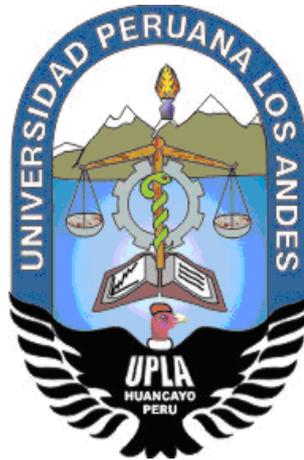


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MACIZO  
ROCOSO PARA EVALUAR LA ESTABILIDAD DEL  
TALUD - CARRETERA PE-3S TRAMO OROYA –  
HUANCAYO”**

**Línea de investigación institucional:**  
Transporte y Urbanismo

**PRESENTADO POR:**  
Bach. DANNY ERICK PÉREZ PÉREZ

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

**HUANCAYO – PERÚ**

**2020**

---

Ing. Rando Porras Olarte  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

A mi madre Elsa Olga Pérez Corilla y a mi hermano David por ser quienes me brindaron su apoyo incondicional para lograr cada objetivo.

**Bach. Pérez Pérez Danny Erick**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis docentes y jurados de la UPLA que me brindaron su apoyo, paciencia y consejos necesarios para la culminación de mi tema de investigación.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA  
**DECANO**

---

Ph. D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED  
**JURADO**

---

Ing. NATALY LUCIA CÓRDOVA ZORRILLA  
**JURADO**

---

Ing. JULIO FREDY PORRAS MAYTA  
**JURADO**

---

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

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>16</b>
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>16</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	17
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos.....	17
1.3. Justificación.....	17
1.3.1. Práctica o Social .....	17
1.3.2. Metodológica.....	18
1.4. Delimitaciones.....	18
1.4.1. Espacial .....	18
1.4.2. Temporal.....	19
1.4.3. Económica .....	19
1.5. Limitaciones .....	20
1.5.1. Espacial .....	20
1.6. Objetivos .....	20
1.6.1. Objetivo General .....	20
1.6.2. Objetivos Específicos.....	20
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>21</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
2.1. Antecedentes (nacionales e internaciones).....	21
2.2. Marco conceptual.....	28
2.3. Definición de términos.....	46
2.4. Hipótesis .....	49
2.4.1. Hipótesis General.....	49
2.4.2. Hipótesis Especifica(s).....	50

2.5. Variables .....	50
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	50
2.5.2. Definición operacional de la variable.....	51
2.5.3. Operacionalización de la variable .....	52
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>53</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>53</b>
3.1. Método de investigación.....	53
3.2. Tipo de investigación.....	53
3.3. Nivel de investigación.....	53
3.4. Diseño de investigación .....	53
3.5. Población y muestra.....	54
3.5.1. La población.....	54
3.5.2. La muestra .....	54
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	54
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	54
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	54
3.7. Procesamiento de información.....	55
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	55
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>56</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>56</b>
4.1. Datos generales de zona .....	56
4.1.1. Análisis de la resistencia a compresión de la roca intacta .....	58
4.1.2. Resultado del rock mass rating (RMR) .....	76
4.1.3. Cálculo de los factores de ajuste de la clasificación SMR (Romana, 1985) .....	80
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>87</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>87</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>90</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>91</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO N° 02: PANEL FOTOGRÁFICO</b>	<b>97</b>

<b>ANEXO N° 03: ENSAYOS</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO N° 04: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS USADOS EN ENSAYOS</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO N° 05: PLANOS</b>	<b>118</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa del Perú	18
<b>Figura 2.</b> Mapa de la región Junín	19
<b>Figura 3.</b> PE-3S tramo Oroya - Huancayo, KM 75+440 al KM 75+929	19
<b>Figura 4.</b> Definición ilustrativa de un macizo rocoso	29
<b>Figura 5.</b> Escala de rugosidad definida por perfiles de 10cm de longitud	30
<b>Figura 6.</b> Estimación de la rugosidad mediante peine de Barton	30
<b>Figura 7.</b> Esquema de los sistemas de refuerzo de un macizo de roca	39
<b>Figura 8.</b> Esquema general de falla planar	41
<b>Figura 9.</b> Esquema de falla por cuña	42
<b>Figura 10.</b> Esquema de falla por volteo	43
<b>Figura 11.</b> Correlación martillo de Schmidt con resistencia a compresión simple	45
<b>Figura 12.</b> Cálculo del peso de la muestra 1	59
<b>Figura 13.</b> Cálculo del peso de la muestra 2	60
<b>Figura 14.</b> Cálculo del peso de la muestra 3	60
<b>Figura 15.</b> Concentración de discontinuidades	63
<b>Figura 16.</b> Datos en la falsilla de Wulff	63
<b>Figura 17.</b> Resultado en la escala de coloración (muestra la concentración de los polos de las discontinuidades)	64
<b>Figura 18.</b> Superficie de concentración de polos (Familia N° 01)	64
<b>Figura 19.</b> Rumbo de la familia N° 01	65
<b>Figura 20.</b> Estereografía de la familia predominante N° 01	65
<b>Figura 21.</b> El diagrama muestra el buzamiento predominante	66
<b>Figura 22.</b> El diagrama muestra la dirección del buzamiento predominante	66
<b>Figura 23.</b> El diagrama muestra el espaciado de las discontinuidades	67
<b>Figura 24.</b> El diagrama muestra la persistencia de las discontinuidades	67
<b>Figura 25.</b> El diagrama muestra la alteración de las discontinuidades	68
<b>Figura 26.</b> El diagrama muestra la abertura de las discontinuidades	68
<b>Figura 27.</b> El diagrama muestra la rugosidad de las discontinuidades	69
<b>Figura 28.</b> El diagrama muestra el relleno de las discontinuidades	69
<b>Figura 29.</b> El diagrama muestra el agua de las discontinuidades	70

<b>Figura 30.</b> El diagrama muestra el tipo de estructuras de las discontinuidades	70
<b>Figura 31.</b> El diagrama muestra el resumen del procesamiento de los datos de campo	71
<b>Figura 32.</b> Fuerza de compresión unidimensional = 130 Mpa	74
<b>Figura 33.</b> Peine de Barton	74
<b>Figura 34.</b> Ábaco del peine de Barton	75
<b>Figura 35.</b> Rugosidad predominante: Tipo Lisa	76
<b>Figura 36.</b> Software Geotable para el procesamiento de datos de campo	77
<b>Figura 37.</b> Clasificaciones geomecánicas para el procesamiento de datos de campo	77
<b>Figura 38.</b> Cartilla RMR de Bieniawski para el procesamiento de datos de campo	78
<b>Figura 39.</b> Ingreso de datos en la Cartilla RMR de Bieniawski	78
<b>Figura 40.</b> Resultado del procesamiento de datos en la Cartilla RMR de Bieniawski, la puntuación es de RMR = 56	79
<b>Figura 41.</b> Reporte de la valoración en la Cartilla RMR de Bieniawski, RMR = 56	79
<b>Figura 42.</b> Reporte del tipo de macizo rocoso	80

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Ecuación para determinar el índice de calidad de las rocas (RQD)	32
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de Roca	32
<b>Tabla 3.</b> Ecuación alternativa (Cuando no hay sondeos):	32
<b>Tabla 4.</b> Parámetros y Valoración para Clasificación RMR	32
<b>Tabla 5.</b> Parámetro de Resistencia de la Roca Intacta	33
<b>Tabla 6.</b> Parámetro para RQD	33
<b>Tabla 7.</b> Parámetro para Espaciado de las Discontinuidades	33
<b>Tabla 8.</b> Parámetro de Estado de las Discontinuidades	33
<b>Tabla 9.</b> Parámetro de Flujo de Agua en las Juntas	34
<b>Tabla 10.</b> Ecuación para evaluar el macizo rocoso (RMR)	34
<b>Tabla 11.</b> Clasificación de RMR	34
<b>Tabla 12.</b> Factores de ajuste de la Clasificación SMR	35
<b>Tabla 13.</b> Ecuación para clasificar al talud (SMR)	35
<b>Tabla 14.</b> Clasificación de SMR	35
<b>Tabla 15.</b> Operacionalización de la variable independiente	52
<b>Tabla 16.</b> Operacionalización de la variable dependiente	52
<b>Tabla 17.</b> Muestra los resultados del pesaje en sus diferentes estados	58
<b>Tabla 18.</b> Muestra los datos para calcular el volumen de las muestras	58
<b>Tabla 19.</b> Propiedades Físicas	58
<b>Tabla 20.</b> Registro lineal de datos	61
<b>Tabla 21.</b> Datos para procesar en el Software Dips	62
<b>Tabla 22.</b> Datos de campo discontinuidad N° 1	75
<b>Tabla 23.</b> Procesamiento de los datos en la cartilla de clasificación SMR (Romana, 1985)	82
<b>Tabla 24.</b> Tabla de valores del SMR para cada tipo de rotura	83
<b>Tabla 25.</b> Clases de estabilidad según el SMR	84
<b>Tabla 26.</b> Medidas de corrección de taludes en roca	85
<b>Tabla 27.</b> Medidas de corrección propuestas según el SMR	86

## RESUMEN

Esta investigación respondió al problema general: ¿Cuál es el resultado de la estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud-carretera PE-3S tramo Oroya-Huancayo?, cuyo objetivo fue: Determinar el resultado de la estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud y la hipótesis general: De la estimación de las propiedades del macizo rocoso aplicando la cartilla del Slope Mass Rating se determina la estabilidad del talud.

El método general de investigación fue el científico, tipo aplicada, nivel explicativo correlacional, de diseño no experimental, la población conformada por km.75+440-75+929, la muestra no probabilística y no aleatoria se ubicó entre la km.75+620-75+650.

Como conclusión se obtuvo que el talud es de clase IIb, de calidad buena, con categoría de talud estable, a las roturas presentes en algunos bloques; el sostenimiento a instalar será de tipo ocasional pudiendo ser de pernos con malla metálica o shotcrete en lugares puntuales.

Palabras claves: Resistencia del macizo rocoso, estabilidad, talud

## **ABSTRACT**

This research responded to the general problem: What is the result of the estimation of the rock mass resistance to evaluate the stability of the slope-PE-3S road, Oroya-Huancayo section?, Whose objective was: To determine the result of the estimation of the resistance of the rock mass to evaluate the stability of the slope and the general hypothesis: The stability of the slope is determined from the estimation of the properties of the rock mass using the Mass Rating slope primer.

The general research method was scientific, applied type, correlational explanatory level, non-experimental design, the population made up of km.75 + 440-75 + 929, the non-probabilistic and non-random sample was located between km.75 + 620-75 + 650.

As a conclusion, it was obtained that the slope is class IIb, of good quality, with a stable slope category, at the breaks present in some blocks, the support to be installed will be of an occasional type, which may be bolts with metallic mesh or shotcrete in specific places.

Keywords: Rock mass resistance, stability, slope

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada: Estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo, surge a través de los 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.

En la Carretera PE-3S tramo Oroya – Huancayo un problema frecuente que vemos es el deslizamiento de rocas lo cual viene generando diversos accidentes de tránsito y retraso en los viajes.

Para comprender este proceso de investigación realizado, la presente tesis se distribuye en 5 capítulos los cuales tienen los siguientes contenidos:

En el Capítulo I, titulado planteamiento del problema en el que se explica sobre el problema, el planteamiento del problema, la formulación del problema, delimitación de la investigación, la justificación, las limitaciones y los objetivos de la

investigación, general y específicas. seguidamente se da conocer las delimitaciones espacial temporal y económica, así mismo se plantea las limitaciones de la investigación; finalmente se da conocer los objetivos tanto general como específicos

El Capítulo II, denominado marco teórico, está referido para los antecedentes nacionales e internacionales, el marco conceptual y la definición de términos; de igual manera en este capítulo se da conocer las hipótesis tanto general como específicas y para finalizar definiendo las variables y sus definiciones correspondientes.

En el capítulo III se da conocer sobre 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 Capítulo IV, se presentan los resultados producto de la investigación, se muestran los resultados del análisis y se proponen alternativas de mejora, se contrasta la hipótesis general y las específicas.

En el Capítulo V se discuten los resultados culminados la presente de investigación

Finalmente se muestran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

**Bach. Danny Erick Pérez Pérez**

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

En la actualidad, a menudo se observa y escucha que en varias ciudades del país las carreteras son afectadas por deslizamientos de taludes debido a diversos motivos ya sean fenómenos atmosféricos, movimientos telúricos. Como consecuencia de ello ocurren muchos accidentes debido a que estos taludes no cuentan con los estudios de la geomecánica: mecánica de suelos y rocas.

Muchas ciudades del Perú como Huancavelica, Ancash, Huánuco, Cusco, Huancayo, entre otras no cuentan con un adecuado estudio de geomecánica para la estabilización de taludes en carreteras. En consecuencia, de ello, ocasionan desastres, además trae consigo accidentes lo cual genera preocupación y molestia a los pobladores del área afectada. Por tal motivo, es necesario la revisión de estabilización de taludes en las carreteras afectadas.

Los deslizamientos y desprendimiento de rocas en taludes son fenómenos naturales que han estado siempre presentes en la historia de nuestro planeta, llegando a interferir con las actividades humanas, generando un alto económico y social, creando incomodidad en la población. En Huancayo la situación no es ajena a este tipo de fenómenos naturales.

La constante falla en los taludes es pan de cada día que soporta la población más aún en épocas de lluvias. El año pasado hubo presencia de caídas de rocas sobre la vía de la Carretera Central generando congestión vehicular e interrumpiendo el libre tránsito de la población.

Por estas razones se tiene la necesidad de realizar la estimación de resistencia del macizo rocoso para evaluar estabilidad del talud en la carretera PE-3S tramo Oroya- Huancayo.

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

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el resultado de la estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cuál es el resultado del análisis de la resistencia a compresión de la roca intacta para evaluar la estabilidad del talud?
- b) ¿Cuál es el resultado de la estimación del rock mass rating (RMR) para evaluar la estabilidad del talud?
- c) ¿Cuáles son los resultados de los factores de ajuste de las juntas para evaluar la estabilidad del talud?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica o Social**

La investigación se justifica en la parte práctica ya que con el desarrollo se busca solucionar el problema del desprendimiento de masas rocosas lo cual interrumpe la libre transitabilidad vehicular generando accidentes, incluso ocasiona pérdidas humanas.

### 1.3.2. Metodológica

En la parte metodológica el sustentante hará uso de metodologías propias tanto para la toma de datos de campo in situ, 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 : Jauja

Distrito : Huaripampa

Anexo : Centro poblado Antaera

Carretera: PE 3S Tramo Oroya – Huancayo km 75+440 al km 75+929



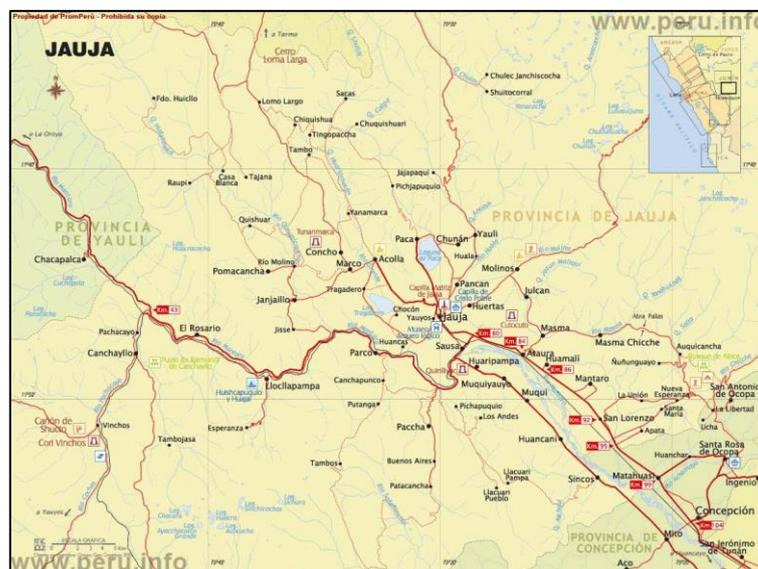
**Figura 1.** Mapa del Perú

Fuente: Google imágenes



**Figura 2.** Mapa de la región Junín

Fuente: Google imágenes



**Figura 3.** PE-3S tramo Oroya - Huancayo, KM 75+440 al KM 75+929

Fuente: Google imágenes

#### 1.4.2. Temporal

La investigación se desarrollará en el año 2020 entre los meses de febrero y abril.

#### 1.4.3. Económica

Para el desarrollo de la investigación el tesista asumirá los gastos en su totalidad.

## **1.5. Limitaciones**

### **1.5.1. Espacial**

Por motivos de la pandemia no se puede tener mayor acceso a la zona de la investigación, debido a la falta de transporte público.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar el resultado de la estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya – Huancayo.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a) Efectuar el análisis de la resistencia a compresión de la roca intacta para evaluar la estabilidad del talud.
- b) Estimar el resultado del rock mass rating (RMR) para evaluar la estabilidad del talud.
- c) Calcular los resultados de los factores de ajuste de las juntas para evaluar la estabilidad del talud

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes (nacionales e internaciones)**

##### **A) Antecedentes internacionales**

(Rojas, 2015), sustentó su Tesis: "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" en La Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 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:

➤ “Estudio del 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 y sus objetivos específicos son”:

- Establecer los tipos de deslizamientos.
- Definir el área de deslizamientos.
- Determinar las características del suelo.
- Definir un método de diseño aplicable a la estabilización del talud.
- Establecer las condiciones geotécnicas y geológicas.

Producto de su investigación concluye que:

➤ “El talud en sus condiciones actuales causa problemas a la libre circulación vehicular afectando tiempos de recorrido, comodidad y seguridad de las personas por encontrarse con deslizamientos en la vía según el cuadro N° 2 donde indica el número de deslizamientos producidos en el talud que han sido alrededor de 47 deslizamientos al año”.

➤ “La inexistencia de las cunetas de coronación a lo largo de toda la vía en un 100% causa daños directamente al talud al no poseer una fuente de evacuación de aguas lluvias ocasionando erosión en el suelo del talud y por ende el desmoronamiento de la superficie del talud”.

➤ “El talud de corte es realizado en suelos tipo arena limosa y rocas fracturadas, con características mecánicas pobres, las mismas que se ven reflejados en los ensayos de laboratorio en el anexo N°1”.

➤ “En general la corona de los taludes tiene una cobertura de tierra vegetal color negro con un espesor promedio de 2 m, como se puede ver en el cuadro N° 3”.

➤ “El tendido de la inclinación del talud influye mejorando los factores de seguridad, en el caso de la sección km. 30+170, para alturas de corte de 13.00 m., con inclinación 0.33H: 1.00V, los factores de seguridad son bajos, cuando se tiende el talud a inclinación 0.75H: 1.00V el factor de seguridad crece”.

➤ “Dentro de los modelos aplicables para estabilización de taludes para una mayor exactitud de resultados entre los modelos aproximados y de solución se debe considerar con prioridad los métodos exactos como se puede ver en la tabla N° 10 que es de 1,904 el factor de seguridad aplicando el método de solución Morgenstern & Price”.

(Vaca, 2018), 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 geoestadísticos 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 geoestadístico considerando las diferentes condiciones geomecánicas de los taludes”.

➤ “Aportar información sobre los macizos rocosos, a través de este estudio, para aplicarlo en diferente 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 geoestadísticos 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 geoestadísticos 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”.

## **B) Antecedentes nacionales**

(Alvarado & Cornejo, 2014), sustentaron su Tesis: "Estabilización de taludes en la Costa Verde – Callao tramo. Av. Santa Rosa – Jr. Virú. (1.3 km)" en La Universidad San Martín de Porres - Facultad de Ingeniería 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:

➤ “Elaborar el estudio para la estabilización de talud entre la Av. Santa Rosa – Jr. Virú (1.3 Km); que permitirá evitar el riesgo de vidas e incrementar la calidad de vida de la población asimismo la obstrucción del tránsito de acuerdo a las normas vigentes del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y otras normas relacionadas y sus objetivos específicos son”:

➤ “Estudio del comportamiento del tipo de suelo que hay en los taludes para determinar su pendiente”.

➤ “Estabilizar el talud del tramo de estudio con la finalidad de evitar accidentes por desprendimiento de rocas”.

➤ “Estabilizar el talud del tramo de estudio para mitigar el impacto ambiental negativo de la zona”.

➤ “Diseñar el talud con la finalidad de minimizar costos del proyecto”.

Producto de su investigación concluye que:

➤ “En el caso de secciones críticas deberá como mínimo cortar el material que esté por encima de la línea que une el pie del talud con un punto ubicado a aproximadamente 3 m, medidos horizontalmente por delante del edificio involucrado”.

➤ “En el caso de secciones, deberá lograr un ángulo de  $47^\circ$  para poder asegurar que no habrá algún desprendimiento de materiales, será necesario la colocación de tierra vegetal para favorecer el crecimiento de césped que controle la estabilidad local (caída eventual de piedras)”. “Según el análisis realizado, una solución para estabilizar la capa de 0.15 m. de terreno vegetal será la aplicación de geomallas y geomantas para la mejor adaptación del césped”.

➤ “La solución adoptada en este proyecto propone una solución integral al problema de estabilidad global y vegetalización de la Costa Verde; sin embargo, soluciones de este tipo presentan montos elevados, por lo que se estimó necesario realizar el presupuesto del proyecto para poder tener un orden de magnitud del costo en caso se realicen obras de este tipo”.

➤ “Este presupuesto demuestra que la partida de mayor incidencia en proyectos de este tipo es la de movimientos de tierras, sobre todo en zonas urbanas como Lima debido a que no se puede simplemente cortar y rellenar el material a una distancia corta sino que es necesario mover el material hasta botaderos especiales por lo que de tomar la decisión de realizar un proyecto de este tipo sería justificable la realización de un estudio para implementación de botaderos más cercanos a la obra, pudiendo analizar la posibilidad de ampliar artificialmente las playas de Barranco y Miraflores con el material de desecho”.

(Torres, 2019), sustentó su Tesis: "Estabilidad de taludes para mejorar la transitabilidad y seguridad en los tramos críticos de la carretera Montesecco, distrito Catache" en La Universidad César Vallejo - Facultad de Ingeniería, Escuela Académico 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:

➤ “Diseñar el sistema de estabilización de talud con mayor índice de inestabilidad en los tramos críticos de la Carretera Montesecco, Distrito de Catache y sus objetivos específicos son”:

➤ “Realizar los estudios preliminares para la estabilidad de taludes en los tramos críticos de la Carretera Montesecco, Distrito de Catache”.

➤ “Calcular el factor de seguridad mediante el método equilibrio limite, con la ayuda del software GEO5 – ESTABILIDAD DE TALUDES, del talud con mayor índice de inestabilidad en los tramos críticos de la Carretera Montesecco, Distrito Catache”.

➤ “Plantear métodos de estabilización complementarios para estabilidad de taludes en los tramos críticos de la Carretera Montesecco, Distrito Catache”.

Producto de su investigación concluye que:

➤ “De los resultados en el laboratorio, según SUCS el material del talud analizado es Arcilla de baja plasticidad con arena y según AASHTO es un material MALO, de lo cual se desprende que, con el paso del tiempo y los constantes cambios de clima, el material siga asentando y ocurra un posible deslizamiento en gran masa”.

➤ “De los resultados obtenidos en la topografía, los taludes se clasifican como terrenos escarpados y accidentados, con pendientes mayores al 100% y que presentan erosión en la corona, esto debido a que no cuentan con obras de drenaje superficial, pudiendo ocasionar un deslizamiento, asimismo se identificó el tipo de falla del talud más crítico el cual presenta grietas de tracción siendo estos rasgos premonitorios del desencadenamiento de movimientos en masa, particularmente en el caso de deslizamiento rotacional”.

➤ “Se realizó el análisis de estabilidad de talud más crítico, mediante el software GEO5 – ESTABILIDAD DE TALUDES, para determinar el factor de seguridad (FS) mediante el método Equilibrio Limite, resultando menor a 1.50 para solicitaciones estáticas y 1.25 para solicitaciones dinámicas, que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones”, CE 0.20 “Estabilización de suelos y Taludes”.

➤ “Se diseñó un muro de gaviones para estabilizar el talud más crítico, analizándose en el software en conjunto con el talud, mostrando resultados aceptables, escogiéndose este sistema como el más factible para la zona, ya que se encuentra próximo el río Zaña que hace el abastecimiento de la piedra de canto”.

➤ “Asimismo, se planteó métodos de estabilización complementarios para garantizar la seguridad del servicio vial, concluyéndose que el sistema y métodos de estabilización complementarios resultan ser de bajos costos ya que el material que ocupa el muro de gaviones (piedra de canto) se encuentra en la zona de estudio, así como también la mano de obra”.

