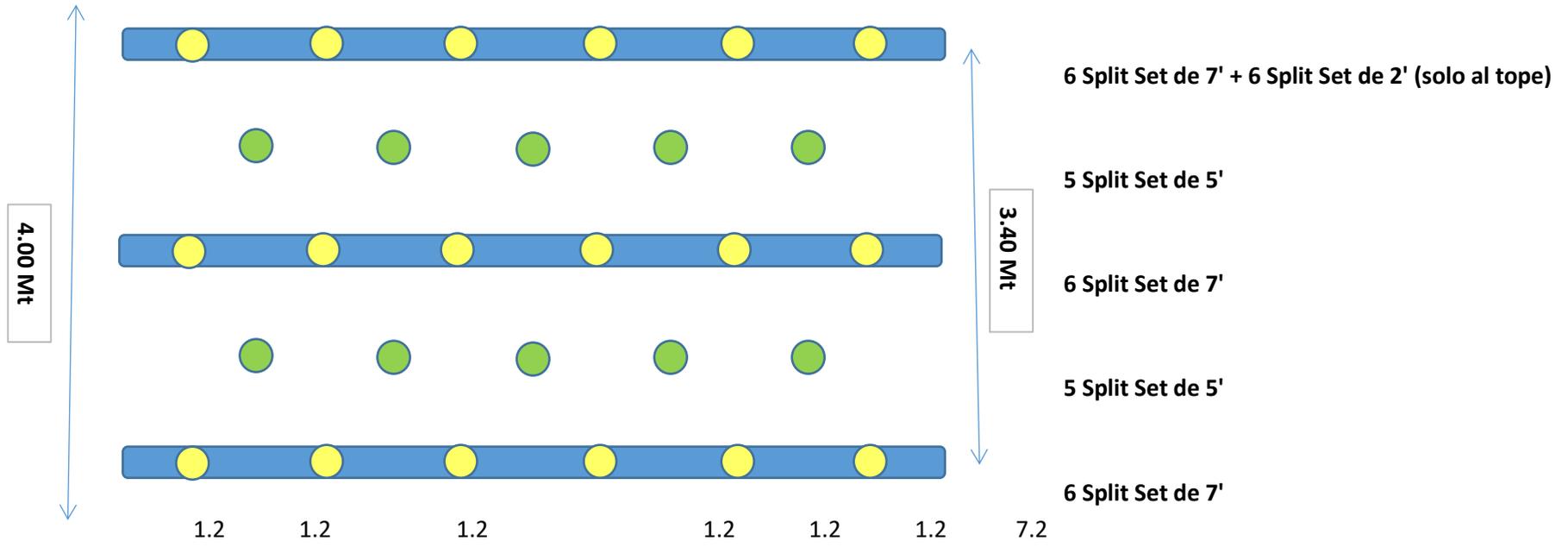
➤ **Lanzado de shotcrete 2" c/f**

<b>LANZADO DE SHOTCRETE 2" c/f</b>						
<b>DATOS:</b> INCLUYE MATERIALES					<b>COD:</b> LM030819	
<b>Tipo:</b> Sostentamiento						
M2 POR GDA.:						<b>60</b>
Taladros de alivio:						<b>0</b>
<b>Mano de Obra</b>						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Factor de Pago</u>	<u>Total por Guardia</u>		<u>Costo Unit del recurso</u>	<u>Costo Real S./</u>
MOD05	Maestro Perforista	2.357	2.62 TAR		71.30	440.30
MOD10	Ayudante Perforista	2.357	3.93 TAR		67.80	628.03
MOD20	Lamparero	2.357	0.06 TAR		67.80	9.59
MOD16	Bodeguero	2.357	0.06 TAR		67.80	9.59
MOD19	Servicios	2.357	0.00 TAR		67.80	0.00
MOI006	SUPERVISIÓN EN SOSTENIMIENTO Y SERVICIOS				43.58	43.58
			<b>6.67</b>			<b>1,131.09</b>
<b>Maquinas</b>						
<u>Código</u>	<u>Descripción</u>	<u>Vida Util</u>	<u>Consumo por Guardia</u>		<u>Costo Unit del recurso</u>	<u>Costo Real S./</u>
MAQ33	EQUIPO PROYECTOR DE CONCRETO	4,320.00	5.0 M3		20.25	101.27
MAQ34	TANQUE DOSIFICADOR DE AGUA	5,040.00	5.0 M3		1.59	7.94
						<b>109.21</b>