## **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)

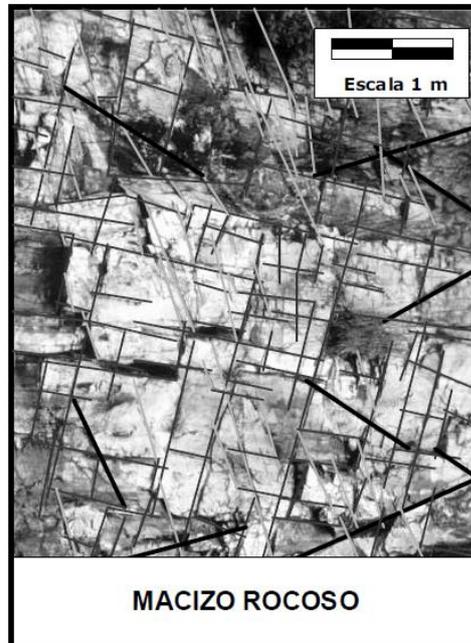
### **➤ Matriz rocosa**

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 pueden presentar propiedades heterogéneas y/o anisótropas. (Ramírez & Alejano, 2004, pág. 17)



**Figura 4.** Definición ilustrativa de un macizo rocoso

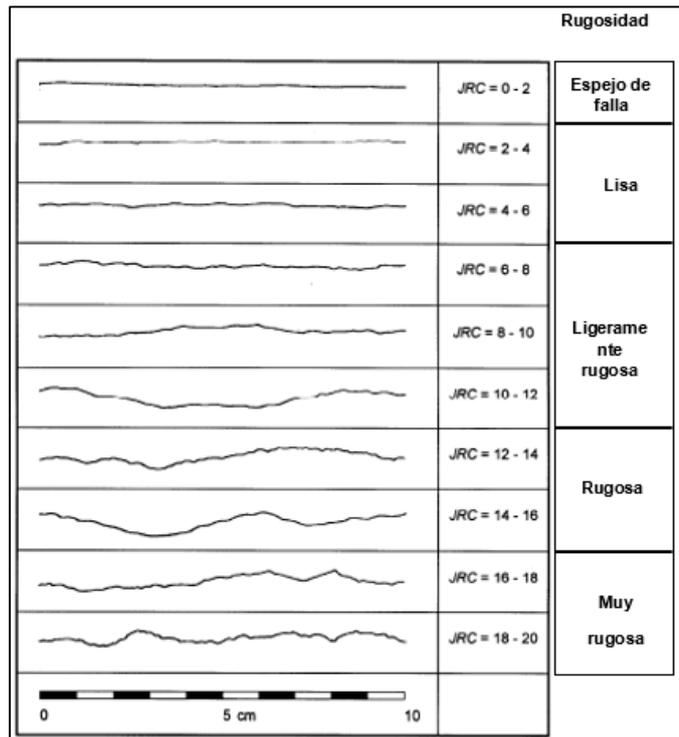
Fuente: (Ramírez & Alejano, 2004)

➤ **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)

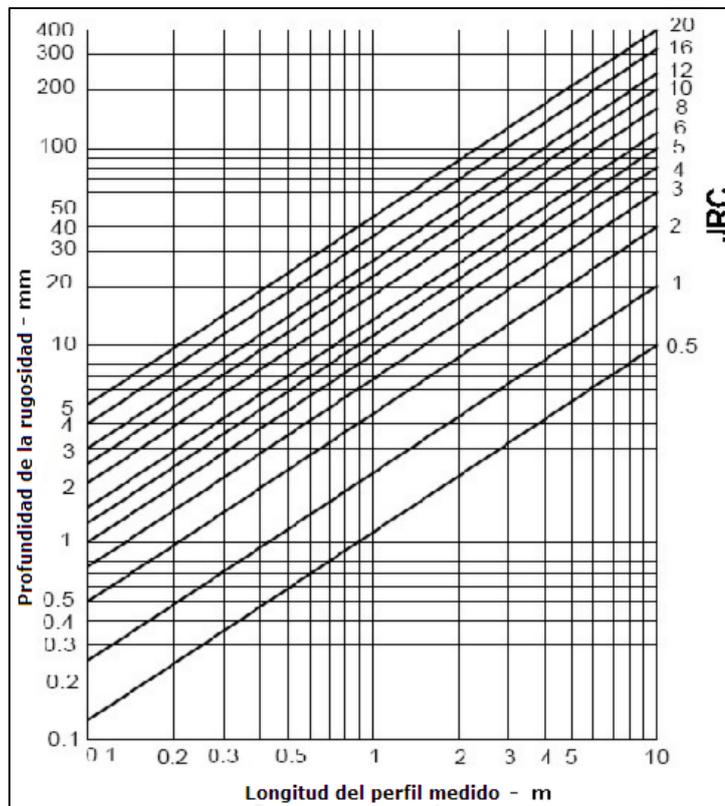
➤ **Rugosidad**

La rugosidad corresponde a la aspereza o irregularidad que ocurre en la superficie de las discontinuidades, es así que, entre menor rugosidad tenga una discontinuidad, la competencia del macizo rocoso es menor y entre mayor rugosidad tenga la discontinuidad, la competencia del macizo rocoso es mayor.



**Figura 5.** Escala de rugosidad definida por perfiles de 10cm de longitud

Fuente: Barton. N & Choubey V., 1989



**Figura 6.** Estimación de la rugosidad mediante peine de Barton

Fuente: Barton N. & Choubey V., 1989

➤ **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 tienden 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.

**Tabla 1.** Ecuación para determinar el índice de calidad de las rocas (RQD)

Método	Función
Rock quality designation	$RQD = \frac{\Sigma(\text{longitud fragmentos} \geq 10\text{cm})}{\text{longitud total perforada}} \times 100$
	RQD = Rock quality designation

Fuente: Deere, 1967

**Tabla 2.** Clasificación de Roca

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

Fuente: Deere, 1967

**Tabla 3.** Ecuación alternativa (Cuando no hay sondeos):

Método	Función
	$RQD = 115 - 3.3Jv \quad \text{para } Jv > 4.5$
Rock quality designation	$RQD = 100 \quad \text{para } Jv < 4.5$
	$Jv = \text{número de juntas identificadas en el macizo rocoso por m}^3$

Fuente: Deere, 1967

### ➤ Evaluación del Macizo rocoso, RMR (Rock Mass Rating)

**Tabla 4.** Parámetros y Valoración para Clasificación RMR

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

Fuente: Z.T. Bieniawski, 1989

**Tabla 5. Parámetro de Resistencia de la Roca Intacta**

<b>Parámetro</b>	<b>Rango de valores</b>						
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

Fuente: Z.T. Bieniawski, 1989

**Tabla 6. Parámetro para RQD**

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

Fuente: Z.T. Bieniawski, 1989

**Tabla 7. Parámetro para Espaciado de las Discontinuidades**

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

Fuente: Z.T. Bieniawski, 1989

**Tabla 8. Parámetro de Estado de las Discontinuidades**

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

Fuente: Z.T. Bieniawski, 1989

**Tabla 9. Parámetro de Flujo de Agua en las Juntas**

Parámetro	Rango de valores				
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

Fuente: Z.T. Bieniawski, 1989

**Tabla 10. Ecuación para evaluar el macizo rocoso (RMR)**

Método	Función
Rock Mass Rating	$RMR = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$ RMR = Rock Mass Rating

Fuente: Z.T. Bieniawski, 1989

**Tabla 11. Clasificación de RMR**

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

Fuente: Z.T. Bieniawski, 1989

➤ **Clasificación de taludes (SMR)**

- Permite evaluar la estabilidad de una excavación.

El índice SMR incluye cuatro factores de ajuste:

- Factor de ajuste de las juntas:

F1: depende del paralelismo entre el rumbo de las juntas y de la cara del talud

F2: depende del buzamiento de la junta en la rotura plana

F3: refleja la relación entre los buzamientos de la junta y el talud.

Factor de ajuste según el método de excavación

F4: establecido empíricamente

Utiliza los mismos cinco factores de puntuación que el RMR:

- 1) La resistencia a compresión simple de la roca intacta

- 2) El Rock Quality Designation (RQD)
- 3) El espaciado de las discontinuidades
- 4) El estado de las discontinuidades
- 5) Las condiciones hidráulicas de las discontinuidades

**Tabla 12. Factores de ajuste de la Clasificación SMR**

<b>SMR = RMR<sub>b</sub> + (F<sub>1</sub> x F<sub>2</sub> x F<sub>3</sub>) + F<sub>4</sub> (ROMANA, 1985)</b>						
FACTORES DE AJUSTE DE LAS JUNTAS (F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , F <sub>3</sub> )	TALUD		JUNTA			
	$\alpha_1 / \beta_1$		$\alpha_2 / \beta_2$			
			$\alpha_1$ = DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\alpha_2$ = DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO DEL TALUD $\beta_1$ = BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\beta_2$ = BUZAMIENTO DEL TALUD			
	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	NORMAL	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE	
ROTURA PLANA VUELCO	$ \alpha_j - \alpha_s  =$ $ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ  =$	> 30°	30° - 20°	20° - 10°	10° - 5°	< 5°
VALORES		0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
AJUSTE ANALÍTICO		$F_1 = (1 - \text{sen }  \alpha_j - \alpha_s )^2$				
VALORES	$ \beta_j  =$	< 20°	20° - 30°	30° - 35°	35° - 45°	> 45°
ROTURA PLANA VUELCO		0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
AJUSTE ANALÍTICO		$F_2 = \text{tg}^2 \beta_j$				
ROTURA PLANA VUELCO	$\beta_j - \beta_s =$ $\beta_j + \beta_s =$	> 10° < 110°	10° - 0° 110° - 120°	0° > 120°	0° - (-10°) -	< (-10°) -
VALORES		0	-6	-25	-50	-60
AJUSTE ANALÍTICO		$F_3 =$ (SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79)				
FACTOR DE AJUSTE POR EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN		$F_4 =$ VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN				
	TALUD NATURAL	PRECORTE	VOLADURA SUAVE	VOLADURA MECÁNICA	VOLADURA DEFICIENTE	
	+ 15	+ 10	+ 8	0		

Fuente: Romana, 1985

**Tabla 13. Ecuación para clasificar al talud (SMR)**

Método	Función
SMR	$SMR = RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$

Fuente: Romana, 1985

- **Relación entre el índice SMR y la estabilidad del talud.**

**Tabla 14. Clasificación de SMR**

SMR	Estabilidad
100-81	totalmente estable
80-61	estable
60-41	parcialmente estable
40-21	inestable
<20	totalmente inestable

Fuente: Romana, 1985

## ➤ **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, pata 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”.

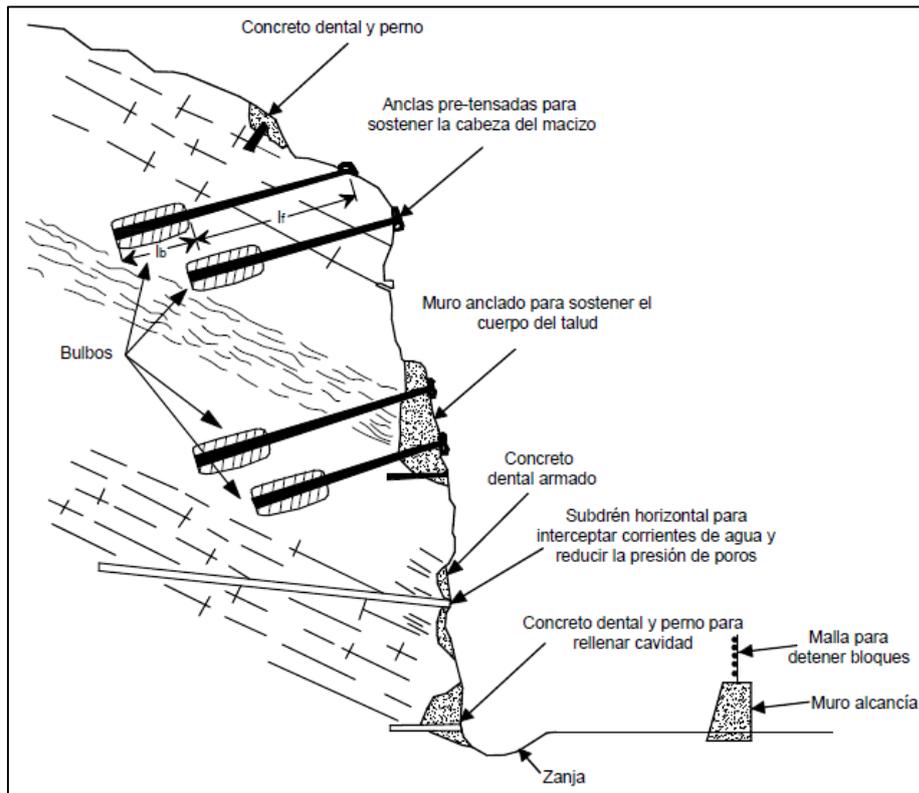
“Variación del nivel freático: Situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre”.

“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)

➤ **Control de caídos y Deslizamientos en Roca**

“Los caídos de roca representan una de las amenazas que producen un mayor riesgo para la integridad de las personas, especialmente en las vías de comunicación”.

“El control de caídos y deslizamientos de roca está destinado a disminuir los niveles de riesgo existente una gran cantidad de tecnologías de estabilización y de manejo de las amenazas y riesgos en los taludes en rocas. Con un buen diseño basado en un análisis racional, se pueden minimizar las amenazas para obtener un nivel de riesgo determinado”. (Suarez, 2009, pág. 351)



**Figura 7.** Esquema de los sistemas de refuerzo de un macizo de roca

Fuente: Suarez, 2009

### ➤ Mecanismos de falla

“La falla de los taludes en roca en la mayoría de los casos será controlada por la estructura de su sistema de discontinuidades. Dependiendo de la escala de las discontinuidades del macizo de roca puede ocurrir una falla localizada de bloques inestables que involucre volúmenes pequeños de material o fallas en gran escala que afecten taludes completos”.

Para el análisis de fallas en macizos de roca se recomienda utilizar el siguiente procedimiento:

- Determinar los grupos de juntas más “significativos”, evaluando su valor relativo dentro de la familia de las juntas, en cuanto a posibilidad de ocurrencia de un movimiento.

- Para cada grupo determinar su orientación, buzamiento, espaciamiento, persistencia, abertura, resistencia al corte, etc.
- Estudiar por medio de bloques en el espacio las diversas posibilidades de ocurrencia de fallas.
- Hacer el análisis de estabilidad de ocurrencia de fallas.
- Hacer el análisis de estabilidad de cada uno de los bloques identificados. (Suarez, 2009, pág. 352)

➤ **Mecánica de los deslizamientos y caídos de roca**

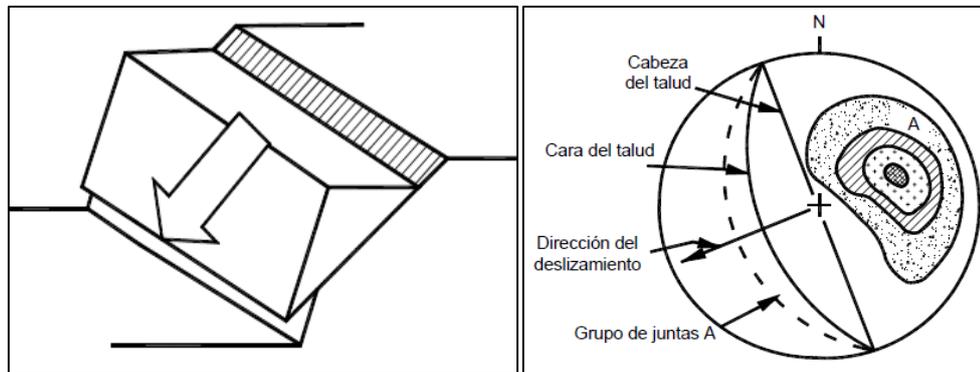
“El modo de falla de un talud en roca depende principalmente de las características de las discontinuidades o estructura de la roca, entre las cuales deben analizarse las siguientes”:

- Presencia de familias de discontinuidades.
- Orientación de los grupos de discontinuidades con relación a la fachada del talud.
- Espaciamiento de las discontinuidades en las tres dimensiones
- Resistencia al cortante de las paredes de las discontinuidades.
- Persistencia de las discontinuidades. (Suarez, 2009, pág. 352)

➤ **Fallas planares**

“La falla planar es la falla por desplazamiento de la roca sobre la discontinuidad. Es una falla planas una masa o un bloque de roca se mueve a lo largo de una superficie planar basal. Esta falla se puede analizar como una superficie recta”. “Debe analizarse la proporción de discontinuidad intacta, separada o rellena y las propiedades de fricción y cohesión a lo largo de cada sector homogéneo de discontinuidad”.

“El tipo de falla planar corresponde a mecanismos traslacionales y ocasionalmente rotacionales a lo largo de superficies estructurales más débiles, donde la resistencia al cortante es menor y existe susceptibilidad al desplazamiento”. (Suarez, 2009, pág. 354)



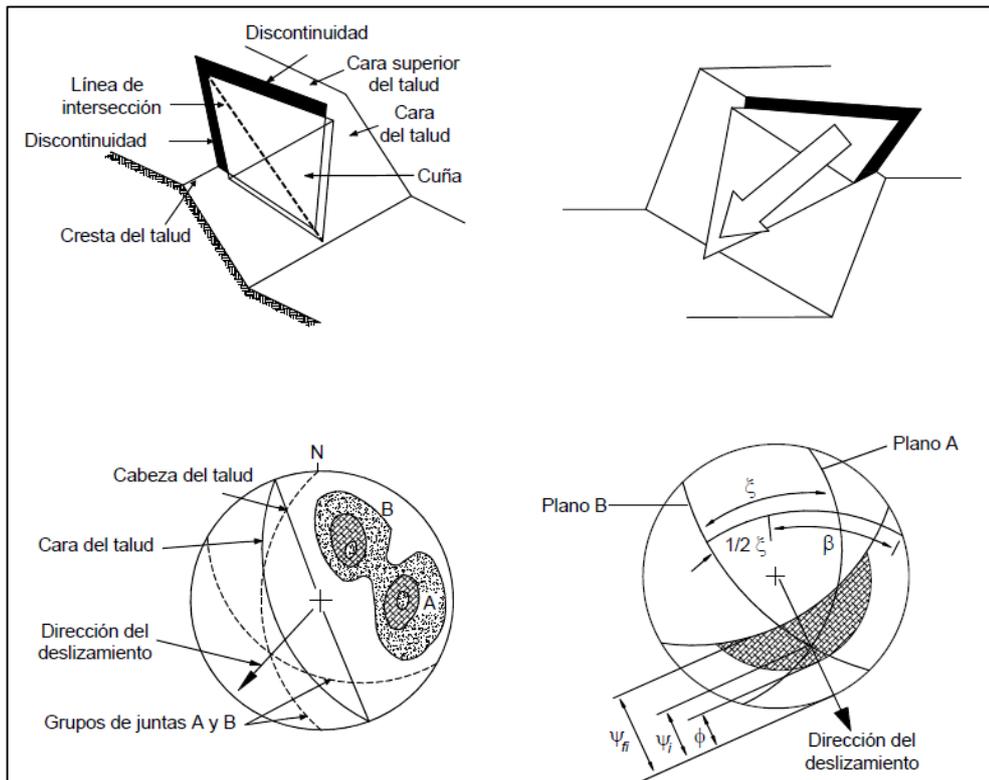
**Figura 8.** Esquema general de falla planar

Fuente: Suarez, 2009

#### ➤ Fallas en cuña

“Un caso importante y común de falla de roca sucede cuando la intersección de planos de discontinuidad forma un vértice en dirección hacia afuera del talud. En la falla en cuña el movimiento ocurre en la dirección de la línea de contacto entre dos familias de discontinuidades”.

“En estos casos se puede producir una falla de una cuña, aun cuando los planos de discontinuidad sean independientemente estables. Generalmente, el buzamiento de la línea de intersección es inferior a las discontinuidades, pero la dirección es hacia la superficie del talud.” (Suarez, 2009, pág. 358)



**Figura 9.** Esquema de falla por cuña

Fuente: Suarez, 2009

### ➤ Fallas con superficie curva

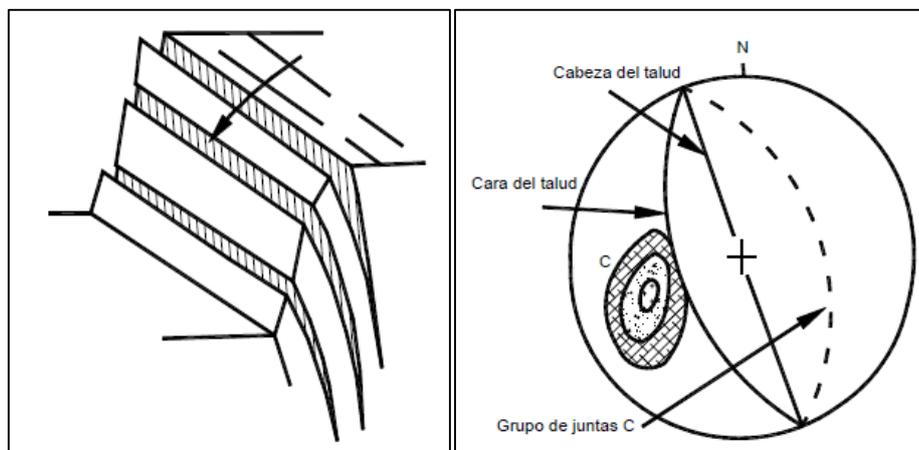
“Este tipo de mecanismos de falla es muy común en suelos también puede ocurrir en masas de roca generalmente como la etapa final de algunos de los mecanismos indicados anteriormente, especialmente en rocas blancas y meteorizadas”.

“Las fallas con superficie curva ocurren con frecuencia en macizos de roca blanda o cuando los patrones de discontinuidades son aleatorios, o que sea que no existen familias de discontinuidades”. (Suarez, 2009, pág. 362)

➤ **Falla por inclinación (Toppling)**

“La falla al volteo es un mecanismo de falla muy común en macizos de roca y se caracteriza por la inclinación de estructuras semi - verticalizadas como resultado de la acción de la gravedad”. (Suarez, 2009, pág. 362)

“La inclinación generalmente está acompañada por falla al cortante, en la interface entre capas perturbadas sucesivas dentro de la masa de roca”. (Caine, 1982)



**Figura 10.** Esquema de falla por volteo

Fuente: Suarez, 2009

➤ **Falla por colapso de la estructura**

El hundimiento, alabeo o flexión de la estructura de la roca conocido con el nombre de “Sagging” ocurre como un resultado de la falla interna dentro de la masa de roca, la cual causa un colapso dentro de ella. Como resultado se desarrollan agrietamientos, los cuales se extienden a toda la masa de roca inestable sin que exista una superficie claramente identificable de movimiento. (Voight, 1979)

➤ **Caídos de roca**

“Los bloques de roca que se sueltan de la fachada de un talud y caen por caída libre, a golpes o rodando son una amenaza muy importante, especialmente en vías de comunicación”.

“Generalmente, los caídos se inician por un cambio en las fuerzas que actúan sobre un bloque o una masa de roca, estos cambios de fuerzas están asociados con fenómenos climáticos, eventos biológicos o actividades de construcción”.

Causas de los caídos:

- Incremento de la presión de poros en las juntas debido a la lluvia.
- Cambios de temperatura.
- Descomposición química de la roca en los climas tropicales húmedos.
- Crecimiento de las raíces dentro de las juntas.
- Movimiento del viento
- Vibraciones debidas a actividades de construcción o voladuras.
- Sismos. (Suarez, 2009, pág. 372)

➤ **Factor de seguridad (F.S.)**

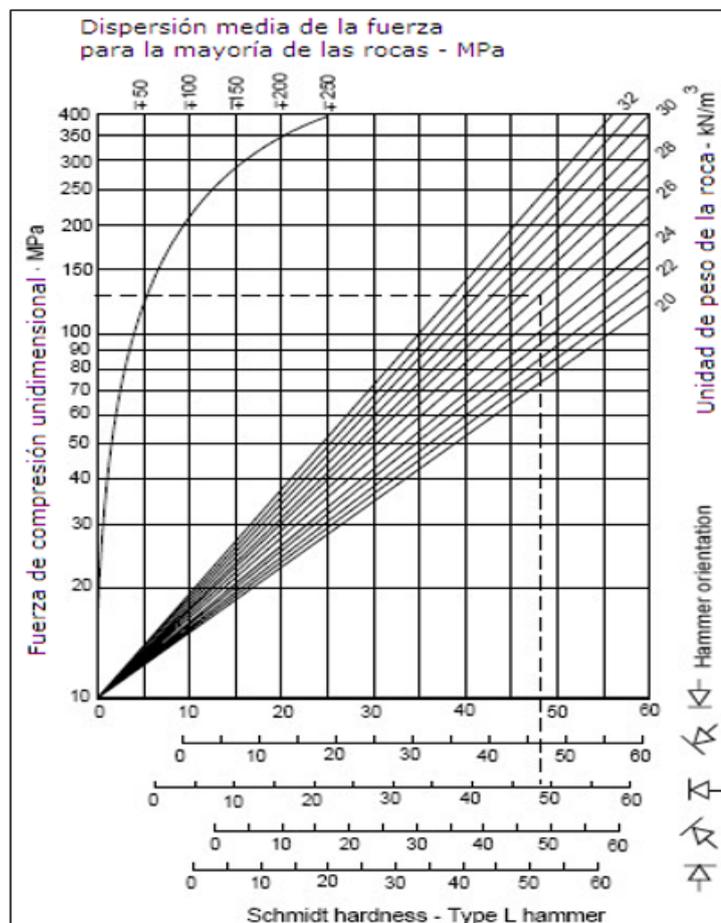
“Para taludes permanentes, el coeficiente de seguridad a adoptar debe ser igual o superior a 1.5, e incluso 2.0, dependiendo de la seguridad exigida y de la confianza que se tenga en los datos geotécnicos que intervienen en los cálculos; para taludes temporales el factor de seguridad

está en torno a 1.3, pero en ocasiones pueden adoptarse valores inferiores”.

“El sistema de equilibrio limite 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)

➤ **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 11.** Correlación martillo de Schmidt con resistencia a compresión simple

Fuente: Miller, 1965

## 2.3. Definición de términos

### ➤ **Roca**

Agregado sólido, formado por uno o varios minerales, que se encuentra ocupando grandes extensiones de la corteza terrestre.

### ➤ **Resistencia**

Es el esfuerzo que soporta una roca para determinadas deformaciones.

### ➤ **Talud**

Superficie inclinada en una excavación o en una explanación.

### ➤ **Estabilidad**

Estado y condición de una estructura o de una masa de material cuando puede soportar los esfuerzos aplicados durante largo tiempo sin sufrir deformaciones o movimiento apreciable que no se recupere o devuelva al retirar la carga.

### ➤ **Planos de estratificación**

Dividen en capas o estratos a las rocas sedimentarias.

### ➤ **Fallas**

Son fracturas que han tenido desplazamiento. Estas son estructuras menores que se presentan en áreas locales o estructuras importante que puede atravesar todo el macizo rocoso.

### ➤ **Diaclasas**

También denominadas juntas, son fracturas que no han tenido desplazamientos y que las más comúnmente presentan en la masa rocosa.

➤ **Orientación**

Es la posición de la discontinuidad en el espacio y comúnmente es descrito por su rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación o en otras palabras son aproximadamente paralelas, se dice que estas forman un “sistema” o una “familia”.

➤ **Espaciado**

Es la discontinuidad perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuando menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuando más espaciado tengan, los boques serán más grandes.

➤ **Persistencia**

Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea esta, será menos estable.

➤ **Rugosidad**

Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanto menor rugosidad tenga una discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea esta, la masa rocosa será más competente.

➤ **Apertura**

Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presente. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores y a mayor apertura, las condiciones serán más desfavorables.

➤ **Relleno**

Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. Cuando los materiales son suaves, la masa rocosa es menos competente y cuando estos son más duros, esta es más competente.

➤ **Filtraciones**

Flujos de agua y humedad visibles en las discontinuidades individuales o en la masa rocosa en conjunto.

➤ **Buzamiento**

Es el ángulo que forma la línea de máxima pendiente de una superficie de un estrato, filón o falla con su proyección sobre el plano horizontal.

➤ **RMR**

EL Rock Mass Rating (RMR) es una clasificación geomecánica de Bieniawski o clasificación RMR fue desarrollada en 1973, actualizada en 1989 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.

➤ **SMR**

El Slope Mass Rating o SMR es una clasificación geomecánica desarrollada por el profesor Dr. Manuel Romana Ruiz en el año 1985 para caracterizar taludes excavados en roca. El sistema hace uso de la ampliamente utilizada Rock Mass Rating (RMR).

➤ **Factor de ajuste F1**

Depende del paralelismo entre el rumbo de las juntas y de la cara del talud. Varía entre 1.00 (cuando ambos rumbos son paralelos) y 0.15

(cuando el ángulo entre ambos rumbos es mayor a  $30^\circ$  y la probabilidad de falla es muy bajo).

➤ **Factor de ajuste F2**

Depende del buzamiento de la junta en la falla plana. En cierto sentido es una medida de la probabilidad de la resistencia a esfuerzo cortante de la junta. Varía entre 1.00 (para juntas con buzamiento superior a  $45^\circ$ ) y 0.15 (para juntas con buzamiento inferior a  $20^\circ$ ), F2 vale 1.00 para fallas por vuelco.

➤ **Factor de ajuste F3**

Refleja la relación entre los buzamientos de la junta y el talud. Cuando un talud buza más que las juntas, casi todas afloran y las condiciones “serán muy desfavorables” lo que supone un valor de F3 de -60 (para  $b_s - b_j > 10^\circ$ ), o “desfavorables” lo que supone un valor -50 (para  $0 < b_s - b_j < 10^\circ$ ). La diferencia con el valor de F3 “normal” (que es -25) es muy grande.

➤ **Factor de ajuste F4**

Este método F4 califica de la siguiente manera: Talud Natural supone un valor de +15, Precorte supone un valor de +10, Voladura Suave supone un valor de +8, Voladura mecanizada supone un valor de 0 y Voladura deficiente supone un valor de -8.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

De la estimación de la resistencia del macizo rocoso se determina la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya – Huancayo.

## **2.4.2. Hipótesis Específica(s)**

- a) Del análisis de la resistencia a compresión de la roca intacta se establece los esfuerzos inducidos los cuales sirven para evaluar la estabilidad del talud.
- b) La estimación de el parámetro del rock mass rating (RMR) permite realizar la clasificación del macizo rocoso el cual sirve para evaluar la estabilidad del talud.
- c) Los factores de ajuste de las juntas permiten determinar el ángulo de talud y de reposo para evaluar la estabilidad del 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**

### **TALUD**

Un talud es cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal adoptando esa posición de forma temporal o permanente y con estructura de suelo o de roca.

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

### **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.

### **TALUD**

El campo de la estabilidad de taludes 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 ingeniería geológica – geotécnica.

### 2.5.3. Operacionalización de la variable

**Tabla 15.** Operacionalización de la variable independiente

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
MACIZO ROCOSO	<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.</p> <p>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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resistencia a la compresión no confinada de la roca intacta (<math>\sigma_{ci}</math>)</li> <li>▪ Parámetro de la roca intacta (<math>m_i</math>)</li> <li>▪ Índice de resistencia geológica (GSI)</li> <li>▪ Factor de perturbación (D)</li> <li>▪ Rock mass rating (RMR)</li> <li>▪ Factores de ajuste de las juntas</li> </ul>	<p>Mpa</p> <p>S/U</p> <p>Puntos</p> <p>S/U</p> <p>Puntos</p> <p>S/U</p>

Fuente: Elaboración propia, 2020

**Tabla 16.** Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
TALUD	<p>Un talud es cualquier superficie inclinada con respecto a la horizontal adoptando esa posición de forma temporal o permanente y con estructura de suelo o de roca.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ángulo de talud</li> <li>▪ Ángulo de reposo</li> </ul>	<p>Grados (°)</p> <p>Grados (°)</p>

Fuente: Elaboración propia, 2020

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

El método general de estudio será el método científico, según Sabino (2008, p. 19) dice “Método científico es la estrategia de la investigación y es independiente del tema que se estudia”. Sin embargo, cada disciplina científica tiene unas características propias, por lo que los instrumentos a emplear en cada caso diferirán en mayor o menor medida”.

#### **3.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación por la naturaleza del estudio será aplicado, según Carrasco (2005), “ella trata de comprender y resolver el problema”.

#### **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 describe el procedimiento de la toma de datos y el procesamiento de la información con la finalidad de buscar la relación de las variables.



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**

La población de la presente investigación está comprendida entre las siguientes progresivas 75+440 al 75+929 de la carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo.

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

La muestra será no probabilística, el tipo de muestreo será por interés, según Sánchez y Reyes (2006) la muestra se encuentra conformada por 30m establecida por las progresivas 75+620 al 75+650 de la carretera PE-3S tramo Oroya – Huancayo.

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

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

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

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

- Fichas de observación
- Ficha de registro de datos
- Guía de observación o de campo

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

Se realizó en los Softwares tales como:

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

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

- Descarga de datos
- Exportas datos a los programas especializados
- Interpretación resultados

## **CAPÍTULO 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

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.

Si se calcina (se lleva a alta temperatura), la caliza da lugar a cal (óxido de calcio impuro, CaO).

### Descripción petrográfica

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

#### 4.1.1. Análisis de la resistencia a compresión de la roca intacta

##### A-Propiedades de las muestras

**Tabla 17.** Muestra los resultados del pesaje en sus diferentes estados

N° de muestra	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
<b>M saturado</b>	243.70	291.42	68.30
<b>M roca</b>	243.00	290.92	68.13
<b>M seco</b>	242.37	290.06	67.88
<b>M sumergido</b>	148.52	176.95	40.93

Fuente: Ensayo de laboratorio GeoTest V S.A.C.,2020

**Tabla 18.** Muestra los datos para calcular el volumen de las muestras

N° de Muestra	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)
<b>Muestra 1</b>	600	680
<b>Muestra 2</b>	600	700
<b>Muestra 3</b>	600	680

Fuente: Ensayo de laboratorio GeoTest V S.A.C.,2020

##### B-Propiedades Físicas

**Tabla 19.** Propiedades Físicas

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
<b>Densidad del agua</b>	1189.75	1144.7	1368.5
<b>Volumen de vacíos</b>	0.00111788	0.00118808	0.00030691
<b>Contenido de agua %</b>	0.25993316	0.29649038	0.36829699
<b>Grado de saturación%</b>	7056.39098	8316.91176	6416.66667
<b>Porosidad %</b>	1.39735238	1.18808421	1.53452685

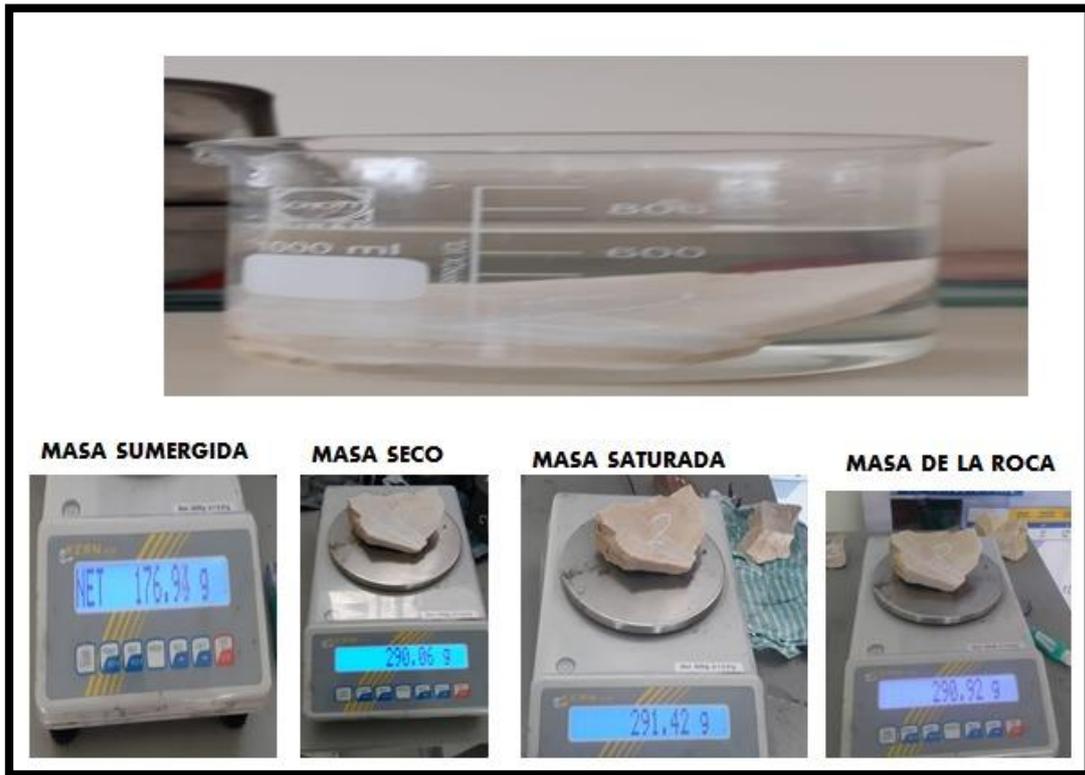
<b>Absorción</b>	0.54874778	0.46886851	0.61873895
<b>Volumen de roca</b>	0.07888212	0.09881192	0.01969309
<b>Relaciones de vacíos</b>	1.01417155	1.01202369	1.01558442
<b>Densidad másica kg/m<sup>3</sup></b>	3037.5	2909.2	3406.5
<b>Densidad seca kg/m<sup>3</sup></b>	3072.55948	2935.47593	3446.89351
<b>Densidad de solidos kg/m<sup>3</sup></b>	3080.54608	2944.17933	3459.58831
<b>Gravedad específica</b>	2.55305736	2.54145191	2.48922178

Fuente: Ensayo de laboratorio GeoTest V S.A.C., 2020



**Figura 12.** Cálculo del peso de la muestra 1

Fuente: Elaboración propia



**Figura 13.** Cálculo del peso de la muestra 2

Fuente: Elaboración propia



**Figura 14.** Cálculo del peso de la muestra 3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Registro lineal de datos

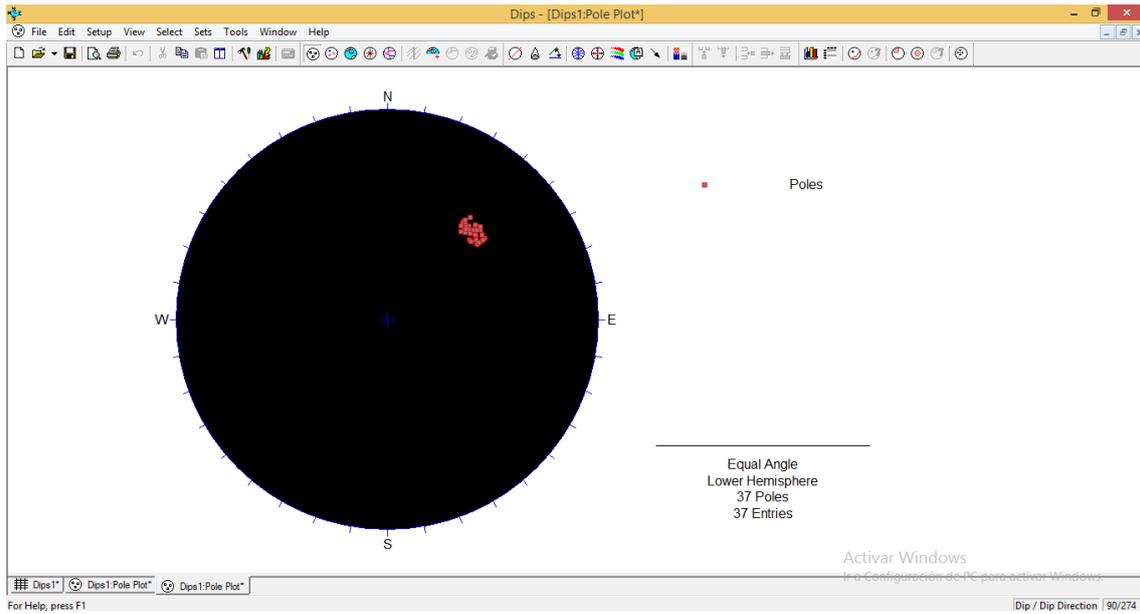
REGISTRO LINEAL												
UBICACIÓN:			CARRETERA				DATOS DE CAMPO TESIS					
DIMENSION DEL DOMINIO ESTRUCTURAL:			11.14 m				RQD:					
TIPO DE ROCA:			CALIZA				FECHA: JUNIO - JULIO DE 2020					
N° DISCONTINUIDAD	DISTANCIA A LA INTERSECCIÓN DE LA CONTINUIDAD (m)	TIPO DE ESTRUCTURA D: Discom. (F: Falla J: Junta D: Diaclas a)	ORIENTACIÓN			ES PACIADO (m)	PERSISTENCIA (m)	ALTERACION	ABERTURA (mm)	RUGOSIDAD	TIPO DE RELLENO	AGUA
			DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO (DIP DIRECTION)	BUZAMIENTO (DIP)								
						1. > 2.0 2. 0.6 - 2.0 3. 0.2 - 0.6 4. 0.06 - 0.2 5. < 0.06	1. < 1 2. 1 - 3 3. 3 - 10 4. 10 - 20 5. > 20	1. Sama 2. Lig. Alterada 3. Mod. Alterada 4. Muy Alterada 5. Descompuesta	1. Cerrada 2. Mang < 0.1 3. Ang. 0.1-10 4. Ah 1-5 5. Mch. > 5	1. Muy rug. 2. Rugosa 3. Lig. Rug. 4. Lisa 5. Esp. Falta	1. Limpio 2. Duro < 5 mm 3. Duro > 5 mm 4. Suave < 5 mm 5. Suave > 5 mm	1. Seco 2. Húmedo 3. Mojado 4. Gotico 5. Flujo
1	0	D	221°	61°	W	-	3	4	5	4	5	2
2	0.2	D	220°	59°	W	4	3	4	5	4	5	2
3	0.5	D	218°	61°	W	3	3	4	5	4	5	2
4	0.75	D	224°	61°	W	3	3	4	5	4	5	2
5	1.35	D	226°	63°	W	3	3	4	5	4	5	2
6	1.75	D	218°	60°	W	3	3	4	5	4	5	2
7	2.21	D	230°	60°	W	3	3	4	5	4	5	2
8	2.56	D	218°	59°	W	3	3	4	5	4	5	2
9	2.92	D	219°	64°	W	3	3	4	5	4	5	2
10	3.12	D	219°	61°	W	4	3	4	5	4	5	2
11	3.33	D	230°	62°	W	4	3	4	5	4	5	2
12	3.59	D	218°	59°	W	3	3	4	5	4	5	2
13	3.92	D	224°	59°	W	3	3	4	5	4	5	2
14	4.07	D	222°	58°	W	4	3	4	5	4	5	2
15	4.25	D	230°	58°	W	4	3	4	5	4	5	2
16	4.55	D	218°	62°	W	3	3	4	5	4	5	2
17	4.98	D	227°	60°	W	3	3	4	5	4	5	2
18	5.22	D	220°	57°	W	3	3	4	5	4	5	2
19	5.36	D	228°	59°	W	4	3	4	5	4	5	2
20	5.74	D	222°	58°	W	3	3	4	5	4	5	2
21	5.99	D	226°	60°	W	3	3	4	5	4	5	2
22	6.32	D	230°	59°	W	3	3	4	5	4	5	2
23	6.62	D	226°	57°	W	3	3	4	5	4	5	2
24	6.94	D	230°	61°	W	3	3	4	5	4	5	2
25	7.21	D	227°	57°	W	3	3	4	5	4	5	2
26	7.52	D	224°	61°	W	3	3	4	5	4	5	2
27	7.83	D	223°	63°	W	3	3	4	5	4	5	2
28	8.11	D	220°	60°	W	3	3	4	5	4	5	2
29	8.43	D	221°	58°	W	3	3	4	5	4	5	2
30	8.78	D	225°	62°	W	3	3	4	5	4	5	2
31	9.05	D	222°	60°	W	4	3	4	5	4	5	2
32	9.36	D	222°	58°	W	3	3	4	5	4	5	2
33	9.73	D	228°	62°	W	3	3	4	5	4	5	2
34	10.06	D	227°	57°	W	4	3	4	5	4	5	2
35	10.36	D	220°	57°	W	3	3	4	5	4	5	2
36	10.87	D	221°	59°	W	3	3	4	5	4	5	2
37	11.14	D	225°	64°	W	3	3	4	5	4	5	2

Fuente: Elaboración propia, 2020

**Tabla 21. Datos para procesar en el Software Dips**

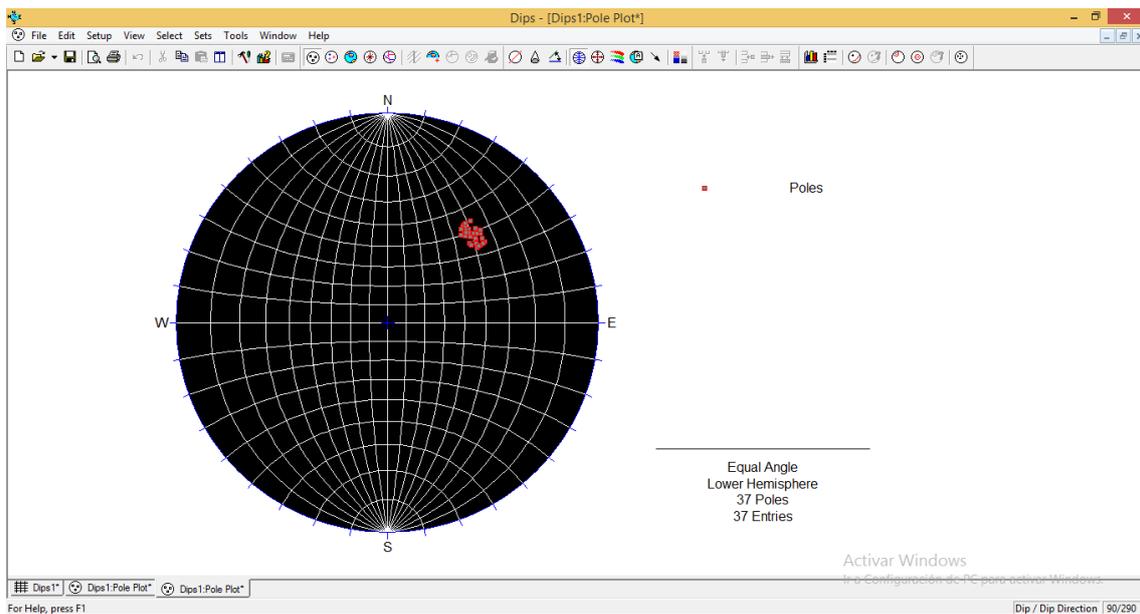
ID	Dip	Dip Direction	ESPACIADO	PERSISTENCIA	ALTERACIÓN	ABERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	AGUA	TIPO ESTRUCTURA
1	61°	221°	-	3	4	5	4	5	2	D
2	59°	220°	4	3	4	5	4	5	2	D
3	61°	218°	3	3	4	5	4	5	2	D
4	61°	224°	3	3	4	5	4	5	2	D
5	63°	228°	3	3	4	5	4	5	2	D
6	60°	218°	3	3	4	5	4	5	2	D
7	60°	230°	3	3	4	5	4	5	2	D
8	59°	218°	3	3	4	5	4	5	2	D
9	64°	219°	3	3	4	5	4	5	2	D
10	61°	219°	4	3	4	5	4	5	2	D
11	62°	230°	4	3	4	5	4	5	2	D
12	59°	218°	3	3	4	5	4	5	2	D
13	59°	224°	3	3	4	5	4	5	2	D
14	58°	222°	4	3	4	5	4	5	2	D
15	58°	230°	4	3	4	5	4	5	2	D
16	62°	218°	3	3	4	5	4	5	2	D
17	60°	227°	3	3	4	5	4	5	2	D
18	57°	220°	3	3	4	5	4	5	2	D
19	59°	228°	4	3	4	5	4	5	2	D
20	58°	222°	3	3	4	5	4	5	2	D
21	60°	228°	3	3	4	5	4	5	2	D
22	59°	230°	3	3	4	5	4	5	2	D
23	57°	226°	3	3	4	5	4	5	2	D
24	61°	230°	3	3	4	5	4	5	2	D
25	57°	227°	3	3	4	5	4	5	2	D
26	61°	224°	3	3	4	5	4	5	2	D
27	63°	223°	3	3	4	5	4	5	2	D
28	60°	220°	3	3	4	5	4	5	2	D
29	58°	221°	3	3	4	5	4	5	2	D
30	62°	225°	3	3	4	5	4	5	2	D
31	60°	222°	4	3	4	5	4	5	2	D
32	58°	222°	3	3	4	5	4	5	2	D
33	62°	228°	3	3	4	5	4	5	2	D
34	57°	227°	4	3	4	5	4	5	2	D
35	57°	220°	3	3	4	5	4	5	2	D
36	59°	221°	3	3	4	5	4	5	2	D
37	64°	225°	3	3	4	5	4	5	2	D
38										
39										
40										
41										
42										

Fuente: Elaboración propia, 2020



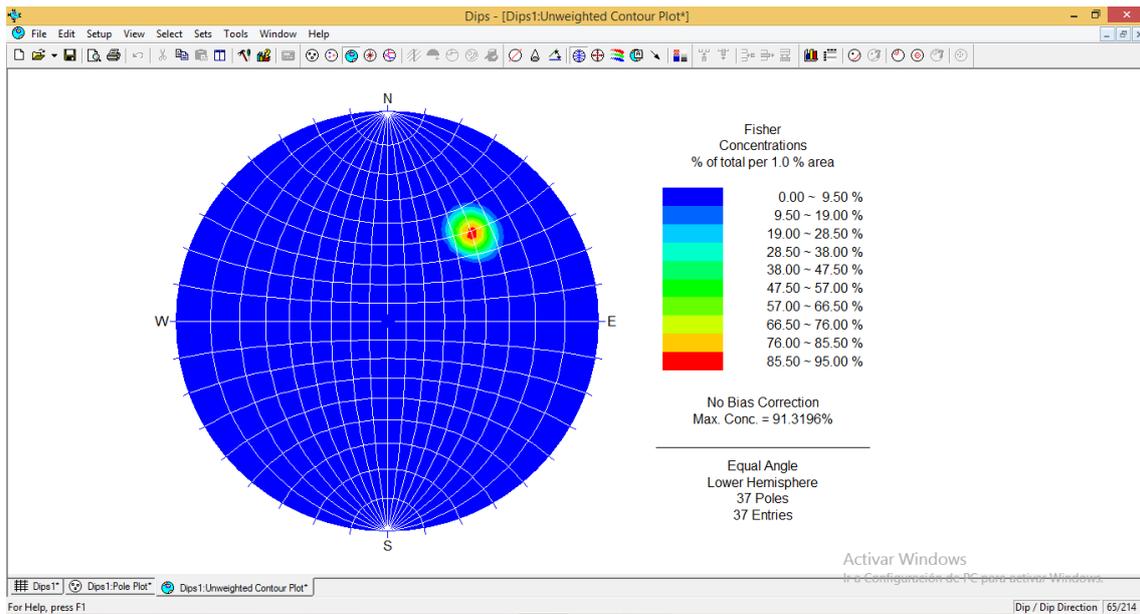
**Figura 15. Concentración de discontinuidades**

Fuente: Elaboración propia, 2020



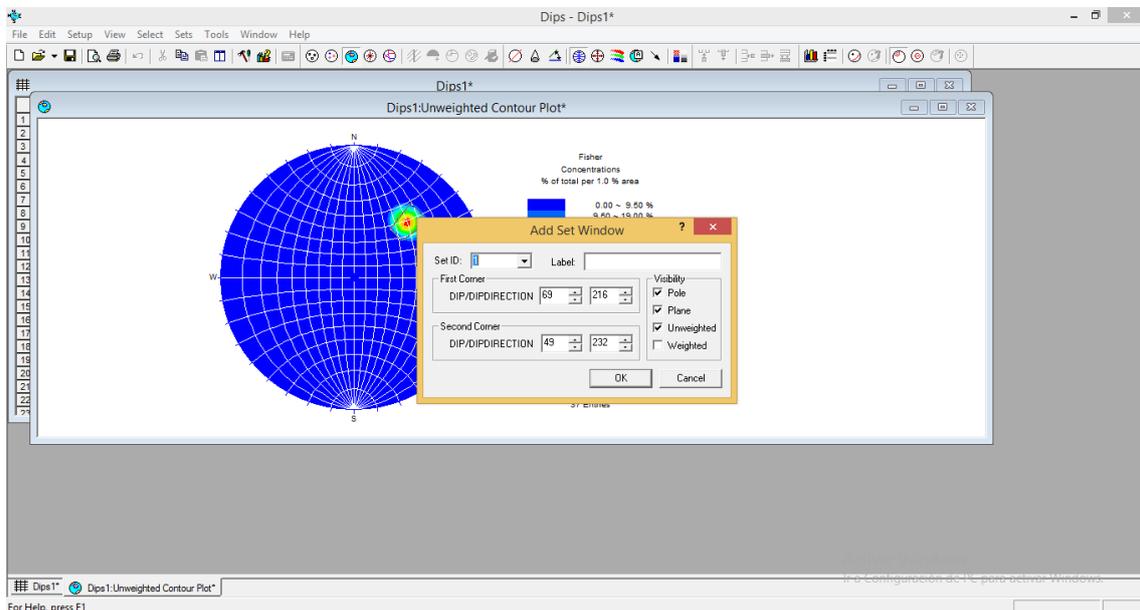
**Figura 16. Datos en la falsilla de Wulff**