<u>Suministros:</u>					
<u>Materiales:</u>					
SS327	ACELERANTE DE FRAGUA	85.30	Kg	3.25	277.23
SS331	CEMENTO PORTLAND V ANDINO X42.5KG	50.00	Ea	28.90	1445.00
SS333	ARENA GRUESA DE 1/2 PARA SHOTCRETE	5.00	M3	110.00	550.00
SS328	FIBRA METALICA DRAMIX	200.00	Kg	4.60	920.00
SS329	CALIBRADORES	60.00	Ea	0.15	9.00
<u>Herramientas:</u>					
HS211	MANGUERA DE JEBE Y LONA DE 1/2", 200 PSI (50 MT)	50.00	Mt	0.02	0.84
HS212	MANGUERA DE JEBE Y LONA DE 1", 200 PSI (50 MT)	50.00	Mt	0.03	1.64
HS213	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1/2" CON DOS PERNOS	4.00	EA	0.02	0.07
HS214	ABRAZADERA DE FIERRO GALVANIZADO DE 1" CON DOS PERNOS	4.00	EA	0.02	0.09
HS226	LLAVE STILSON DE 14"	1.00	EA	0.39	0.39
HS208	LAMPA TIPO CUCHARA MINERA NRO. 603/604.NRO.2/206	3.00	EA	0.20	0.61
HS205	COMBA DE ACERO FORJADO DE 6 LB	1.00	EA	0.22	0.22
HS258	BARRETILLA DE 4'	2.00	Ea	0.56	1.13
HS251	BARRETILLA DE 6' (avance)	2.00	Ea	1.05	2.09
HS253	BARRETILLA DE 8' (avance)	2.00	Ea	0.85	1.71
HS255	BARRETILLA DE 10'	2.00	Ea	0.24	0.48
HS296	FLEXOMETRO	1.00	EA	0.27	0.27
HS260	LETRERO ACRİLICO CON TIPO DE ROCA	1.00	Ea	0.07	0.07
					<b>3,210.82</b>
Gastos Generales				6.96%	86.38
Utilidad				10.00%	124.03
<b>Total Indirectos</b>				<b>16.96%</b>	<b>210.41</b>
				<b>Sub Total Costos</b>	<b>4,661.52</b>
<u>Implementos de Seguridad</u>		<u>Nro Tar</u>		<u>Costo Unitario</u>	
EPP005	Personal en Supervisión - EPP's - Sostentamiento -Servicios	1.00	Tar	0.38	0.38
EPP002	Personal en tajos y frentes de avance - EPP's	6.67	Tar	4.74	31.59
Tareas Totales		<b>7.67</b>			<b>31.97</b>
					<b>0.00</b>
				<b>Costo por Disparo</b>	<b>4,693.49</b>
				Factor de Avance (und)	60.00
				<b>Costo por Unidad</b>	<b>\$78.22</b>

Figura 5 Distribucion de los pernos

**SOSTENIMIENTO TÍPICO EN SECCIÓN DE 3.50 X 3.50**



1.2    1.2    1.2    1.2    1.2    1.2    7.2

a    h    Arco    Avance  
 3.5    3.5    8.5    3.2

Tipo de sostenimiento - Sección de 3.5x3.5

- 27.2** M2 de Malla
- 12** SS 7'
- 10** SS 5'
- 6** SS 2'

## **CAPITULO V**

### **DISCUSION DE RESULTADOS**

#### **5.1. Del análisis de la resistencia a compresión de la roca intacta se establece que:**

La conclusión de esta investigación fue: La resistencia a compresión simple efectuada insitu con la ayuda del matillo de Schmidt fue de 84 Mpa, con una densidad promedio de 2.23 Kn/m<sup>3</sup> y con una porosidad de 1.37%; estos datos son relevantes para determinar el RMR Rock Mass Rating.