Fuente: Elaboración propia, 2020



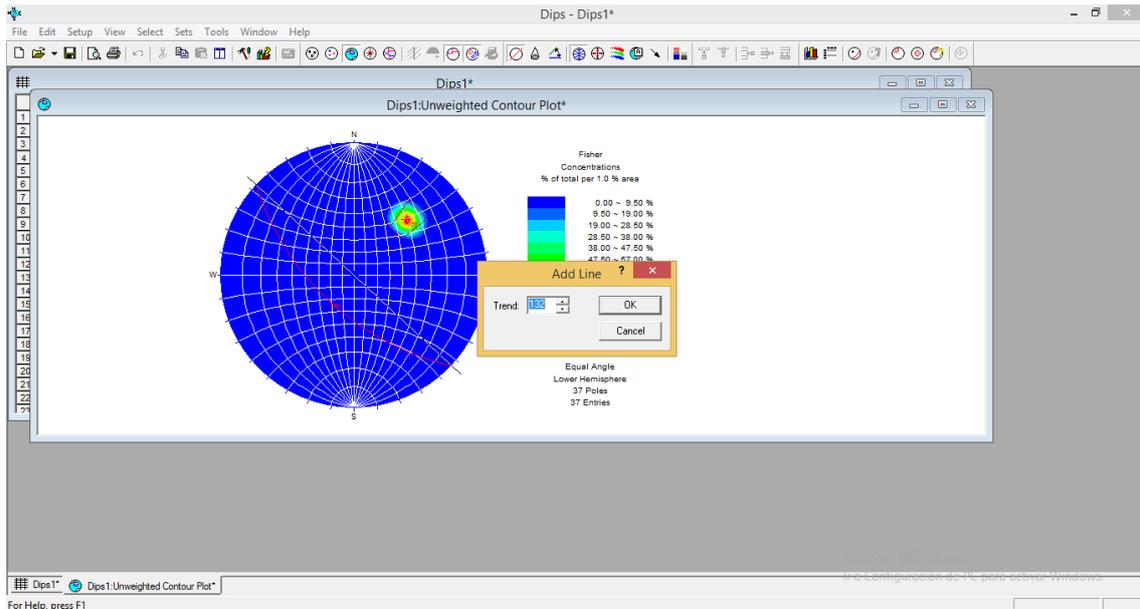
**Figura 17.** Resultado en la escala de coloración (muestra la concentración de los polos de las discontinuidades)

Fuente: Elaboración propia, 2020



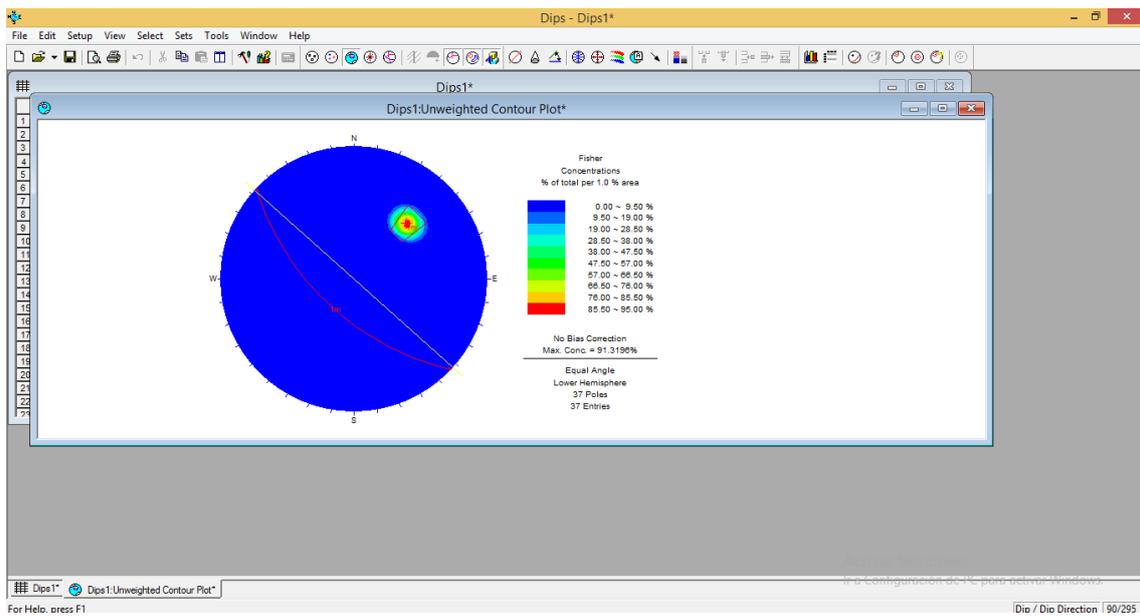
**Figura 18.** Superficie de concentración de polos (Familia N° 01)

Fuente: Elaboración propia, 2020



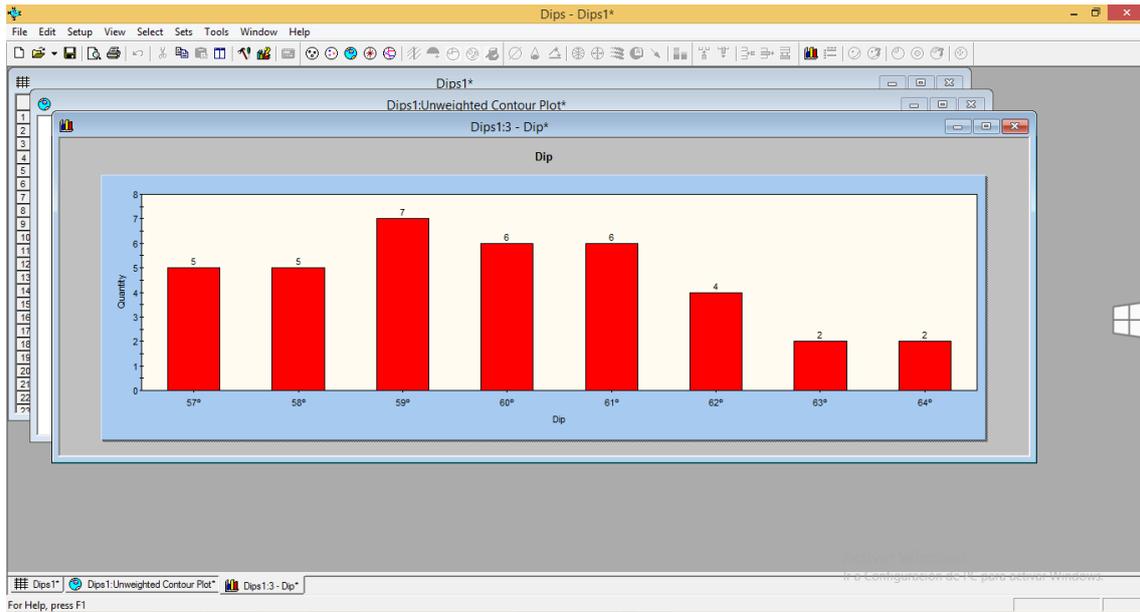
**Figura 19. Rumbo de la familia N° 01**

Fuente: Elaboración propia, 2020



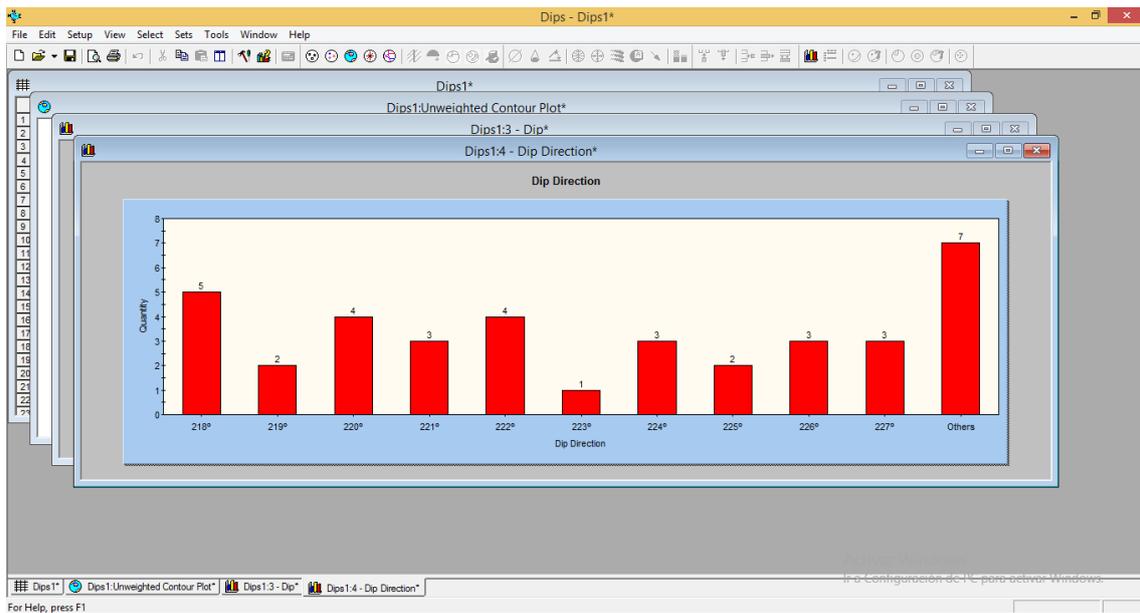
**Figura 20. Estereografía de la familia predominante N° 01**

Fuente: Elaboración propia, 2020



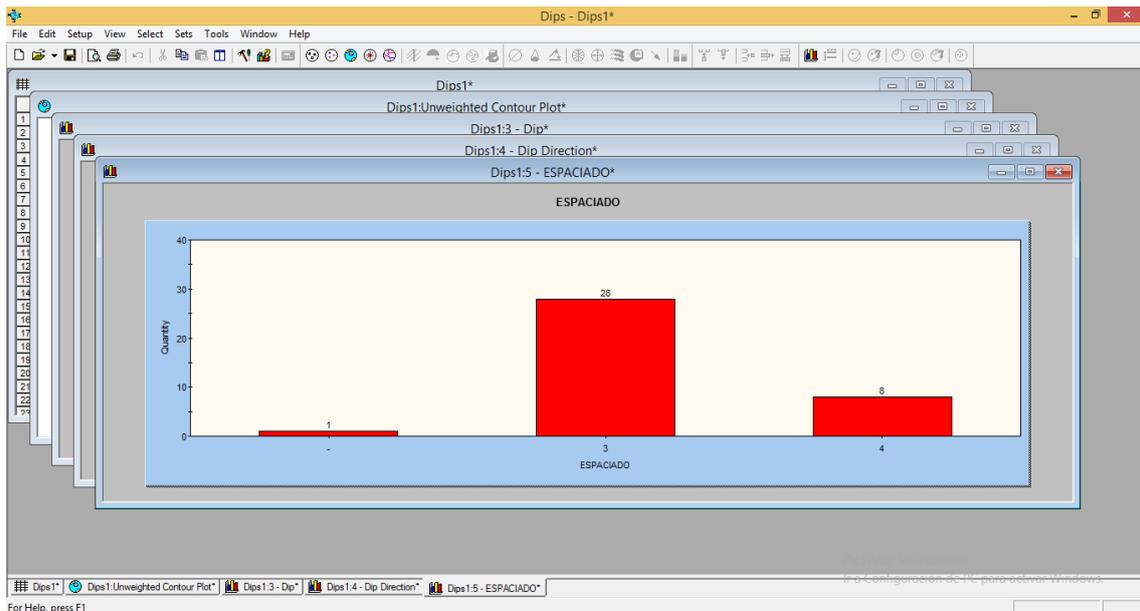
**Figura 21.** El diagrama muestra el buzamiento predominante

Fuente: Elaboración propia, 2020



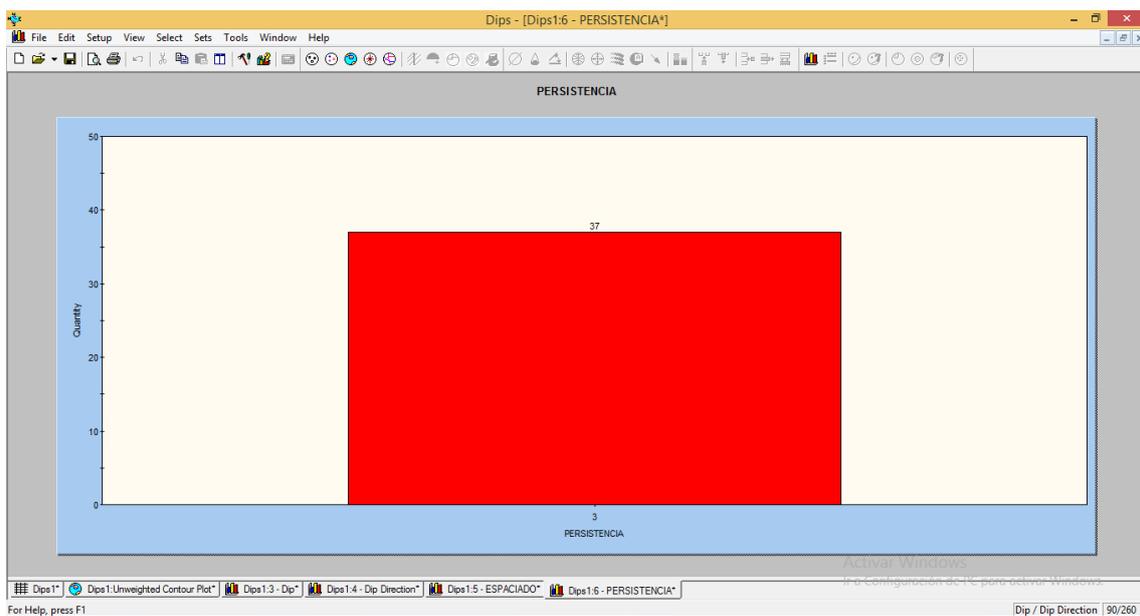
**Figura 22.** El diagrama muestra la dirección del buzamiento predominante

Fuente: Elaboración propia, 2020



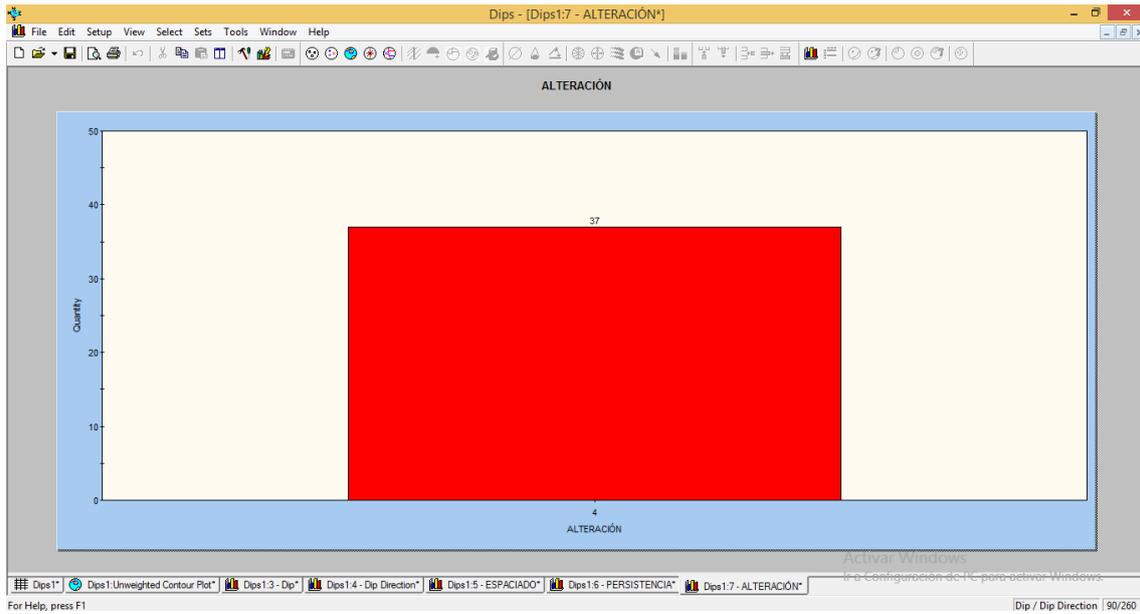
**Figura 23.** El diagrama muestra el espaciado de las discontinuidades

Fuente: Elaboración propia, 2020



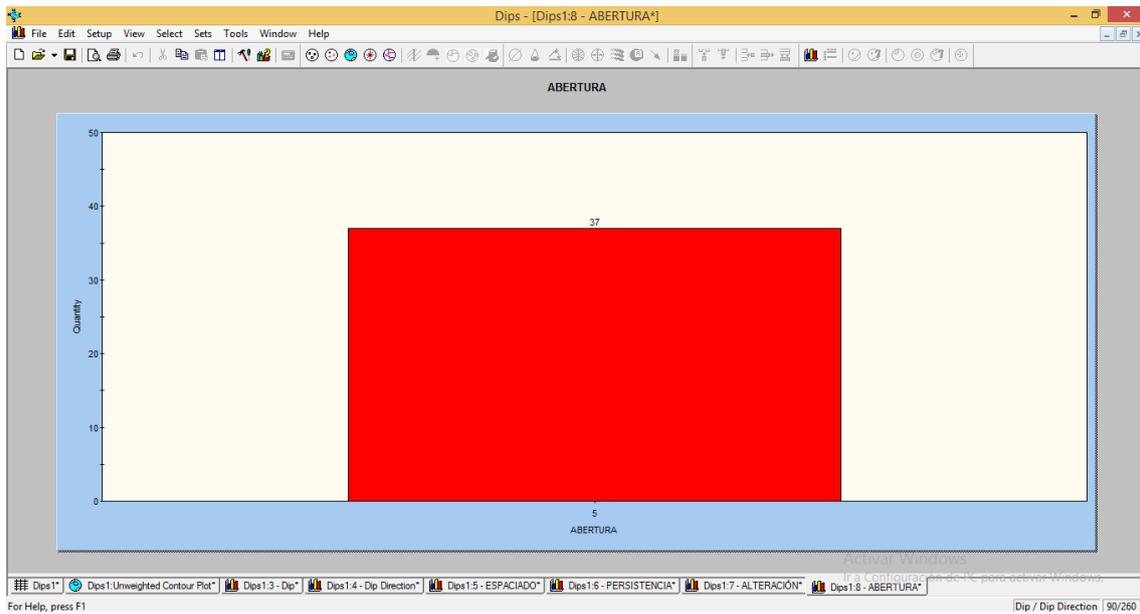
**Figura 24.** El diagrama muestra la persistencia de las discontinuidades

Fuente: Elaboración propia, 2020



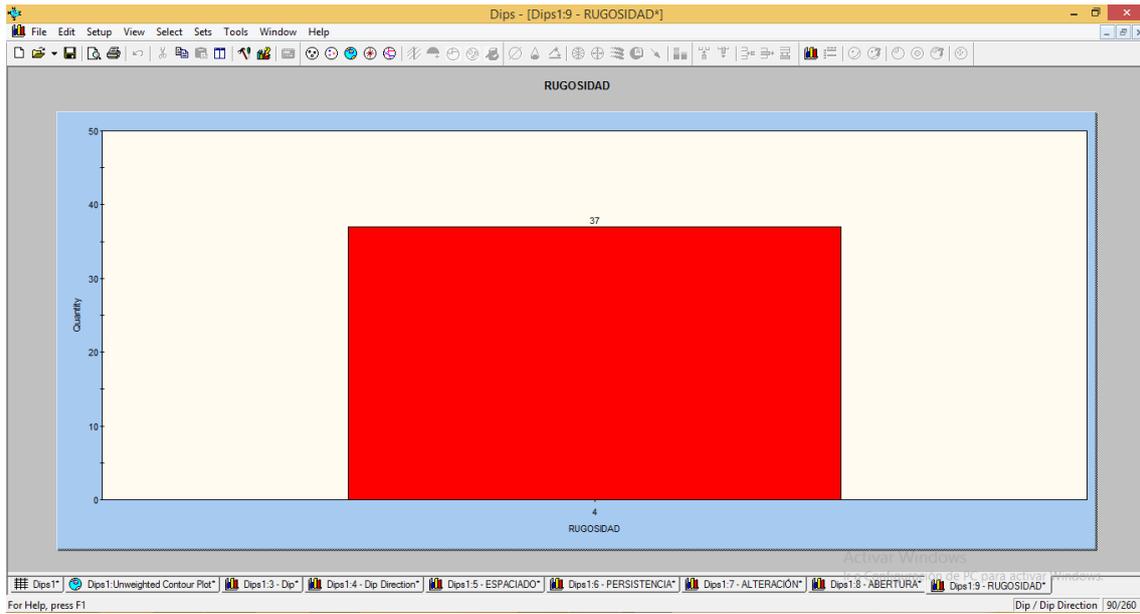
**Figura 25.** El diagrama muestra la alteración de las discontinuidades

**Fuente:** Elaboración propia, 2020



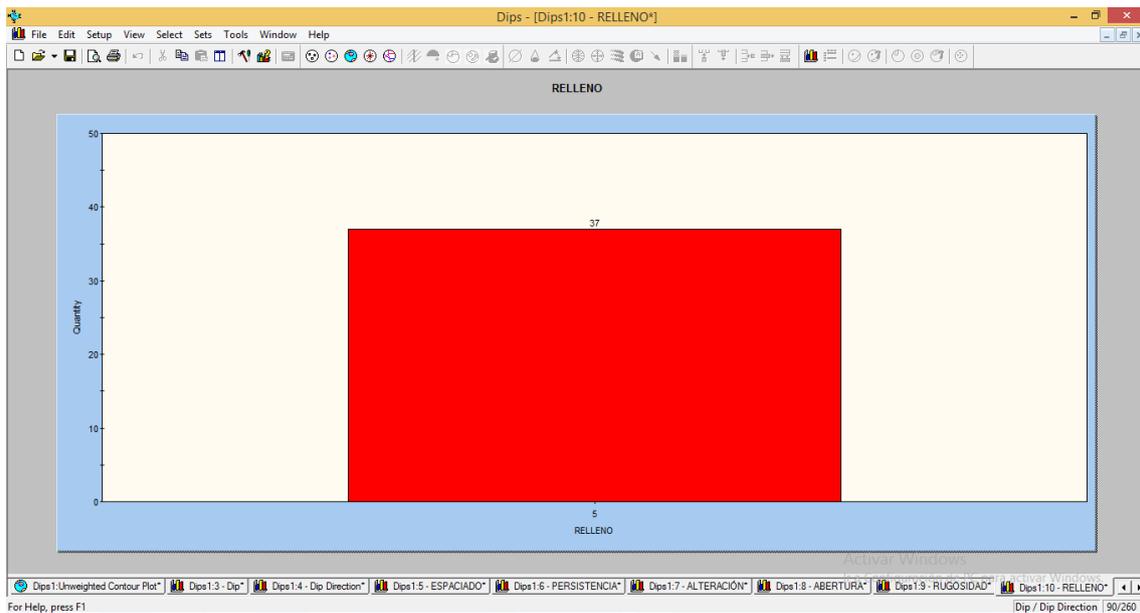
**Figura 26.** El diagrama muestra la abertura de las discontinuidades

**Fuente:** Elaboración propia, 2020



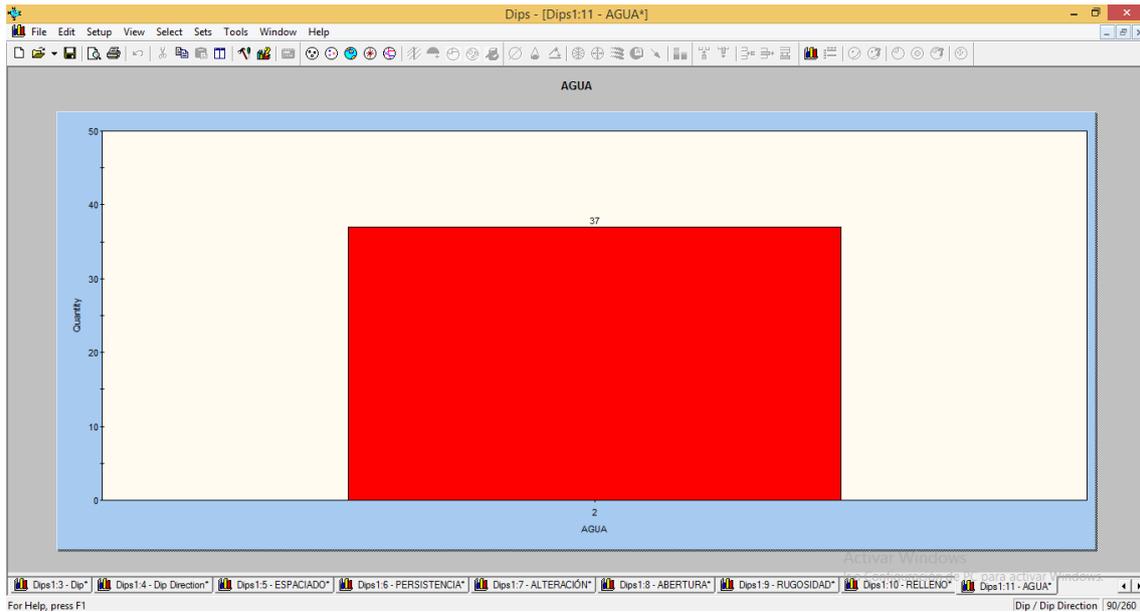
**Figura 27.** El diagrama muestra la rugosidad de las discontinuidades

Fuente: Elaboración propia, 2020



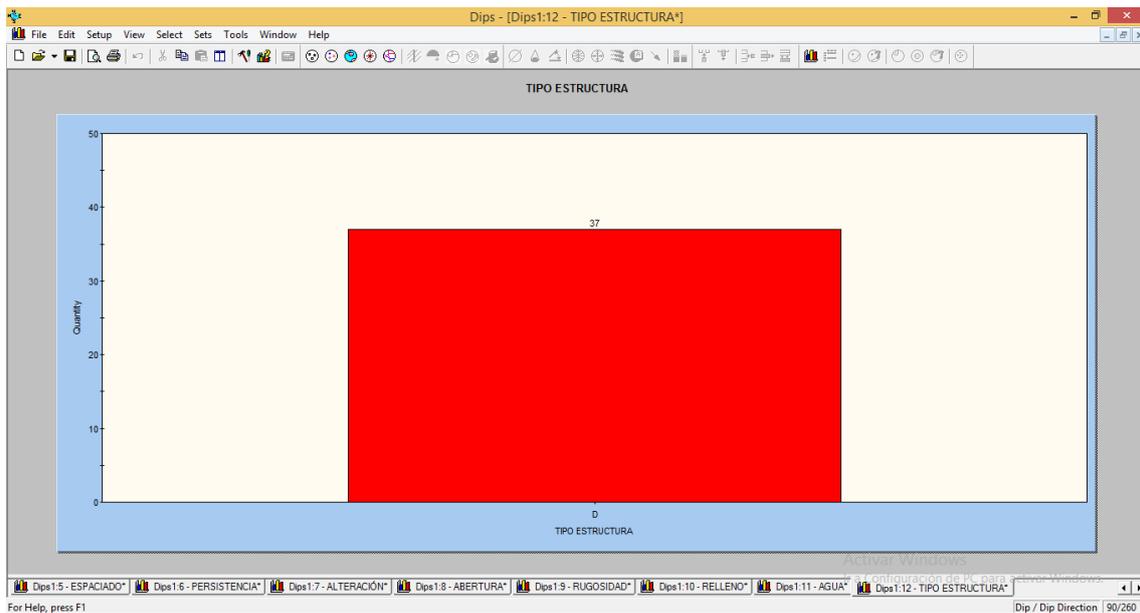
**Figura 28.** El diagrama muestra el relleno de las discontinuidades

Fuente: Elaboración propia, 2020



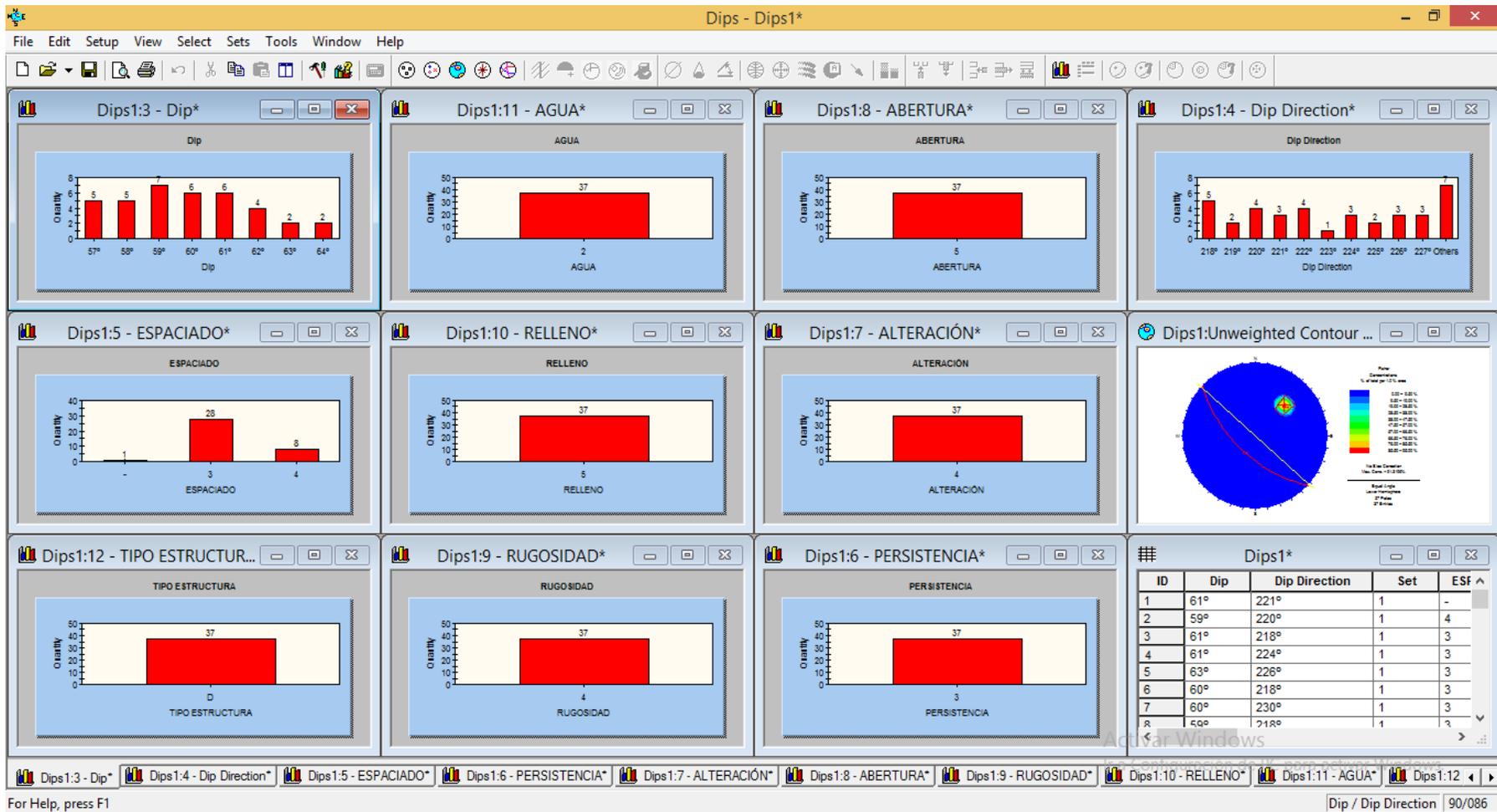
**Figura 29.** El diagrama muestra el agua de las discontinuidades

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Figura 30.** El diagrama muestra el tipo de estructuras de las discontinuidades

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Figura 31.** El diagrama muestra el resumen del procesamiento de los datos de campo

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

### C-Cálculo del RQD (Fórmula de Priest y Hudson,1976)

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

Datos de campo

- Longitud de muestreo lineal = 11.14 m
- Numero de discontinuidades presentes en la cara de talud de muestreo = 37

$$\lambda = 37/11.14$$

$$\lambda = 3.32$$

$$RQD = (100 * 2.72^{(-0.1*3.32)})*((0.1*3.32) + 1) = 95.55\%$$

Redondeando al intervalo de 5 el RQD = 95%

### D-Cálculo de la resistencia a la compresión (Martillo de Schmidt)

Datos de campo:

#### ➤ Zona N° 01

60	58	49
42	40	57
42	36	38

Promedio de la resistencia a la compresión zona N° 1 = 46.89

#### ➤ Zona N° 02

52	54	54
55	52	49
54	53	46

Promedio de la resistencia a la compresión zona N° 1 = 52.11

➤ **Zona N° 03**

54	53	50
52	55	47
50	51	48

Promedio de la resistencia a la compresión zona N° 1 = 51.11

➤ **Zona N° 04**

48	50	51
48	54	48
54	55	50

Promedio de la resistencia a la compresión zona N° 1 = 50.89

**E- Cálculo promedio de la resistencia de las cuatro zonas**

$$RCS = (46.89 + 52.11 + 51.11 + 50.89) / 4 = 50.25 \text{ golpes}$$

con el martillo de Schmidt

➤ **Dirección de golpe (campo)**

La dirección de golpe realizado en campo al macizo rocoso fue en posición perpendicular inclinado hacia abajo.

➤ **Densidad de la roca**

La densidad de la roca que conforma el macizo rocoso es de

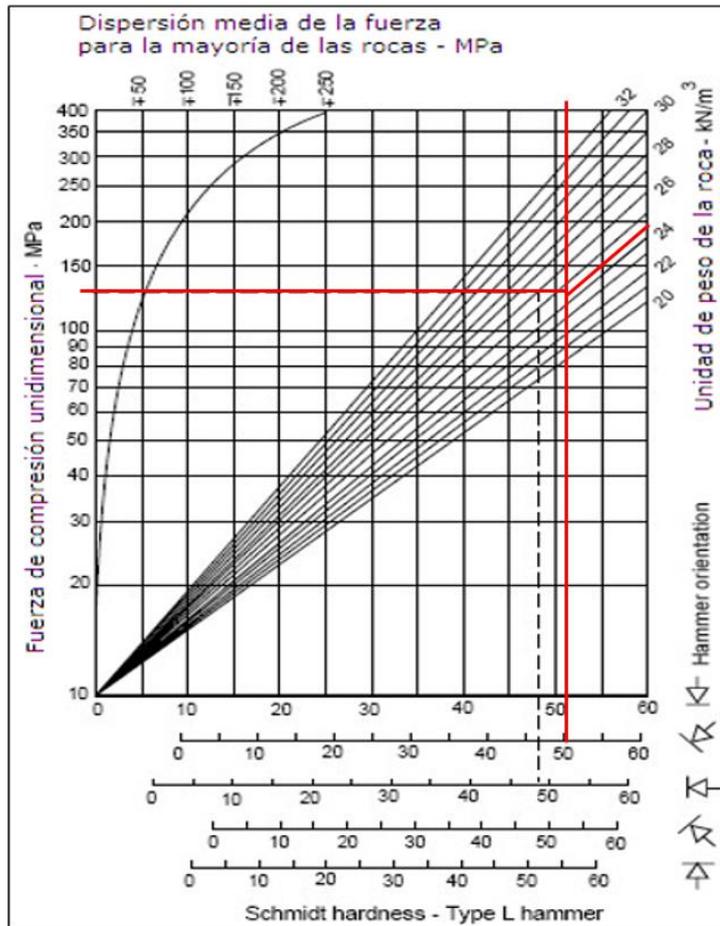
Densidad (g/cm<sup>3</sup>):

Muestra N° 1 = 2.553

Muestra N° 2 = 2.541

Muestra N° 3 = 2.489

Promedio de la densidad = 25.28 KN/m<sup>3</sup>



**Figura 32.** Fuerza de compresión unidimensional = 130 MPa

**Fuente:** Elaboración propia en base a la Figura 11, 2020

### F- Cálculo de la rugosidad empleando el peine de Barton

Para la toma de los datos de campo se utilizó un peine de 30cm de longitud.



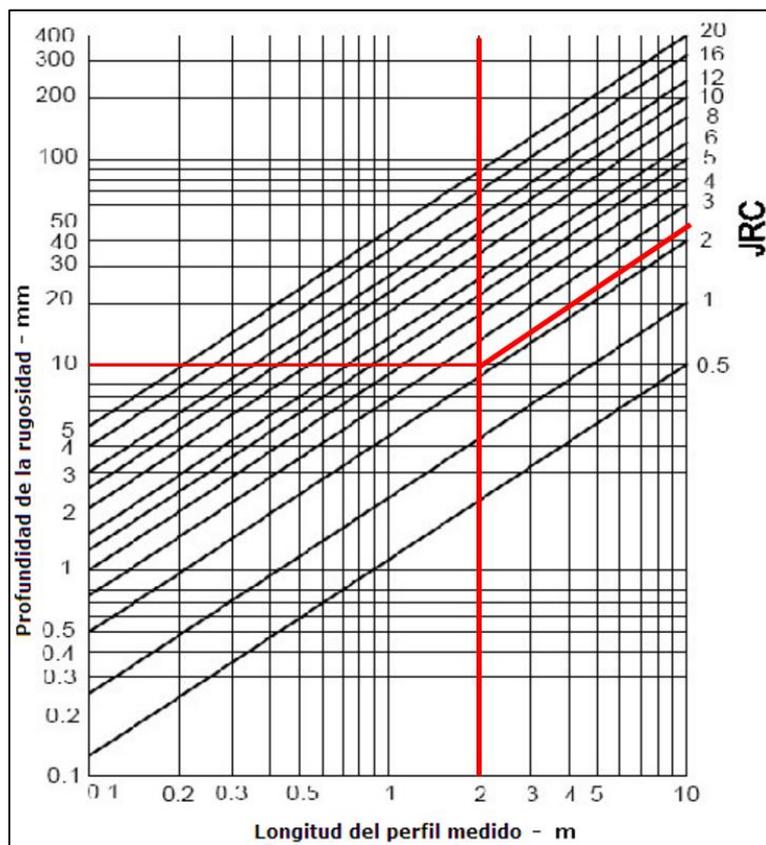
**Figura 33.** Peine de Barton

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

**Tabla 22.** Datos de campo discontinuidad N° 1

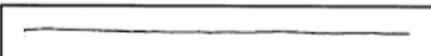
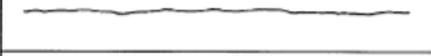
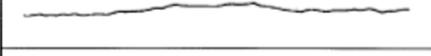
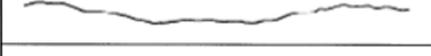
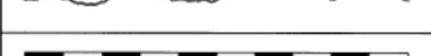
Longitud de muestreo (m)	Profundidad en el peine (mm)
0.30	5 mm
0.30	10 mm
0.30	8 mm
0.30	6 mm
0.30	7 mm
0.30	4 mm
0.22	10 mm
Total, de longitud = 2.02 m	Profundidad máxima 10 mm

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Figura 34.** Ábaco del peine de Barton

Fuente: Elaboración propia en base a la Figura 6, 2020

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	
		

**Figura 35.** Rugosidad predominante: Tipo Lisa

Fuente: Elaboración propia en base a la Figura 5, 2020

#### 4.1.2. Resultado del rock mass rating (RMR)

##### ➤ Cálculo del RMR de Bieniawski

##### Datos de campo y gabinete

- Resistencia a compresión simple = 130 MPa
- RQD = 95%
- Espaciamiento = Tipo 3 (0.2 – 0.60 m)
- Persistencia = Tipo 3 ( 3 - 10 m)
- Apertura = Tipo 5 (muy abierta mayor a 5 mm)
- Rugosidad = Tipo 3.5 (Lisa)
- Relleno = Tipo 5 (Suave mayor a 5 mm)
- Alteración = Tipo 4 (Muy alterada)
- Agua = Tipo 2 (húmedo)



**Figura 36.** Software Geotable para el procesamiento de datos de campo

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Figura 37.** Clasificaciones geomecánicas para el procesamiento de datos de campo

Fuente: Elaboración propia, 2020

Clasificaciones Geomecánicas

Regresar Convertidor Salir

Correlaciones y Conceptos Generales    **MRMR**    GSI    SMR

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

**Rock Mass Rating (Calidad del Macizo Rocoso)**

**Resistencia de la Roca Inalterada**

Indice de Carga Puntual (MPa)     > 10MPa     4-10MPa     2-4MPa     1-2MPa

Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)     > 250MPa     100-250MPa     50-100MPa     25-50MPa     5-25MPa     1-5MPa     < 1MPa

Rating

**Corrección por orientación de las discontinuidades**

**RQD (Indice de calidad de la roca)**

%    Rating   

**Espaciamiento de discontinuidades**

   Ver Gráfico    Rating

**Condición de discontinuidades**

Persistencia     Apertura     Rugosidad

Relleno     Meteorización     Ver general    Rating

**Presencia de agua**

Caudal en 10m túnel (l/min)     Gw/G3 (Presión del agua/esfuerzo principal)

Estado     Rating

Activar Windows Ver reporte Configuración

**Figura 38.** Cartilla RMR de Bieniawski para el procesamiento de datos de campo

Fuente: Elaboración propia, 2020

Clasificaciones Geomecánicas

Regresar Convertidor Salir

Correlaciones y Conceptos Generales    **MRMR**    GSI    SMR

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

**Rock Mass Rating (Calidad del Macizo Rocoso)**

**Resistencia de la Roca Inalterada**

Indice de Carga Puntual (MPa)     > 10MPa     4-10MPa     2-4MPa     1-2MPa

Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)     > 250MPa     100-250MPa     50-100MPa     25-50MPa     5-25MPa     1-5MPa     < 1MPa

Rating

**Corrección por orientación de las discontinuidades**

**RQD (Indice de calidad de la roca)**

90-100 %    Rating   

**Espaciamiento de discontinuidades**

200-500mm    Ver Gráfico    Rating

**Condición de discontinuidades**

Persistencia 3-10m    Apertura >5mm    Rugosidad Liso

Relleno Relleno suave >5m    Meteorización muy alterado    Ver general    Rating

**Presencia de agua**

Caudal en 10m túnel (l/min) <10    Gw/G3 (Presión del agua/esfuerzo principal) <0.1

Estado Ligeramente húmedo    Rating

Activar Windows Ver reporte Configuración

**Figura 39.** Ingreso de datos en la Cartilla RMR de Bieniawski

Fuente: Elaboración propia, 2020

Regresar Convertidor Salir

Correlaciones y Conceptos Generales **MRMR** GSI SMR

RMR **Q de Barton**

**Rock Mass Rating (Calidad del Macizo Rocoso)**

**Resistencia de la Roca Inalterada**

Indice de Carga Puntual (MPa)  > 10MPa  4-10MPa  2-4MPa  1-2MPa

Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)  > 250MPa  100-250MPa  50-100MPa  25-50MPa  5-25MPa  1-5MPa  < 1MPa

Rating 12

**RQD (Indice de calidad de la roca)**

90-100 %

Rating 20

**Espaciamiento de discontinuidades**

200-600mm Ver Gráfico

Rating 10

**Condición de discontinuidades**

Persistencia 3-10m Apertura >5mm Rugosidad Liso

Relleno Relleno suave >5tr Meteorización muy alterado

Rating 4

**Presencia de agua**

Caudal en 10m Túnel (l/min) <10 Gw/G3 (Presión del agua/esfuerzo principal) <0.1

Estado Ligeramente húmedo

Rating 10

Corrección por orientación de las discontinuidades

Rumbo perpendicular al eje

A favor del Buzamiento

En contra del Buzamiento

Rumbo paralelo al eje del túnel

Tunnel o minas  Cimentaciones  Taludes

Rating

Calcular

RMR 56

Ver reporte

Activar Win... configura

**Figura 40.** Resultado del procesamiento de datos en la Cartilla RMR de Bieniawski, la puntuación es de RMR = 56

Fuente: Elaboración propia, 2020

Reporte

**Reporte RMR**

RMR **56**

Clase de masa rocosa determinadas por las valoraciones totales

Valoración	60 - 41
Número de clase	III
Descripción	Roca regular

Significado de las clases de rocas

Número de clase	III
Tiempo de auto sostenimiento	1 semana span 5 m
Cohesión de la masa rocosa KPa	200 - 300
Ángulo de fricción de masa rocosa	25° - 35°

Pautas para la excavación y sostenimiento de un túnel rocoso de 10 m de ancho de acuerdo con el sistema RMR

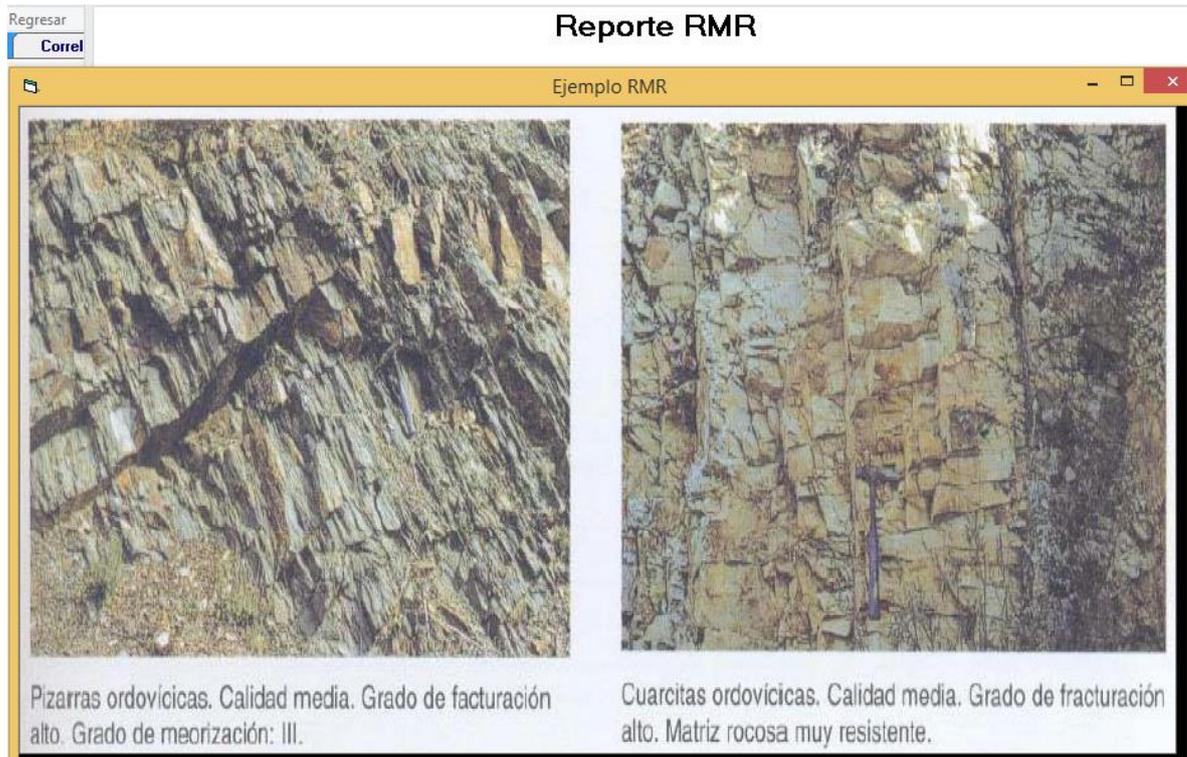
CLASE DE MASA ROCOSA	EXCAVACION	PERNOS DE ROCA (20 MM DE DIAMETRO, COMPLETAMENTE INYECTADOS)	SHOTCRETE	CIMBRAS
III - Roca regular RMR: 41 - 60	Socavón en el tope y banqueo 1.5 - 3 m de avance en el socavón Iniciar el sostenimiento después de cada voladura Completar el sostenimiento a 10 m del frente	Pernos sistemáticos de 4 m de longitud, espaciados 1.5 - 2.0 m en la corona y en las paredes, con malla de alambre en la corona	50 - 100 mm en la corona y 30 mm en las paredes	Ninguno

Salir Ver gráfico de tiempo de sostenimiento

Activar Win... Ir a Configurac...

**Figura 41.** Reporte de la valoración en la Cartilla RMR de Bieniawski, RMR = 56

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Figura 42.** Reporte del tipo de macizo rocoso

Fuente: Elaboración propia, 2020

#### 4.1.3. Cálculo de los factores de ajuste de la clasificación SMR

(Romana, 1985)

- ✓ **F1 (de la intersección de la dirección de buzamiento del talud y de la junta)**

##### Datos de campo

$\alpha_j$  (Dirección del buzamiento de la junta) =  $218^\circ$

$\alpha_s$  (Dirección del buzamiento del talud) =  $90^\circ$

Rotura plana =  $(\alpha_j - \alpha_s)$

Rotura plana =  $(218^\circ - 90^\circ)$

Rotura plana =  $128^\circ$

De lo calculado:

Rotura plana  $> 30^\circ$

$$F1 = 0.15$$

✓ **F2 (buzamiento de la junta)**

$$\beta_j \text{ (Buzamiento de la junta)} = 60^\circ$$

$$\beta_j > 45^\circ$$

$$F2 = 1$$

✓ **F3 (buzamiento de la junta – buzamiento del talud)**

$$\beta_j \text{ (Buzamiento de la junta)} = 60^\circ$$

$$\beta_s \text{ (Buzamiento del talud)} = 60^\circ$$

$$\text{Rotura plana} = 0^\circ$$

$$F3 = - 25$$

✓ **F4 (Factor de ajuste por el método de excavación)**

Talud método de excavación por precorte

$$F4 = + 10$$

**Tabla 23.** Procesamiento de los datos en la cartilla de clasificación SMR (Romana, 1985)

<b>SMR = RMR<sub>b</sub> + (F<sub>1</sub> x F<sub>2</sub> x F<sub>3</sub>) + F<sub>4</sub> (ROMANA, 1985)</b>						
FACTORES DE AJUSTE DE LAS JUNTAS (F <sub>1</sub> , F <sub>2</sub> , F <sub>3</sub> )			$\alpha_j$ = DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\alpha_s$ = DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO DEL TALUD $\beta_j$ = BUZAMIENTO DE LA JUNTA $\beta_s$ = BUZAMIENTO DEL TALUD			
	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	NORMAL	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE	
ROTURA PLANA $ \alpha_j - \alpha_s  =$ VUELCO $ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ  =$ VALORES	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$	
AJUSTE ANALÍTICO	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00	
$F_1 = (1 - \text{sen }  \alpha_j - \alpha_s )^2$						
VALORES	$ \beta_j  =$	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
	ROTURA PLANA VUELCO	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
AJUSTE ANALÍTICO	$F_2 = \text{tg}^2 \beta_j$					
ROTURA PLANA $\beta_j - \beta_s =$ VUELCO $\beta_j + \beta_s =$ VALORES	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	$0^\circ$	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< (-10^\circ)$	
AJUSTE ANALÍTICO	0	-6	-25	-50	-60	
$F_3 = (\text{SE MANTIENEN LOS VALORES PROPUESTOS POR BIENIAWSKI, 1976 / 79})$						
FACTOR DE AJUSTE POR EL MÉTODO DE EXCAVACIÓN	$F_4 = \text{VALORES EMPÍRICOS ESTABLECIDOS PARA CADA MÉTODO DE EXCAVACIÓN}$					
	TALUD NATURAL	PRECORTE	VOLADURA SUAVE	VOLADURA ó MECÁNICO	VOLADURA DEFICIENTE	
	+ 15	+ 10	+ 8	0	- 8	

Fuente: Elaboración propia en base a tabla 12, 2020

➤ **Calculo de SMR (Romana, 1985)**

$$SMR = RMR + (F1 * F2 * F3) + F4$$

Datos del procesamiento:

$$RMR = 56 \text{ puntos}$$

$$F1 = 0.15$$

$$F2 = 1$$

$$F3 = - 25$$

$$F4 = + 10$$

Reemplazando valores tenemos:

$$SMR = 56 + (0.15 * 1 * - 25) + 10$$

$$SMR = 62.25$$

**Tabla 24.** Tabla de valores del SMR para cada tipo de rotura

TIPO DE ROTURA	VALOR SMR	FRECUENCIA
PLANAS	SMR > 60	Ninguna
	60 > SMR > 40	Importantes
	40 > SMR > 15	Muy importantes
EN CUÑA	SMR > 75	Muy pocas
	75 > SMR > 49	Algunas
	55 > SMR > 40	Muchas
POR VUELCO	SMR > 65	Ninguna
	65 > SMR > 50	Menores
	40 > SMR > 30	Importante
COMPLETAS	SMR > 30	Ninguna
	30 > SMR > 10	Posible

**Fuente:** Elaboración propia en base a tabla del SMR para cada tipo de rotura, 2020

**Tabla 25.** Clases de estabilidad según el SMR

<b>DESCRIPCIÓN DE LAS CLASES SMR</b>										
<i>CLASE N°</i>	<i>Vb</i>	<i>Va</i>	<i>IVb</i>	<i>IVa</i>	<i>IIIb</i>	<i>IIIa</i>	<i>IIb</i>	<i>IIa</i>	<i>Ib</i>	<i>Ia</i>
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>MUY MALA</i>		<i>MALA</i>		<i>NORMAL</i>		<i>BUENA</i>		<i>MUY BUENA</i>	
<i>ESTABILIDAD</i>	<i>TOTALMENTE INESTABLE</i>		<i>INESTABLE</i>		<i>PARCIALMENTE INESTABLE</i>		<i>ESTABLE</i>		<i>TOTALMENTE ESTABLE</i>	
<i>ROTURAS</i>	<i>GRANDES ROTURAS POR PLANOS CONTINUOS O POR LA MASA</i>		<i>JUNTAS O GRANDES CUÑAS</i>		<i>ALGUNAS JUNTAS O MUCHAS CUÑAS</i>		<i>ALGUNOS BLOQUES</i>		<i>NINGUNA</i>	
<i>SOSTENIMIENTOS</i>	<i>REEXCAVACIÓN</i>		<i>IMPORTANTES</i>		<i>SISTEMÁTICOS</i>		<i>OCASIONALES</i>		<i>NINGUNO</i>	

**Fuente:** Elaboración propia en base a tabla clases de estabilidad según SMR, 2020

**De acuerdo al análisis de los datos de campo y gabinete se puede establecer que:**

- Clase = IIb
- Descripción = Buena
- Estabilidad = Estable
- Roturas = Algunos bloques
- Sostenimiento = Ocasionales

**Tabla 26.** Medidas de corrección de taludes en roca

<b>SIN SOSTENIMIENTO</b>	<i>Ninguno Saneo</i>
<b>PROTECCIÓN</b>	<i>Zanja de pie Vallas (de pie o de talud) Redes y/o mallas (sobre la superficie del talud)</i>
<b>REFUERZO</b>	<i>Bulones Anclajes</i>
<b>HORMIGÓN</b>	<i>Gunita Hormigón dental Contrafuertes y/o vigas</i>
<b>DRENAJE</b>	<i>Superficial Profundo</i>
<b>REEXCAVACIÓN</b>	<i>Tendido del talud Muros de contención</i>

**Fuente:** Elaboración propia en base a tabla medidas de corrección de taludes en roca, 2020

- **De acuerdo al análisis de los datos de campo y gabinete se puede establecer que el sostenimiento sugerido puede ser de:**
  - ✓ Bulones anclado con malla metálica
  - ✓ Shotcrete (concretolanzado con un espesor de 2 pulgadas)

**Tabla 27.** Medidas de corrección propuestas según el SMR

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

**Fuente:** Elaboración propia en base a tabla medidas de corrección propuesta según el SMR, 2020

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **H.E. 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 130 MPa, con una densidad promedio de 25.28 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 rocos, 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 geoestadísticos 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 rocos, 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. La evaluación del macizo rocoso del talud aplicando la cartilla geomecánica de Romana (SMR) fue de 62.25, lo que describe al talud de clase IIb, de calidad buena, con una categoría de talud estable, las roturas que se presentan es de algunos bloques producto de la meteorización del macizo rocoso; el sostenimiento a instalar será de tipo ocasionales pudiendo ser de pernos con malla metálica o concreto lanzado (shotcrete) en lugares puntuales.
2. La resistencia a compresión simple efectuada insitu con la ayuda del matillo de Schmidt fue de 130 MPa, con una densidad promedio de 25.28 KN/m<sup>3</sup> y con una porosidad de 1.37%; estos datos son relevantes para determinar el RMR Rock Mass Rating.
3. 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°.
4. Los resultados de los factores de ajuste de la clasificación SMR para taludes, analizados para una rotura en cuña fueron los siguientes:  $F1 = 0.15$ ,  $F2 = 1$ ,  $F3 = - 25$  y  $F4 = +10$ ; de esto se afirma que la descripción del talud es buena.