El ingeniero Rojas en su tesis titulada: Evaluación de la estabilidad de taludes, en San Antonio de Pichincha, mediante la caracterización de macizos rocos, para el análisis de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa; en su conclusión estable que realizó el estudio de las propiedades físico-mecánicas de 41 macizos rocosos existentes en la zona a través de los datos obtenidos en el campo y laboratorio, una vez procesada la información se pudo evaluar las posibles medidas de contingencia.

Ambos investigadores coincidimos que para evaluar la estabilidad de cualquier obra de ingeniería se tiene que realizarla evaluación en campo en forma (insitu) esto con la finalidad de contrastar los valores del muestreo aplicando parámetros y estándares de calidad de acorde con la normatividad vigente.

## **H.E. 2 Estimación de los parámetros del Rock Mass Rating (RMR)**

La conclusión de esta investigación fue: El resultado del Rock Mass Rating (RMR) es de 56 puntos; perteneciente a la valoración que se encuentra en el intervalo de 41 a 60, clasificada en el número de clase III descrita como una roca regular, con una cohesión de la masa rocosa entre 200 – 300 KPa y un ángulo de fricción de 25° a 35°.

El ingeniero Rojas en su tesis titulada: Evaluación de la estabilidad de taludes, en San Antonio de Pichincha, mediante la caracterización de macizos rocosos, para el análisis de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa; en su conclusión estable que La caracterización de los macizos rocosos permitió la generación de algunos modelos geostatísticos a través de los programas Arc Gis y SGeMS que permitieron identificar la calidad y estabilidad del talud en diferentes sectores importantes de la zona.

El ajuste que se realizó al índice RQD mediante los minerales de alteración otorgó valores más cercanos a la caracterización interna de un macizo rocoso, proporcionando una mejor apreciación al evaluar un talud de roca

Ambos investigadores coincidimos que para evaluar la estabilidad de cualquier obra de ingeniería se tiene que realizarla evaluación en campo en forma (insitu) esto con la finalidad de contrastar los valores del muestreo aplicando parámetros y estándares de calidad de acorde con la normatividad vigente.

## **H.E. 3 Los factores de ajuste de las juntas permiten determinar el ángulo de talud y de reposo para evaluar la estabilidad del talud**

De la conclusión respecto a la hipótesis 3: Los resultados de los factores de ajuste de la clasificación SMR para taludes, analizados para una rotura plana fueron los siguientes:  $F1 = 0.15$ ,  $F2 = 1$ ,  $F3 = -25$  y  $F4 = +10$ ; de esto se afirma que la descripción del talud es buena.

En ingeniero Rojas sustentó su Tesis: "evaluación de la estabilidad de taludes, en San Antonio de pichincha, mediante la caracterización de macizos rocosos, para el análisis de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa;

estableció en una de sus conclusiones que : Se realizó el estudio de las propiedades físico mecánicas de 41 macizos rocosos existentes en la zona a través de los datos obtenidos en el campo y laboratorio, una vez procesada la información se pudo evaluar las posibles medidas de contingencia.

De ambos investigadores se coincide en que para evaluar la estabilidad de cualquier obra de ingeniería se tiene que realizarla evaluación en campo en forma (insitu) esto con la finalidad de contrastar los valores del muestreo aplicando parámetros y estándares de calidad de acorde con la normatividad vigente, Posterior a esto se podrá recomendar el tipo de tratamiento que se realizará en el macizo rocoso en medidas de sostenimiento.