## 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) Barton, N & Choubey, V. 1977. The shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mech*
- 3) Caine, N. (1982). *Toppling failures from Alpine cliffs on Ben Lomond*. Tasmania: Earth Surface Processes and Landforms.
- 4) Carrasco, (2005). Metodología de la investigación, Lima, editorial San Marcos
- 5) Corrales, C. (2013). *Estabilidad de taludes*. Obtenido de <https://estabilidad-de-taludes7.webnode.es/news/marco-teorico/>
- 6) Deere, 1967. Rock Quality Designation (RQD)
- 7) Ferrer, M., & Gonzales, L. (2007). *Manual de Campo para la descripción de macizos rocosos en afloramiento*. Planetatierra Ciencias de la Tierra para la Sociedad.
- 8) Herrera, F. (2000). *Geotecnia*. ISEAD.
- 9) Megard, F. (1996). *Carta Geológica de los cuadrángulos de Tarma, La Oroya y Yauyos*. Peú.
- 10) Miller, 1965. Correlación martillo de Schmidt con resistencia a compresión simple.
- 11) NSR-10 Cap H.1, E. G. (s.f.). *Ingeniería Real*. Obtenido de <https://ingenieriareal.com/talud-clasificacion-diseno/>
- 12) Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. ETSI Minas.
- 13) RNE. (2014). *Norma CE.020 Suelos y Taludes*. Macro.
- 14) 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.
- 15) Romana, 1985. New adjustment rating for application of Bieniawski classification to slopes.
- 16) Sabino Muñoz, Ledesma (2008), "Metodología de la Investigación Científica", 3º ed. Lima, edit. UAP.
- 17) Sánchez y Reyes (2006). Metodología y Diseños en la Investigación Científica. Lima: Editorial Visión Universitaria
- 18) Suarez, J. (2009). *Deslizamientos: Técnicas de remediación Vol. 2*. U. Industrial de Santander.

- 19) Suárez, J. D. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga - Colombia: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.
- 20) Torres, L. (2019). Estabilidad de Taludes para mejorar la transitabilidad y seguridad en los tramos críticos de la carretera Montesecco, Distrito Catache. (*Tesis de Titulación*). Universidad César Vallejo, Chiclayo.
- 21) 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.
- 22) Voight, B. (1989). *Rockslides and Avalanches*. Amsterdam: Elsevier.
- 23) Z.T. Bieniawski, (1989). *Engineering rock mass classifications : a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*. Wiley-Interscience.

# **ANEXOS**

## **ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**“ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO PARA EVALUAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD - CARRETERA PE-3S TRAMO OROYA- HUANCAYO”**

<b>Problema general:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>	<b>Variables</b>	<b>Método general:</b>
<p>¿Cuál es el resultado de la estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>a) ¿Cuál es el resultado del análisis de la resistencia a compresión de la roca intacta para evaluar la estabilidad del talud?</p> <p>b) ¿Cuál es el resultado de la estimación del Rock Mass Rating (RMR) para evaluar la estabilidad del talud?</p> <p>c) ¿Cuáles son los resultados de los factores de ajuste de las juntas para evaluar la estabilidad del talud?</p>	<p>¿Determinar el resultado de la estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo?</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Efectuar el análisis de la resistencia a compresión de la roca intacta para evaluar la estabilidad del talud.</p> <p>b) Estimar el resultado del Rock Mass Rating (RMR) para evaluar la estabilidad del talud.</p> <p>c) Calcular los resultados de los factores de ajuste de las juntas para evaluar la estabilidad del talud</p>	<p>De la estimación de la resistencia del macizo rocoso se determina la estabilidad del talud – carretera PE-3S tramo Oroya – Huancayo.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <p>a) Del análisis de la resistencia a compresión de la roca intacta se establece los esfuerzos inducidos los cuales sirven para evaluar la estabilidad del talud</p> <p>b) La estimación de los parámetros del Rock Mass Rating (RMR) permite realizar la clasificación del macizo rocoso el cual sirve para evaluar la estabilidad del talud</p> <p>c) Los factores de ajuste de las juntas permiten determinar el ángulo de talud y de reposo para evaluar la estabilidad del talud</p>	<p><b>Variable independiente</b> <b>Macizo rocoso (X1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia a la compresión confinada de la roca intacta (sigci)</li> <li>Parámetro de la roca intacta (mi)</li> <li>índice de resistencia geológica (GSI)</li> <li>Factor de perturbación (D)</li> <li>Rock mass rating (RMR)</li> <li>Factores de ajuste de las juntas</li> </ul> <p><b>Variable dependiente</b> <b>Talud (Y):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ángulo de talud</li> <li>Ángulo de reposo</li> </ul>	<p>Método científico</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Explicativo - correlacional</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> Cuasi experimental</p> <p><b>Población:</b> Comprendida entre las siguientes progresivas 75+440 al 75+929 de la carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo</p> <p><b>Muestra:</b> No probabilística - aleatoria, está conformada por 30 metros de la comprendida entre la progresiva 75+620 al 75+650.</p>

**Fuente:** Elaboración propia, 2020

## **ANEXO N° 02: PANEL FOTOGRÁFICO**



**Fotografía 1.** Vista de talud en la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia, 2020



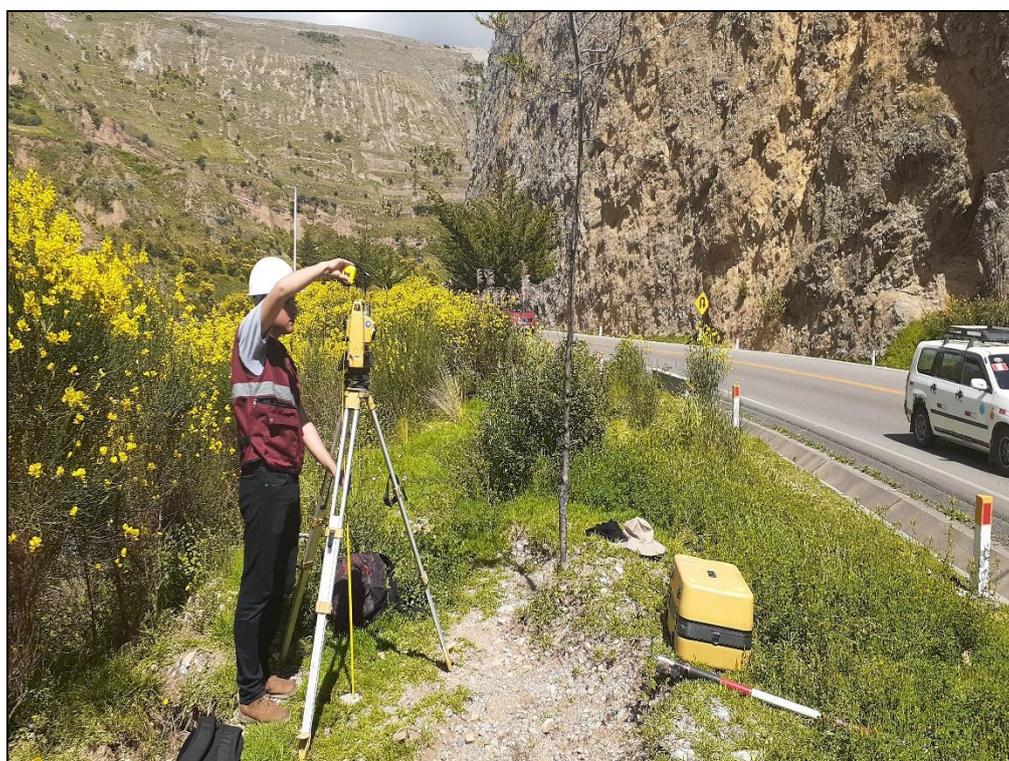
**Fotografía 2.** Inicio de punto crítico MTC KM 75+620

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Fotografía 3.** Fin de punto crítico MTC KM 75+650

Fuente: Elaboración propia, 2020



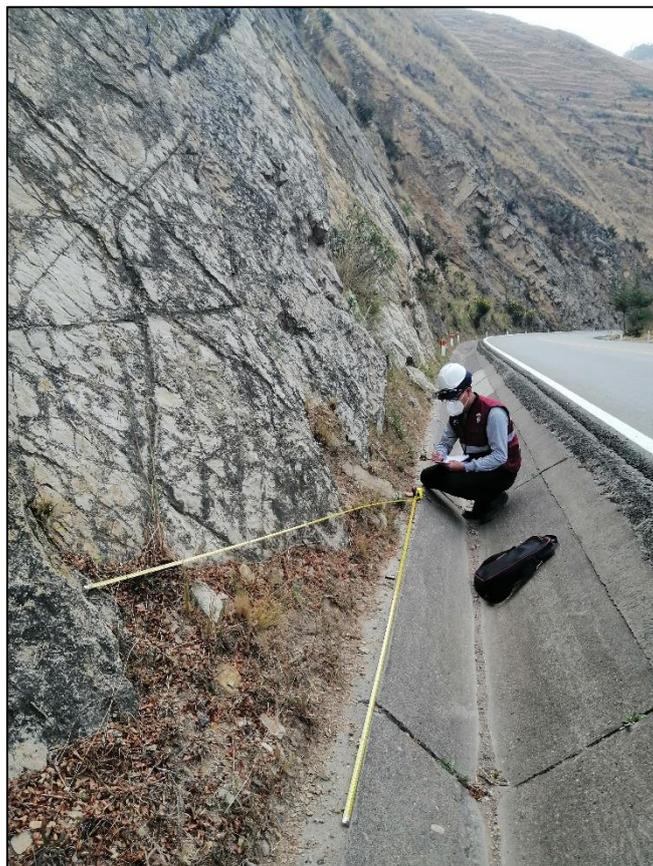
**Fotografía 4.** Estacionamiento de estación total para iniciar el levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Fotografía 5.** Levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Fotografía 6.** Toma de datos de dirección de buzamiento (DIP DIRECTION)

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Fotografía 7.** Toma de datos de buzamiento.

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Fotografía 8.** Toma de datos de agua.

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Fotografía 9.** Toma de datos de espaciamento

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Fotografía 10.** Toma de datos de relleno.

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Fotografía 11.** Zonas a tomar resistencia a compresión.

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Fotografía 12.** Resistencia a compresión en zonas determinadas.

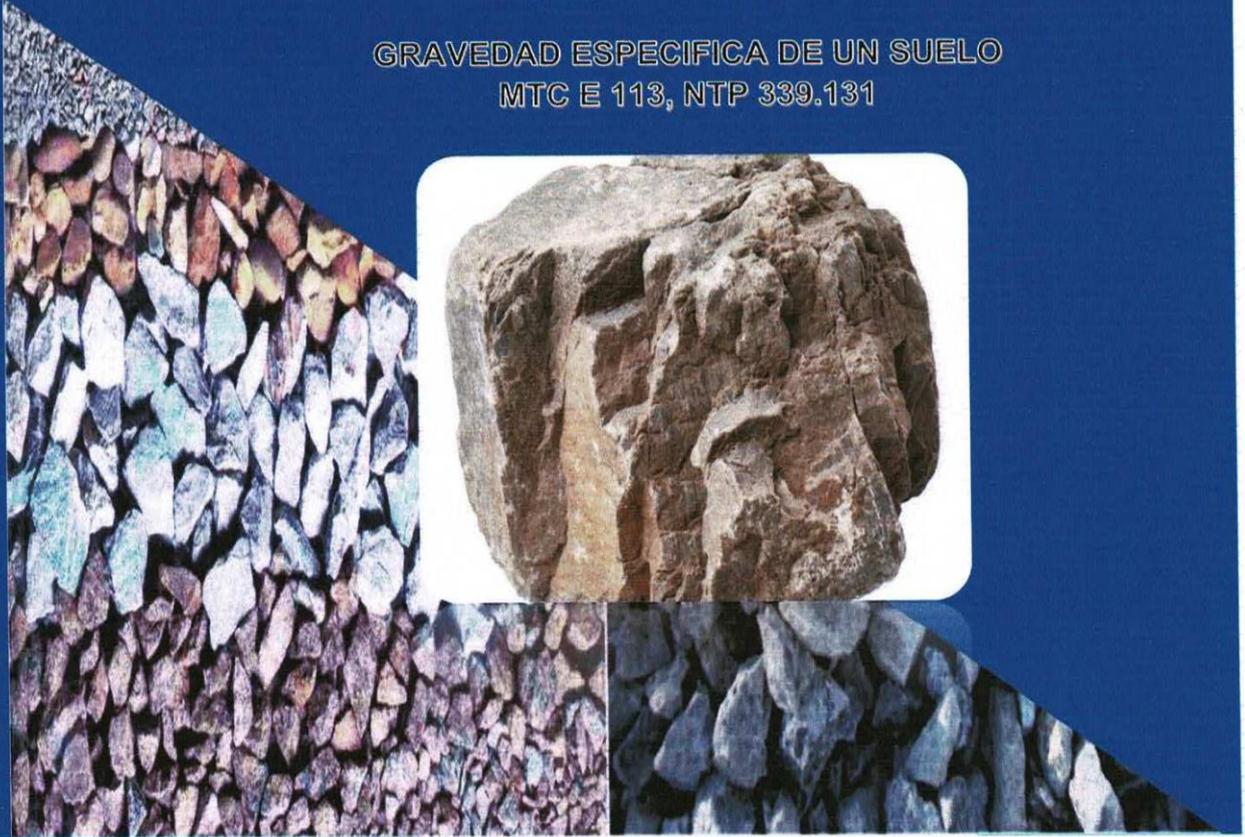
Fuente: Elaboración propia, 2020

## **ANEXO N° 03: ENSAYOS**

2020

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE  
MUESTRA ROCOSA

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE UN SUELO  
MTC E 113, NTP 339.131



**TESIS**

**“ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL  
MACIZO ROCOSO PARA EVALUAR LA  
ESTABILIDAD DEL TALUD – CARRETERA  
PE-3S TRAMO OROYA - HUANCAYO”**



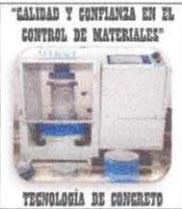
LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E  
HIDRÁULICA

GEO TEST V S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E  
HIDRÁULICA

**GEO TEST V S.A.C.**



**ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE MUESTRA ROCOSA**

**GRAVEDAD ESPECÍFICA DE UN SUELO**

MTC E 113, NTP 339.131

PROYECTO: TESIS: "ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL MACIZO ROCOSO PARA EVALUAR LA ESTABILIDAD DEL TALUD – CARRETERA PE-3S TRAMO OROYA - HUANCAYO"  
SOLICITA: BACH. DANNY ERICK PÉREZ PÉREZ  
TRAMO: Km. 75+620 - 75+650 - OROYA - HUANCAYO  
UBICACIÓN: CARRETERA PE-3S-OROYA - HUANCAYO  
MATERIAL: MUESTRAS DE ROCAS  
FECHA: 24 DE OCTUBRE DEL 2020  
TECNICO: J.L.C.CH

**A- Propiedades de las muestras**

N° de muestra	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)
M saturado	243.7	291.42	68.3
M roca	243	290.92	68.13
M seco	242.37	290.06	67.88
M sumergido	148.52	176.95	40.93

**B-volumen de las muestras**

N° de Muestra	Volumen inicial (ml)	Volumen final (ml)
Muestra 1	600	680
Muestra 2	600	700
Muestra 3	600	680

**C- Propiedades Físicas**

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Densidad del agua	1189.75	1144.7	1368.5
Volumen de vacíos	0.00111788	0.00118808	0.00030691
Contenido de agua %	0.25993316	0.29649038	0.36829699
Grado de saturación%	7056.39098	8316.91176	6416.66667
Porosidad %	1.39735238	1.18808421	1.53452685
Absorción	0.54874778	0.46886851	0.61873895
Volumen de roca	0.07888212	0.09881192	0.01969309
Relaciones de vacíos	1.01417155	1.01202369	1.01558442
Densidad másica kg/m <sup>3</sup>	3037.5	2909.2	3406.5
Densidad seca kg/m <sup>3</sup>	3072.55948	2935.47593	3446.89351
Densidad de sólidos kg/m <sup>3</sup>	3080.54608	2944.17933	3459.58831
Gravedad específica	2.55305736	2.54145191	2.48922178

NOTA: La muestra fue extraída y presentada por el solicitante.

GEO TEST V S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA  
GABRIELA VEMSI YARASCA CHÁVEZ  
TECNICO DE LABORATORIO



GEO TEST V S.A.C.  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY  
CIP N° 247312  
JEFE DE LABORATORIO

Email: labgeotestV02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com

Facebook: Geo Test V S.A.C.

Jr. Grau N°211 Chilca (Ref. a una cuadra frente al Parque Puzo Av.  
Ferrocarriil cruce con Av. Leoncio Prado)

972 831911  
957 523340  
991 375093

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles.

**ANEXO N° 04: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS  
USADOS EN ENSAYOS**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 061 - 2020***Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 6

<b>1. Expediente</b>	<b>200244</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR</b>
<b>3. Dirección</b>	Jr Grau 211, Huancayo - JUNIN
<b>4. Equipo</b>	<b>HORNO</b>
<b>Alcance Máximo</b>	De 0 °C a 300 °C
<b>Marca</b>	A&A INSTRUMENTS
<b>Modelo</b>	STHX-3A
<b>Número de Serie</b>	190944
<b>Procedencia</b>	CHINA
<b>Identificación</b>	NO INDICA
<b>Ubicación</b>	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

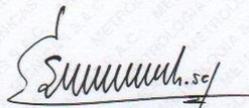
**5. Fecha de Calibración 2020-06-08**

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-06-10


**ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ**

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 061 - 2020**

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 6

**6. Método de Calibración**

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

**7. Lugar de calibración**

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.  
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21,3 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	66 %	67 %



El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120min minutos.  
El controlador se seteo en 110 °C

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 104 - 2018	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	LT - 0669 - 2019
Dirección de Metrología INACAL LT - 272 - 2018		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 061 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

#### 11. Resultados de Medición

##### PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T <sub>prom</sub> (°C)	máx-T <sub>m</sub>
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,6	110,3	107,6	109,6	109,0	107,9	109,0	109,8	107,2	108,3	110,2	108,9	3,1
02	110,0	109,6	107,0	109,1	108,3	107,5	108,5	109,3	106,6	107,9	109,6	108,3	3,0
04	109,4	109,4	106,8	109,0	108,3	107,4	108,8	109,1	106,6	108,2	109,9	108,3	3,3
06	109,4	109,9	107,1	109,3	108,9	108,2	109,3	109,7	106,9	108,7	110,4	108,8	3,5
08	110,0	110,5	107,6	109,7	109,3	108,2	108,1	109,9	107,3	109,0	110,9	109,0	3,6
10	110,6	110,5	107,8	110,0	109,4	108,2	109,7	110,2	107,6	108,9	110,5	109,3	2,9
12	110,4	110,0	107,1	109,1	108,7	107,3	108,4	108,8	106,3	107,6	110,0	108,3	3,7
14	109,3	109,3	106,8	109,0	108,3	107,1	108,8	109,3	106,7	108,3	109,8	108,3	3,1
16	110,0	110,5	107,7	109,8	109,2	108,0	109,5	110,1	107,2	109,2	110,8	109,2	3,6
18	110,5	110,7	107,9	110,1	109,5	108,3	109,7	109,9	107,4	109,0	110,7	109,3	3,3
20	110,6	110,3	107,6	109,6	109,0	107,9	109,0	109,8	107,2	108,3	110,2	108,9	3,1
22	110,0	109,6	107,0	109,1	108,3	107,5	108,5	109,3	106,6	107,9	109,6	108,3	3,0
24	109,4	109,4	106,8	109,0	108,3	107,4	108,8	109,1	106,6	108,2	109,9	108,3	3,3
26	109,6	109,9	107,4	109,6	109,0	107,6	109,5	110,3	107,2	109,0	110,7	109,0	3,5
28	110,2	110,7	107,9	110,2	109,4	107,8	109,8	110,2	107,5	109,2	110,7	109,3	3,2
30	110,5	110,0	107,3	109,4	108,7	107,7	109,0	109,3	106,8	108,2	110,1	108,6	3,3
32	109,6	109,3	106,7	108,8	108,2	107,4	108,4	109,0	106,4	107,7	109,6	108,1	3,2
34	109,3	109,5	107,0	109,1	108,5	107,3	109,2	109,6	107,2	108,5	110,3	108,6	3,2
36	110,7	110,5	107,6	109,8	109,1	108,2	109,5	110,1	106,9	108,1	110,6	109,0	3,7
38	109,4	109,4	106,8	109,0	108,3	107,4	108,8	109,1	106,6	108,2	109,9	108,3	3,3
40	109,4	109,9	107,1	109,3	108,9	108,2	109,3	109,7	106,9	108,7	110,4	108,8	3,5
42	110,0	110,5	107,6	109,7	109,3	108,2	108,1	109,9	107,3	109,0	110,9	109,0	3,6
44	110,6	110,5	107,8	110,0	109,4	108,2	109,7	110,2	107,6	108,9	110,5	109,3	2,9
46	110,4	110,0	107,1	109,1	108,7	107,3	108,4	108,8	106,3	107,6	110,0	108,3	3,7
48	109,3	109,3	106,8	109,0	108,3	107,1	108,8	109,3	106,7	108,3	109,8	108,3	3,1
50	110,0	110,5	107,7	109,8	109,2	108,0	109,5	110,1	107,2	109,2	110,8	109,2	3,6
52	110,5	110,7	107,9	110,1	109,5	108,3	109,7	109,9	107,4	109,0	110,7	109,3	3,3
54	110,6	110,3	107,6	109,6	109,0	107,9	109,0	109,8	107,2	108,3	110,2	108,9	3,1
56	110,0	109,6	107,0	109,1	108,3	107,5	108,5	109,3	106,6	107,9	109,6	108,3	3,0
58	109,4	109,9	107,1	109,3	108,9	108,2	109,3	109,7	106,9	108,7	110,4	108,8	3,5
60	110,0	110,5	107,6	109,7	109,3	108,2	108,1	109,9	107,3	109,0	110,9	109,0	3,6
T.PRON	110,0	110,1	107,4	109,4	108,8	107,7	109,0	109,7	107,0	108,5	110,2	108,8	
T.MAX	110,7	110,7	107,9	110,2	109,5	108,3	109,8	110,3	107,6	109,2	110,9		
T.MIN	109,3	109,3	106,7	108,8	108,2	107,1	108,1	108,8	106,3	107,6	109,6		
DTT	1,4	1,4	1,2	1,4	1,3	1,2	1,8	1,5	1,3	1,6	1,3		



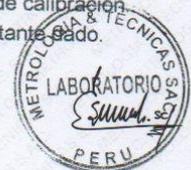
Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 061 - 2020

Página 4 de 6

PARÁMETRO	VALOR ( °C )	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA ( °C )
Máxima Temperatura Medida	110,9	0,2
Mínima Temperatura Medida	106,3	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,8	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,3	0,3
Estabilidad Medida ( ± )	0,9	0,04
Uniformidad Medida	3,7	0,3

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.  
T.MAX : Temperatura máxima.  
T.MIN : Temperatura mínima.  
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.



Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

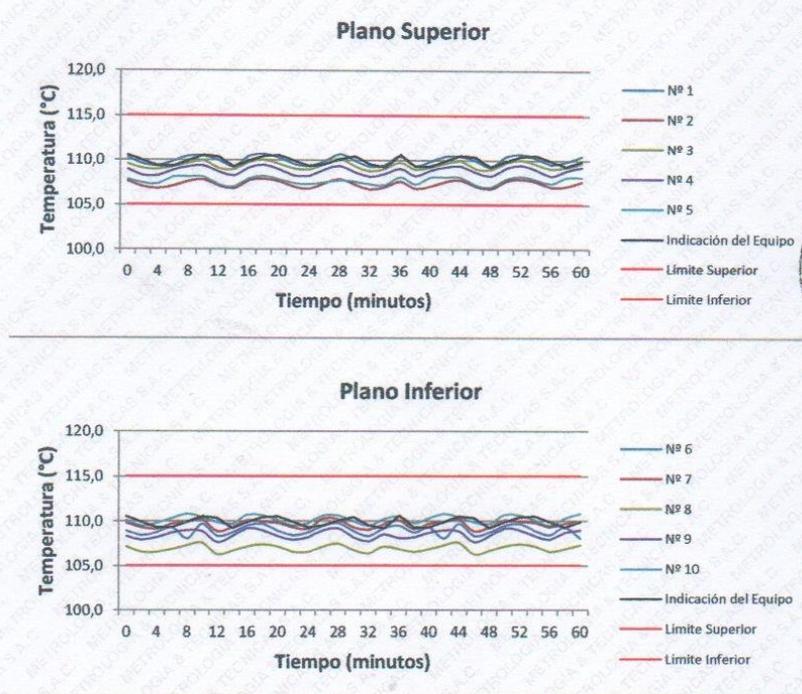
La estabilidad es considerada igual a  $\pm 1/2$  DTT.

Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 061 - 2020

Página 5 de 6

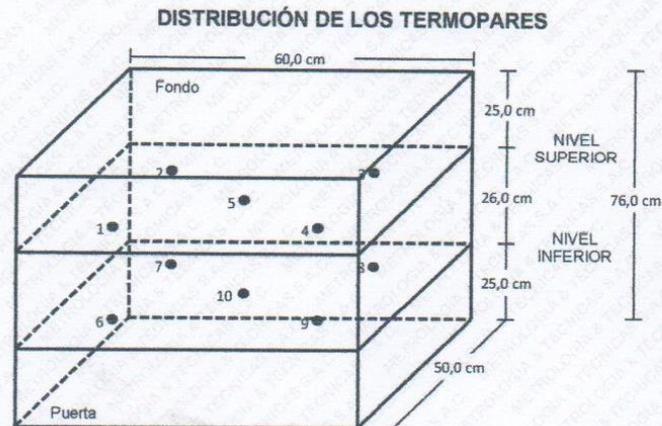
#### DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$



Área de Metrología  
Laboratorio de Temperatura

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LT - 061 - 2020**

Página 6 de 6



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 10 cm de las paredes laterales y a 9 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento

**METROTEC**

CALIBRADO

N° CERTIFICADO: MT-LM-165-2020

SERIE / CÓDIGO: 8340086798

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2020-06-04

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 Lote 24 Urb. San Diego - Lima  
Telf.: (011) 540-0642 E-mail: metrologia@metrologiatecnicas.com**TROTEC****METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 165 - 2020***Área de Metrología  
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

<b>1. Expediente</b>	<b>200241</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR</b>
<b>3. Dirección</b>	<b>Jr Grau 211, Huancayo - JUNIN</b>
<b>4. Equipo de medición</b>	<b>BALANZA ELECTRÓNICA</b>
<b>Capacidad Máxima</b>	<b>620 g</b>
<b>División de escala (d)</b>	<b>0,01 g</b>
<b>Div. de verificación (e)</b>	<b>0,01 g</b>
<b>Clase de exactitud</b>	<b>II</b>
<b>Marca</b>	<b>OHAUS</b>
<b>Modelo</b>	<b>NV622</b>
<b>Número de Serie</b>	<b>8340086798</b>
<b>Capacidad mínima</b>	<b>0,2 g</b>
<b>Procedencia</b>	<b>U.S.A.</b>
<b>Identificación</b>	<b>NO INDICA</b>
<b>5. Fecha de Calibración</b>	<b>2020-06-04</b>

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

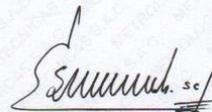
El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2020-06-04

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello


**ELEAZAR CESAR CHÁVEZ RARAZ**

Metrología &amp; Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LM - 165 - 2020**

Página 2 de 4

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

**7. Lugar de calibración**

Las instalaciones de la empresa **TÉCNICAS CP S.A.C.**  
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	21,9 °C	21,9 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: 180467001	PESAS (Clase de Exactitud: E2)	LM-C-198-2019

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 165 - 2020

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

#### 11. Resultados de Medición

##### INSPECCIÓN VISUAL

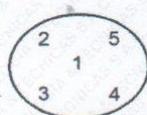
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

##### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 300,00 g			Carga L2 = 600,00 g			
	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	
1	300,00	5	0	600,00	5	0	
2	300,00	5	0	600,00	5	0	
3	300,00	5	0	600,01	6	9	
4	300,00	6	-1	600,00	5	0	
5	300,00	6	-1	600,00	6	-1	
6	300,00	5	0	600,00	5	0	
7	300,00	5	0	600,00	5	0	
8	300,00	6	-1	600,00	6	-1	
9	300,00	5	0	600,00	6	-1	
10	300,00	5	0	600,01	7	8	
Diferencia Máxima			1	Diferencia Máxima			10
Error Máximo Permissible			$\pm 30$	Error Máximo Permissible			$\pm 30$



##### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición de las cargas

Temperatura	Inicial	Final
	21,9 °C	21,9 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	$\Delta L$ (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	$\Delta L$ (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0,10 g	0,10	5	0	200,00	200,00	5	0	0
2		0,10	5	0		200,01	6	9	9
3		0,10	5	0		199,99	4	-9	-9
4		0,10	5	0		200,00	6	-1	-1
5		0,10	5	0		200,00	5	0	0
Error máximo permisible									$\pm 20$

\* Valor entre 0 y 10e

Área de Metrología  
Laboratorio de Masas

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 165 - 2020

Página 4 de 4

### ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21,9 °C	21,9 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** ( ± mg )
	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	l (g)	ΔL ( mg )	E ( mg )	Ec ( mg )	
0,10	0,10	5	0						
0,20	0,20	5	0	0	0,20	5	0	0	10
1,00	1,00	5	0	0	1,00	5	0	0	10
10,00	10,00	5	0	0	10,00	5	0	0	10
50,00	50,00	6	-1	-1	50,00	5	0	0	10
100,00	100,00	6	-1	-1	100,00	6	-1	-1	20
200,00	200,00	5	0	0	200,00	5	0	0	20
300,00	300,00	6	-1	-1	300,00	5	0	0	30
400,00	400,00	5	0	0	400,01	6	9	9	30
500,00	500,01	7	8	8	500,01	6	9	9	30
620,00	620,01	7	8	8	620,01	7	8	8	30

\*\* error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.  
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.  
E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero.  
E<sub>c</sub>: Error corregido.



Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,00000465 R$$

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{(0,0000377 \text{ g}^2 + 0,00000000024 \text{ R}^2)}$$

### 12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

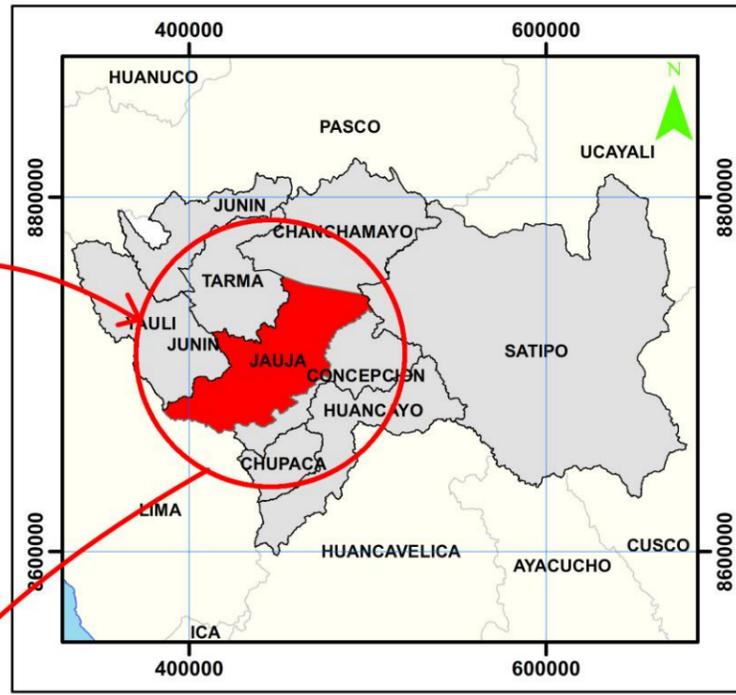
## **ANEXO N° 05: PLANOS**

**DEPARTAMENTO : JUNÍN**



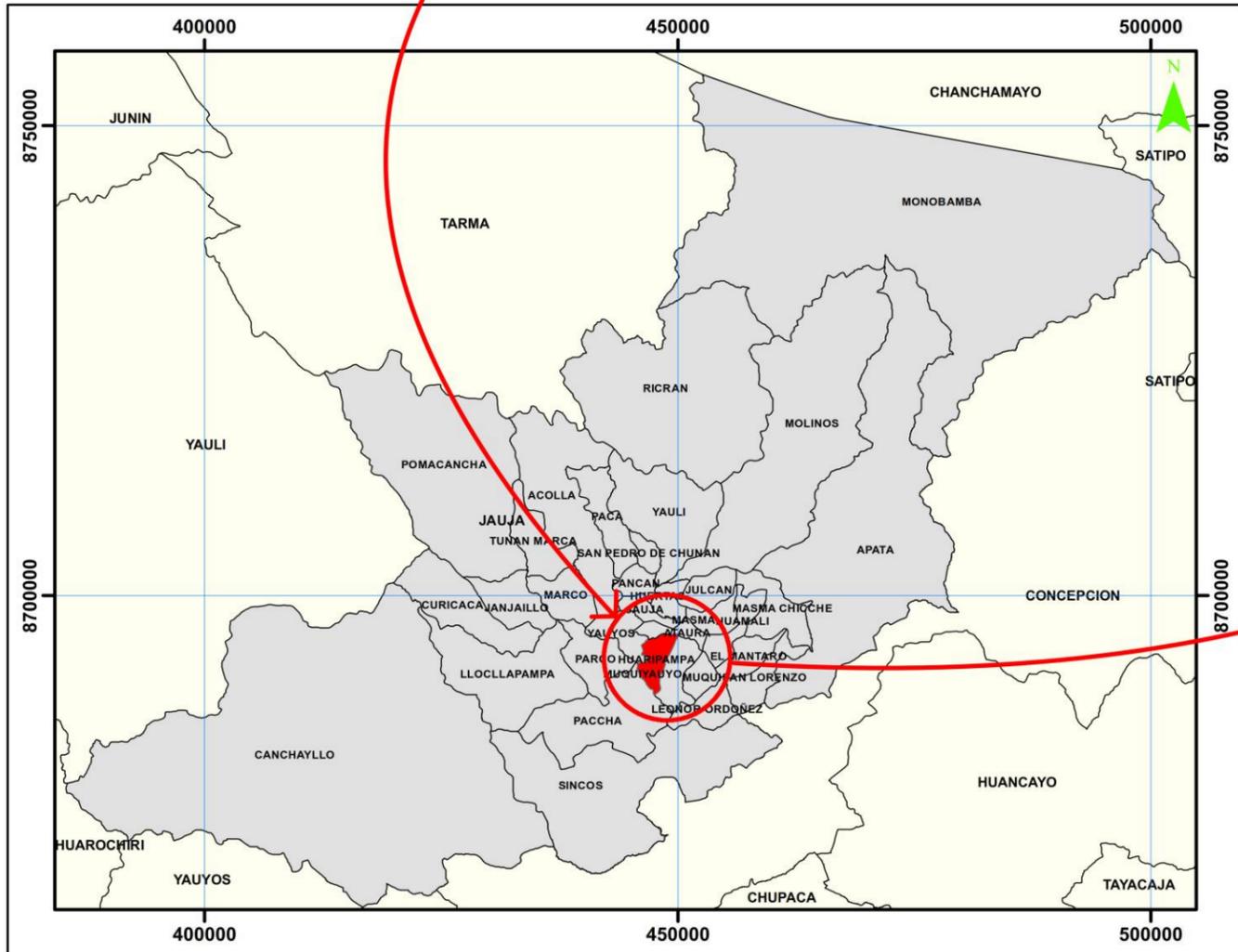
Escala: 1:25,000,000

**PROVINCIA: JAUJA**



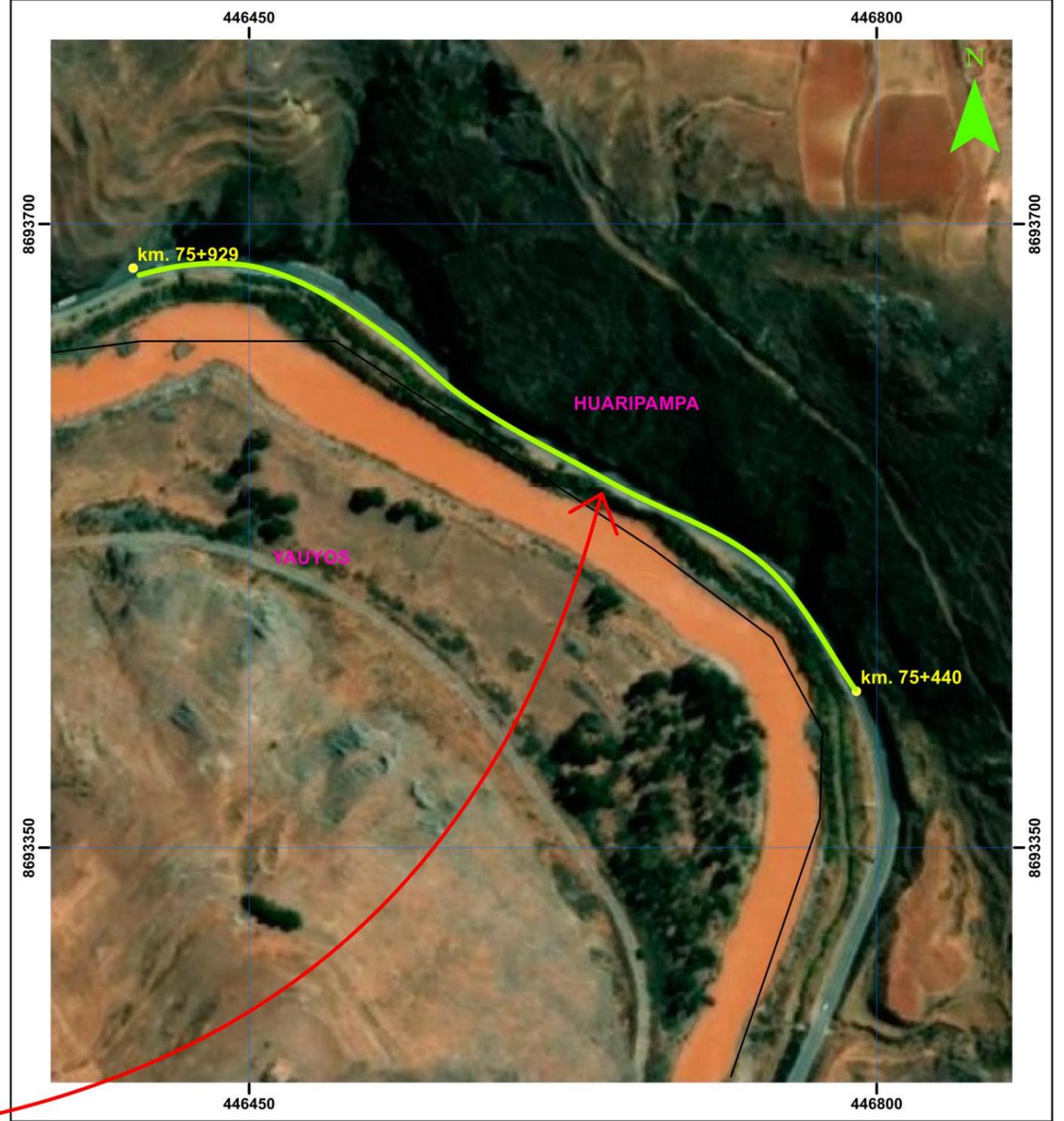
Escala: 1:4,000,000

**DISTRITO: HUARIPAMPA**

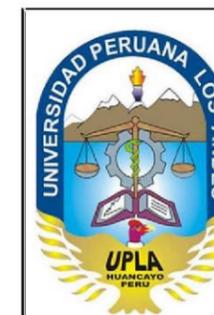


Escala: 1:700,000

**PROGRESIVA 75+440 - 75+929**

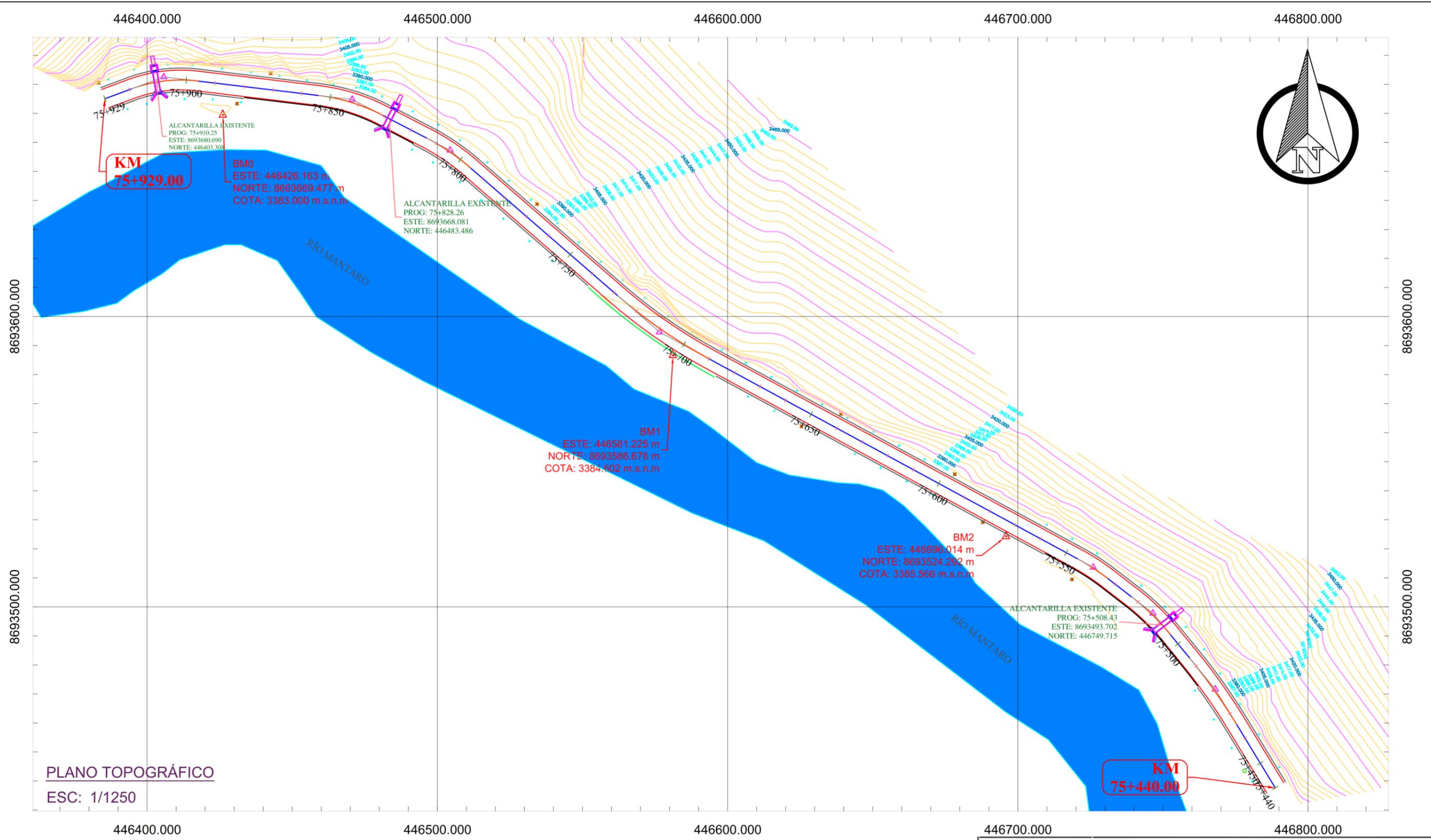


Escala: 1:3,000



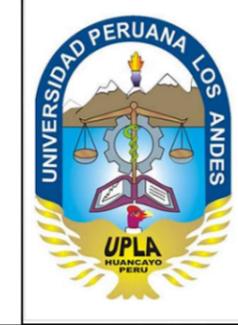
Tesis: "Estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo"

Ubicación y localización		
Plano:		
Dibujo:	Fecha:	Lámina:
D.E.P.P	Abril - 2020	UL - 01
Escala:	Sistema de posicionamiento:	
Indicada	UTM - WGS84	



PLANO TOPOGRÁFICO  
 ESC: 1/1250

UBICACION DE RED DE BMS				
N° DE PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	446426.163	8693669.477	3383.000	BM0
125	446581.225	8693586.678	3384.602	BM1
262	446696.014	8693524.292	3385.566	BM2

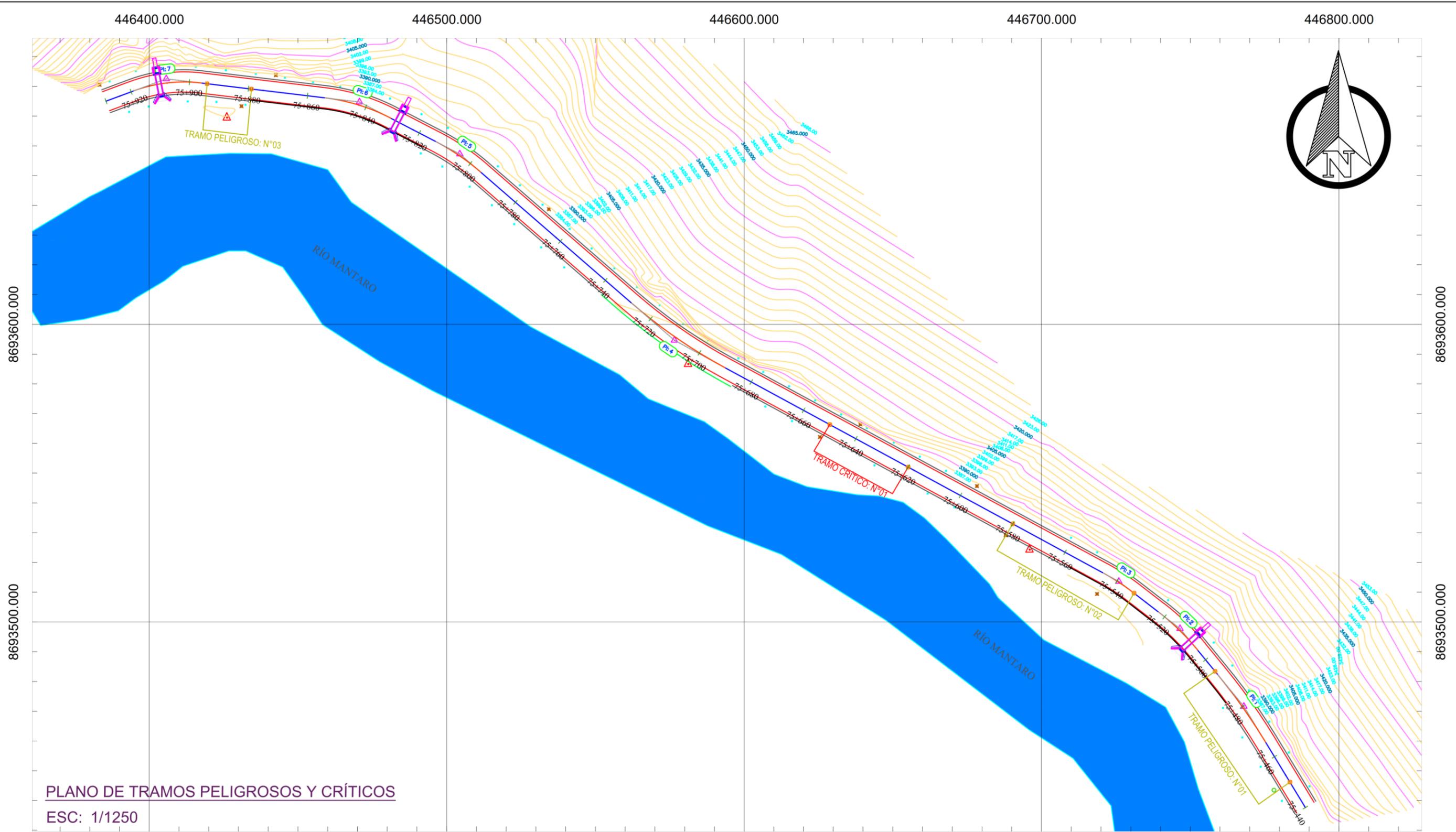


Tesis: "Estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo"