## CONCLUSIONES

1. Los parámetros de clasificación geomecánica de acuerdo a la cartilla de Bieniawski dio como resultado 56 puntos lo que cataloga a la masa rocosa como calidad media, de clase III, con una cohesión de 2-3 kg/cm<sup>2</sup>, y un ángulo de rozamiento de 25°-30°; de acuerdo a la puntuación en la cartilla del Signal to Mass Ratio (SMR) nos describe al talud de clase IIIb, de descripción normal, con una estabilidad parcialmente inestable, las roturas que se presentan son algunas juntas o muchas cuñas; el sostenimiento a instalar será de tipo sistemático con lo cual se logra estabilizar el talud.
2. El resultado del Rock Mass Rating (RMR) es de 56 puntos; perteneciente a la valoración que se encuentra en el intervalo de 41 a 60, clasificada en el número de clase III descrita como una roca regular, con una cohesión de la masa rocosa entre 200 – 300 KPa y un ángulo de fricción de 25° a 35°.
3. De acuerdo a la valoración con la cartilla SMR Romana 1985 evaluado los factores de corrección, los cuales involucran los cálculos de dirección de buzamiento de las juntas y talud, así como el buzamiento del talud y las juntas y el método del perfilado del talud empleado. Los parámetros de la evaluación son los siguientes: F1 = 0.70, F2 = 0.4, F3= - 60 y F4 = +8; de esto se afirma lo que describe al talud de clase IIIb, de descripción normal, con una estabilidad parcialmente inestable, las roturas que se presentan son algunas juntas o muchas cuñas; el sostenimiento a instalar será de tipo sistemático que será de pernos con malla metálica y hormigón proyectado (shotcrete) en lugares específicos

## RECOMENDACIONES

1. Para proponer los sistemas de mejora en la estabilidad de taludes se deberá respetar los resultados de la evaluación con el criterio de seguridad y economía.
2. Se recomienda efectuar la resistencia a compresión simple efectuada insitu y con la extracción de testigos labrados o irregulares en laboratorio.
3. Respecto a la evaluación de las propiedades de las discontinuidades se deberá realizar con más de dos cartillas geomecánicas con la finalidad de poder contrastar los resultados.
4. El cálculo de los factores de ajuste de la clasificación geomecánica Slope Mass Rating (SMR) se podrá realizar en forma matemática aplicando las fórmulas para cada factor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarado, A., & Cornejo, A. (2014). Estabilización de taludes en la Costa Verde - Callao Tramo Av. Santa Rosa - Jr Virú (1.3 Km). (*Tesis de Titulación*). Universidad San Martín de Porres, Lima.
  2. ASTM D5731. (2016). *Ensayo de Resistencia a la Carga Puntual (PLT)*. ASTM International.
  3. Corrales, C. (2013). *Estabilidad de taludes*. Obtenido de <https://estabilidad-de-taludes7.webnode.es/news/marco-teorico/>
- Duque, E. (2017). *Manual de geología para ingenieros*. bdigital.
- Duque, G. (2003). Relaciones De Fase En La Ingeniería Geotécnica Moderna. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>
- Fellenius, W. (1922). *Statens Järnvägars Geotekniska Commission*. Stockholm: Sweden.
- Ferrer, M., & Gonzales, L. (2007). *Manual de Campo para la descripción de macizos rocosos en afloramiento*. Planetatierra Ciencias de la Tierra para la Sociedad.
- Gonzales de Vallejo, L. (2004). *Ingeniería Geológica*. Prentice Hall.
- Herrera, F. (2000). *Geotecnia*. ISEAD.
- Lambe, W., & Whitman, R. (24 de Julio de 1996). *Soil Mechanics*. Primera edición. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Contenido\\_de\\_agua](https://es.wikipedia.org/wiki/Contenido_de_agua)
- Lozano, A. (2009). *Martillo Schmidt (Esclerómetro)*. . Geoengineering Services & Consulting E.I.R.L. 1-4.
- NSR-10 Cap H.1, E. G. (s.f.). *Ingeniería Real*. Obtenido de <https://ingenieriareal.com/talud-clasificacion-diseno/>
- Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. ETSI Minas.
- RNE. (2014). *Norma CE.020 Suelos y Taludes*. Macro.
- Rojas, S. (2015). El cálculo del factor de seguridad como elemento principal para el diseño de obras de estabilización de taludes en la vía Latacunga - la Maná sector Cruz Blanca. (*Tesis de Titulación*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Suarez, B. (2013). *Descripción del Macizo Rocosó - Introducción a Ingeniería de Rocas de Superficie y Subterránea*. Medellín Colombia.

Suárez, J. (2009). *Deslizamientos - Análisis Geotécnico - Vol 1*. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.

Suárez, J. D. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga - Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.

Torres, L. (2019). Estabilidad de Taludes para mejorar la transitabilidad y seguridad en los tramos críticos de la carretera Monteseo, Distrito Catache. (*Tesis de Titulación*). Universidad César Vallejo, Chiclayo.

Vaca, A. (2018). Evaluación de la estabilidad de taludes, en San Antonio de Pichincha, mediante la caracterización de macizos rocosos, para el análisis de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa. (*Tesis de Titulación*). Escuela Politécnica Nacional, Quito.

## ANEXOS

### ANEXO N° 01 Matriz de consistencia

I. PROBLEMA	II. OBJETIVO	III. HIPÓTESIS	IV: VARIABLES Y DIMENSIONES	V. METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es el valor de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso para diseño de ángulo de reposo de talud, carretera Huancayo Huancavelica ruta 26 – 2020?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) ¿Cuánto es la valoración del macizo rocoso de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski para diseño de ángulo de reposo de talud?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Calcular el valor de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso para diseño de ángulo de reposo de talud, carretera Huancayo Huancavelica ruta 26 – 2020</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) Determinar la valoración del macizo rocoso de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski para diseño de ángulo de reposo de talud.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>El valor de los parámetros geomecánicos del macizo rocoso de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski y los valores de los factores de ajuste por la orientación de las juntas y método de excavación influyen en el diseño de ángulo de reposo de talud, carretera Huancayo Huancavelica ruta 26 – 2020</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b></p> <p>a) La valoración del macizo rocoso de acuerdo a la clasificación geomecánica de Bieniawski mediante los cálculos de resistencia de la roca inalterada, el RQD, espaciamiento entre diaclasas, el estado de las</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE (x):</b></p> <p>- Macizo rocoso RMR</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rumbo</li> <li>• Buzamiento</li> <li>• Resistencia a la compresión no confinada de la roca intacta (sigci)</li> <li>• RQD</li> <li>• Espaciamiento</li> <li>• Persistencia</li> <li>• Apertura</li> <li>• Rugosidad</li> <li>• Alteración</li> <li>• Relleno</li> <li>• Agua SMR</li> <li>• Factores de ajuste de las juntas</li> </ul>	<p><b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN Científico</b></p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> Explicativa - correlacional</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> Cuasi experimental</p> <p><b>POBLACIÓN:</b> Carretera Huancayo Huancavelica ruta 26</p> <p><b>MUESTRA:</b> 150 m entre la progresiva 142+620 al 142+670</p>

<p>b) ¿Cuáles son los valores de los factores de ajuste por la orientación de las juntas y método de excavación para diseño de ángulo de reposo de talud?</p>	<p>b) Calcular los valores de los factores de ajuste por la orientación de las juntas y método de excavación para diseño de ángulo de reposo de talud.</p>	<p>diaclasas y las condiciones del agua subterránea se relacionan con el diseño de ángulo de reposo de talud</p> <p>b) Los valores de los factores de ajuste por la orientación están función del rumbo y buzamiento de las juntas y método de excavación los cuales infieren en el diseño de ángulo de reposo de talud.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE (y):</b> - Ángulo de reposo de talud</p> <p><b>DIMENSIONES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ángulo de reposo</li> <li>• Altura</li> </ul>	
---	--	--	---	--