Plano: Topográfico

Dibujo: D.E.P.P      Fecha: Abril - 2020      Lámina: PT- 01

Escala: 1/1250      Sistema de posicionamiento: UTM - WGS84

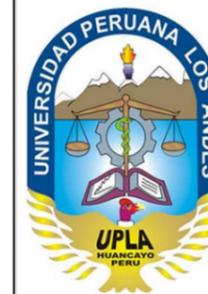


**PLANO DE TRAMOS PELIGROSOS Y CRÍTICOS**

ESC: 1/1250

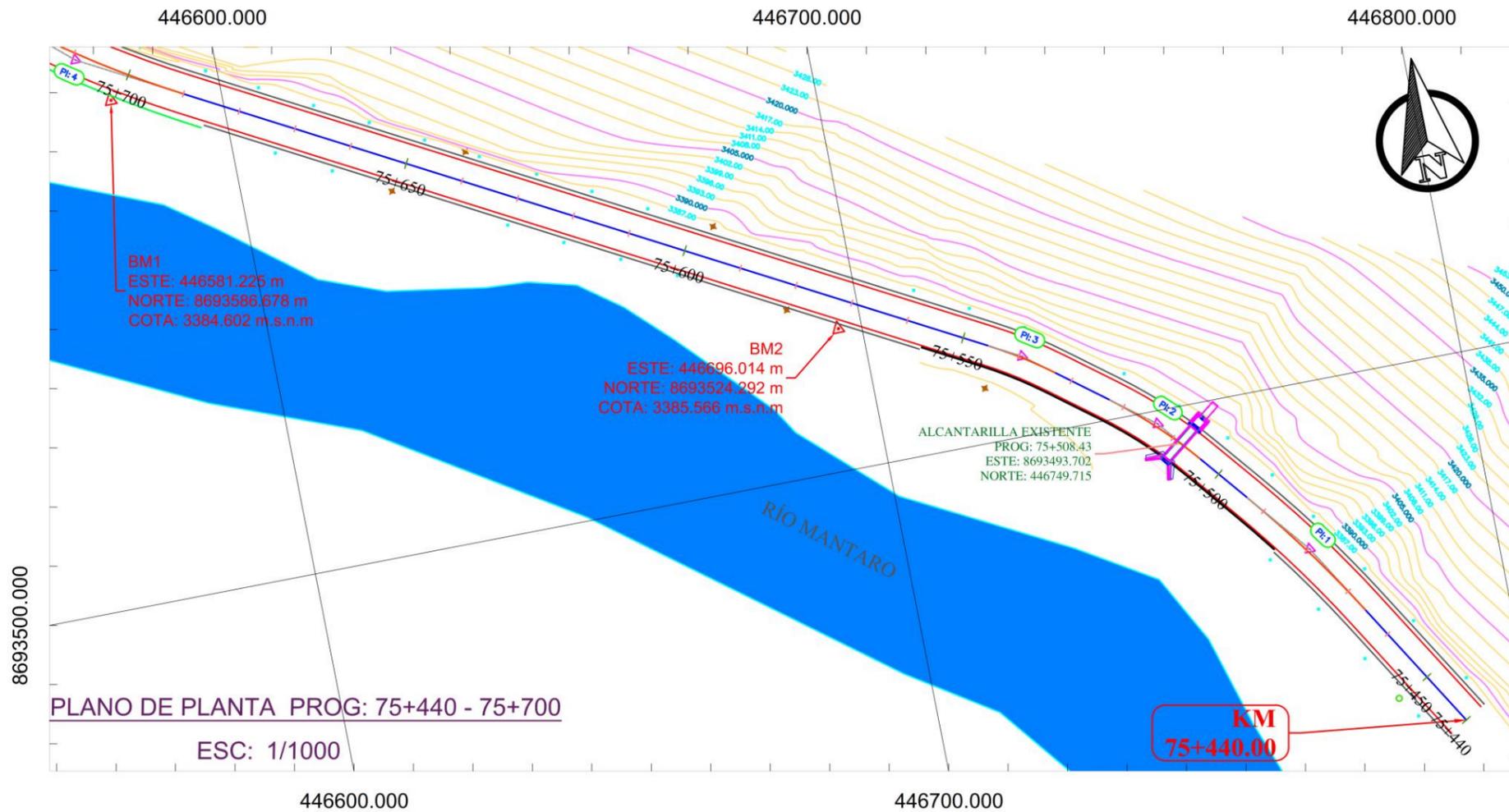
CUADRO DE TRAMOS PELIGROSOS				
TRAMO N°	ITP	FTP	LONGITUD AFEC TADA	TIPO DE TRATAMIENTO
01	75+450	75+495	45ml.	Ocasional y puntual
02	75+533	75+580	47ml.	Ocasional y puntual
03	75+879	75+894	15ml.	Ocasional y puntual

CUADRO DE TRAMOS CRÍTICOS				
TRAMO N°	ITC	FTC	LONGITUD AFEC TADA	TIPO DE TRATAMIENTO
01	75+620	75+650	30ml.	Ocasional y puntual



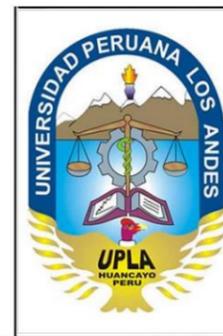
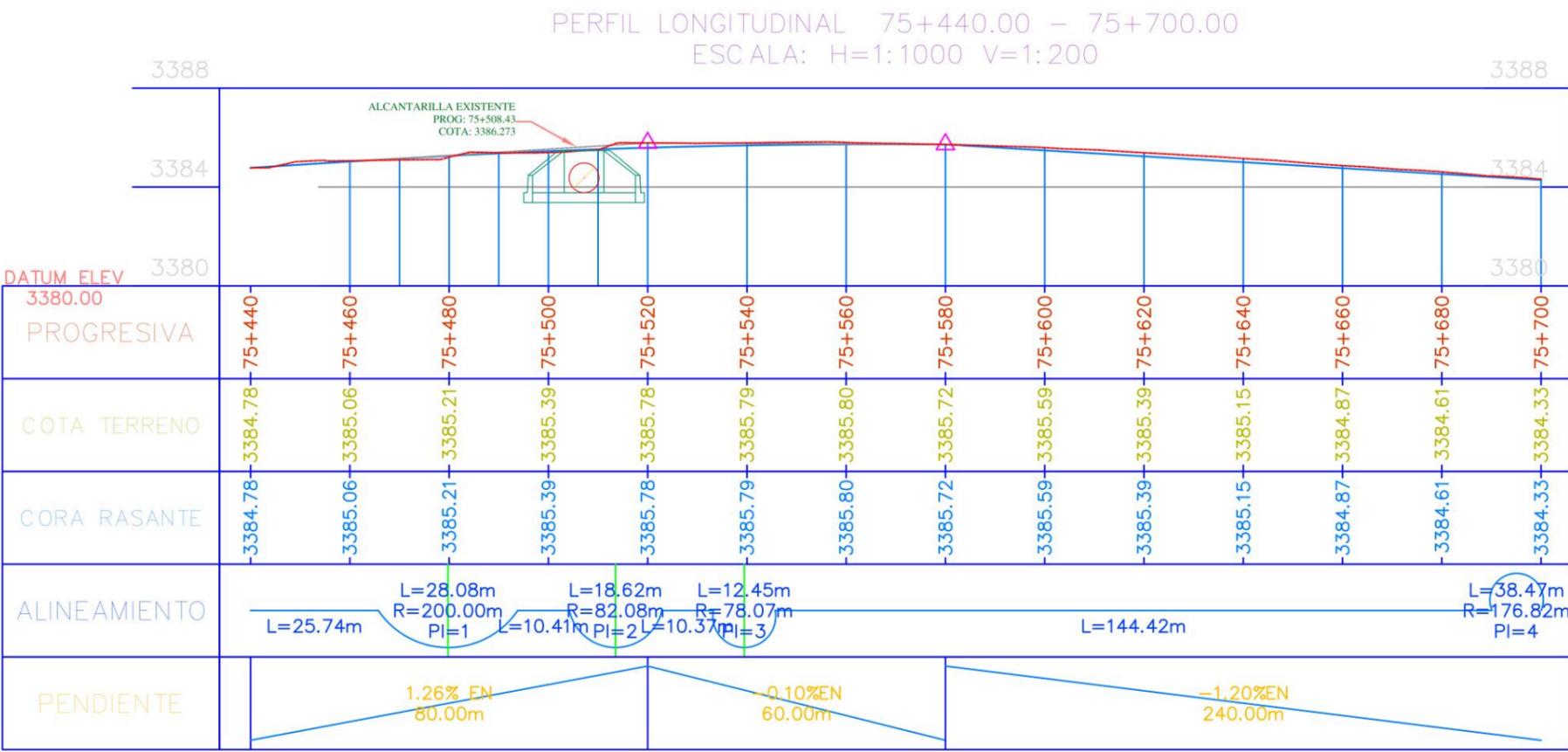
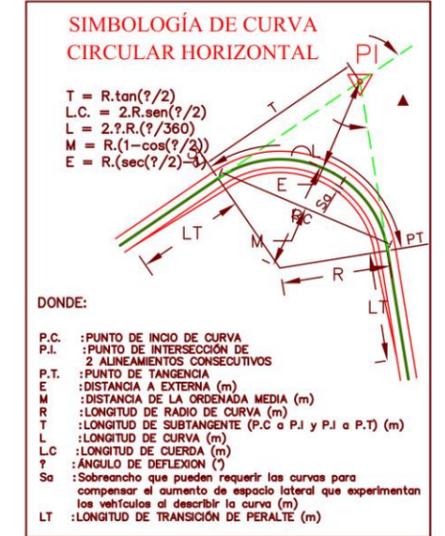
Tesis: "Estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo"

Plano:			Tramos Peligrosos y Críticos		
Dibujo:	D.E.P.P	Fecha:	Abril - 2020	Lámina:	
Escala:	1/1250	Sistema de posicionamiento:	UTM - WGS84		TP- 01



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA

NUMERO PI	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-1	N35° 21' 48"W	8°02'38"	200.00	14.06	28.08	28.06	0.49	0.49	75+479.80	75+465.74	75+493.82	8693471.63	446768.02
PI-2	N45° 53' 04"W	12°59'55"	82.08	9.35	18.62	18.58	0.53	0.53	75+513.57	75+504.22	75+522.85	8693467.77	446746.56
PI-3	N56° 57' 14"W	9°08'24"	78.07	6.24	12.45	12.44	0.25	0.25	75+539.46	75+533.22	75+545.67	8693513.62	446725.99

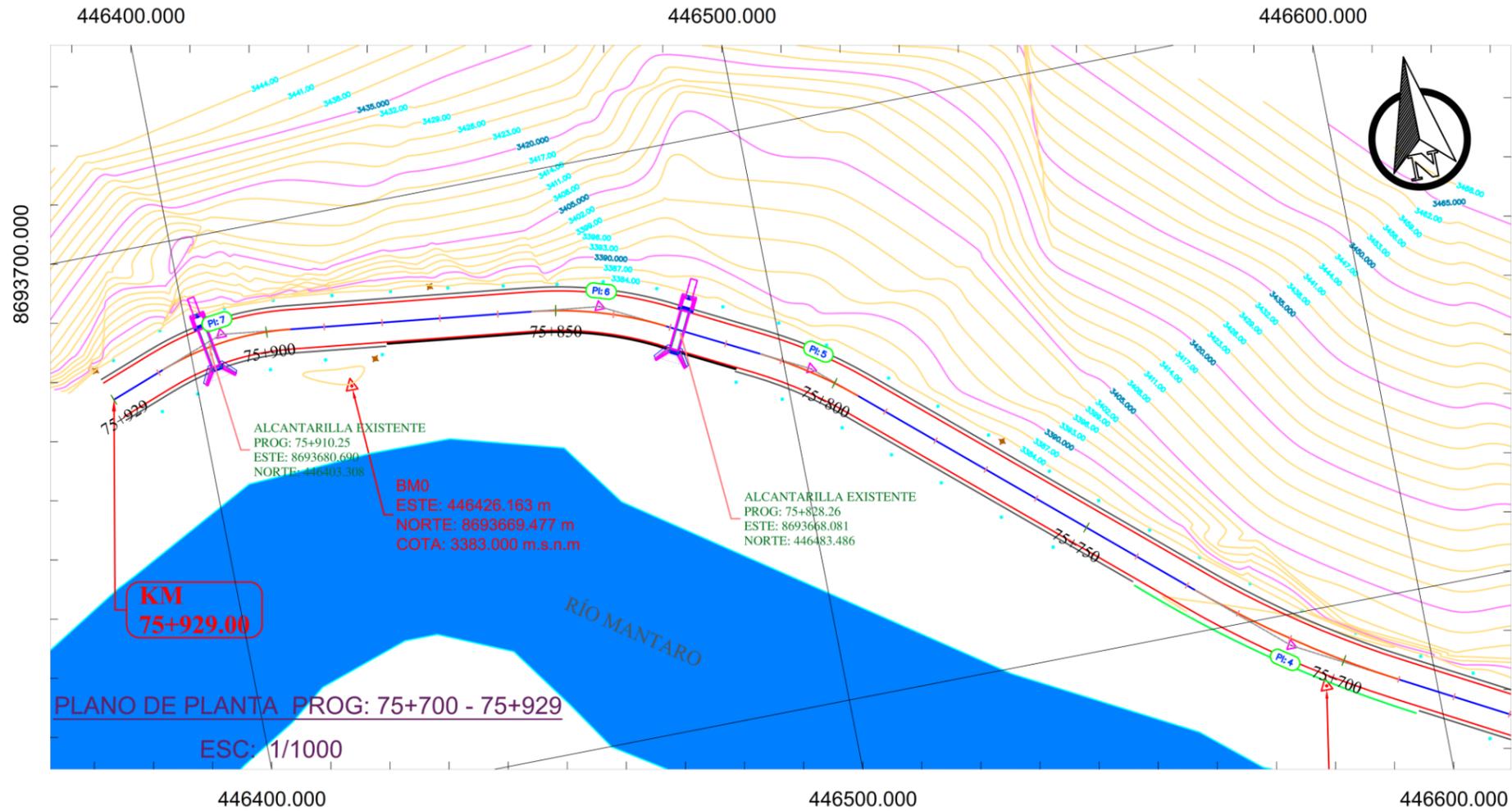


Tesis: "Estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo"

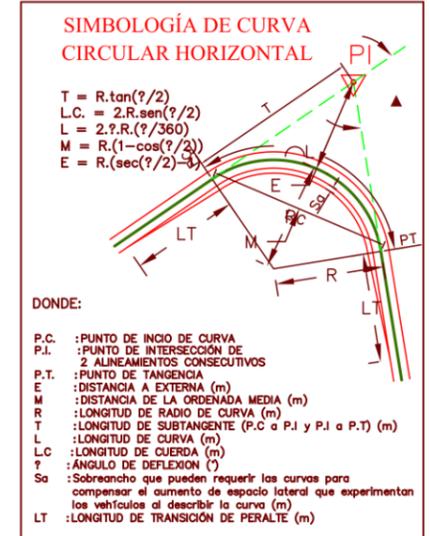
Plano: **Planta y perfil**

Dibujo: D.E.P.P      Fecha: Abril - 2020      Lámina: PP - 01

Escala: Indicada      Sistema de posicionamiento: UTM - WGS84



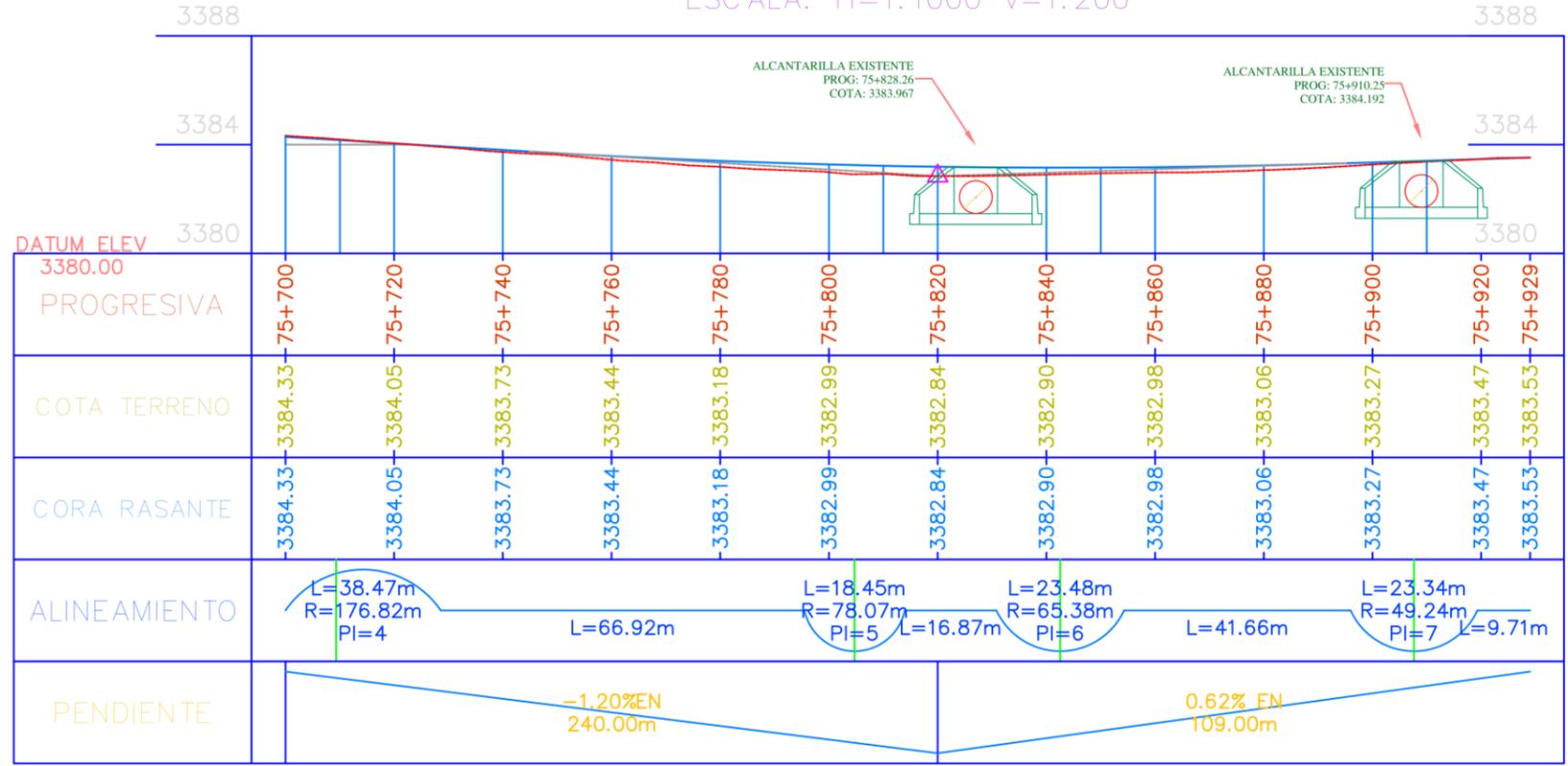
CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA													
NÚMERO	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI-4	N55° 17' 29"W	12°27'55"	176.82	19.31	38.47	38.39	1.05	1.05	75+709.41	75+690.10	75+728.56	8693594.66	446576.58
PI-5	N55° 49' 49"W	13°32'35"	78.07	9.27	18.45	18.41	0.55	0.54	75+804.76	75+795.49	75+813.94	8693657.24	446504.44
PI-6	N72° 53' 27"W	20°34'42"	65.38	11.87	23.48	23.36	1.07	1.05	75+842.68	75+830.81	75+854.29	8693674.73	446470.69
PI-7	S83° 14' 36"W	27°09'12"	49.24	11.89	23.34	23.12	1.42	1.38	75+907.84	75+895.95	75+919.29	8693682.50	446405.74



**LEYENDA**

Curva de nivel mayor		ALCANTARILLA	
Curva de nivel menor		POSTE DE LUZ	
Centro de Curva		POSTE DE MADERA	
BMs		SEÑALIZACIÓN	
RÍO		CUNETA	
BORDEVÍA		MURO DE CONTENCIÓN	

PERFIL LONGITUDINAL 75+700.00 - 75+929.00  
 ESCALA: H=1:1000 V=1:200

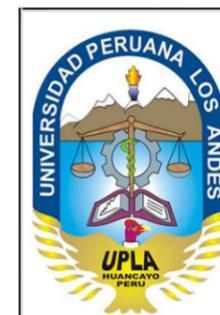
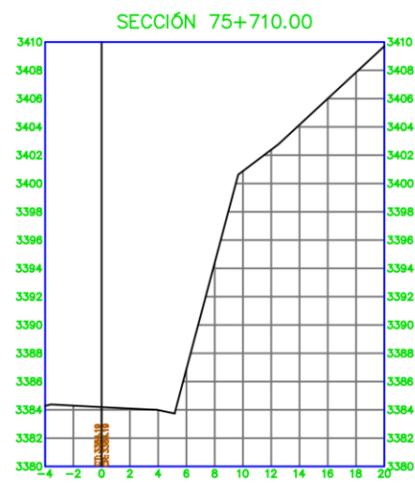
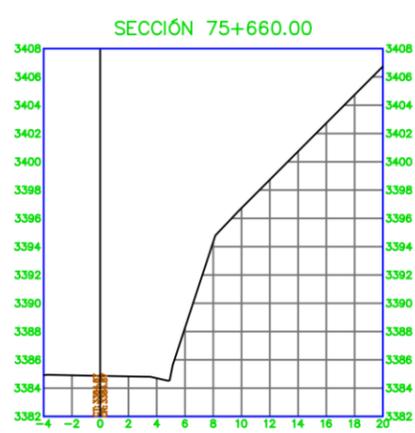
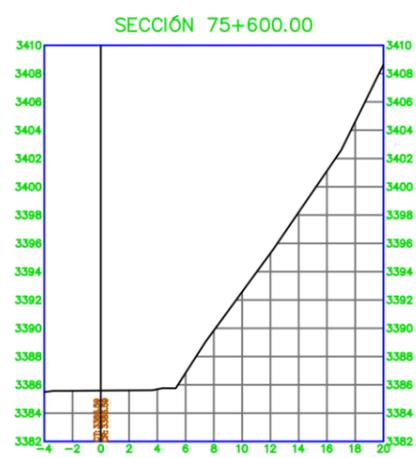
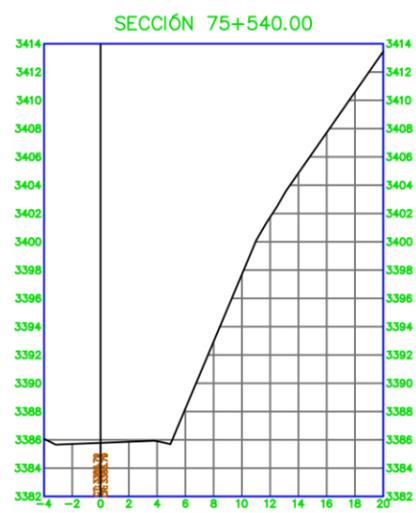
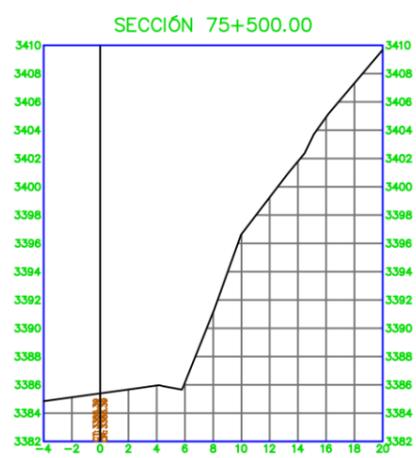
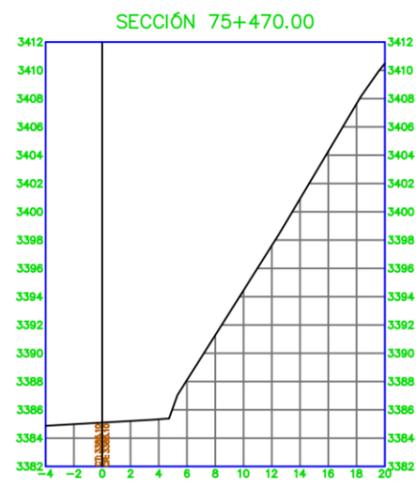
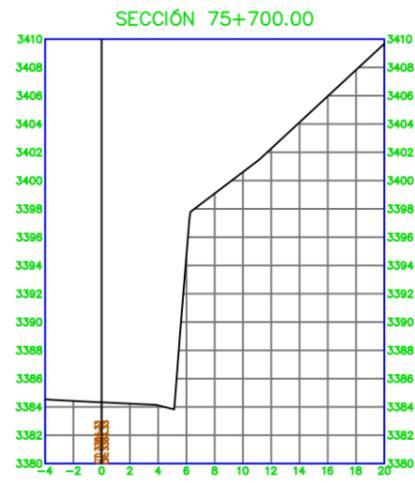
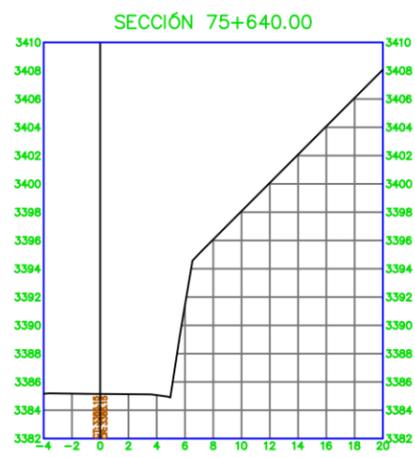
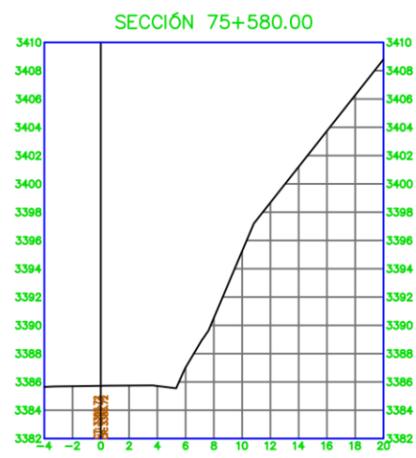
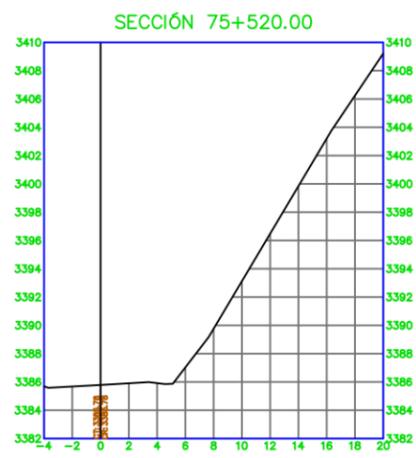
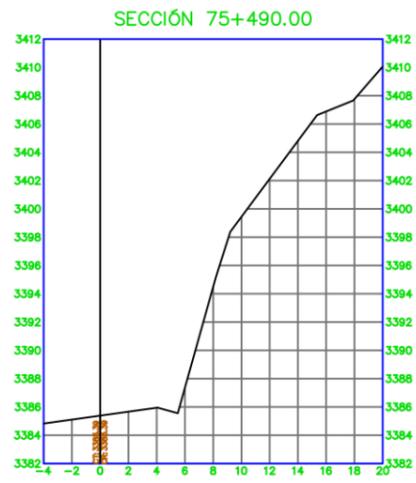
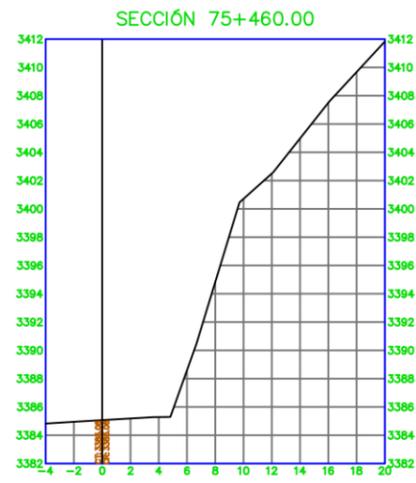
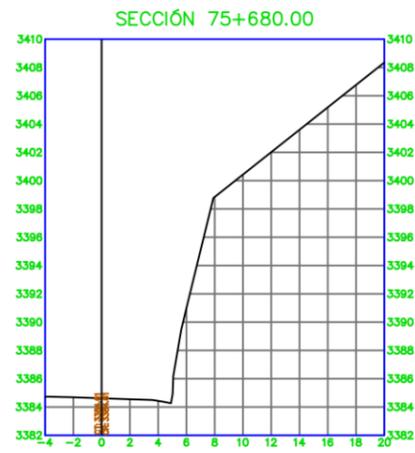
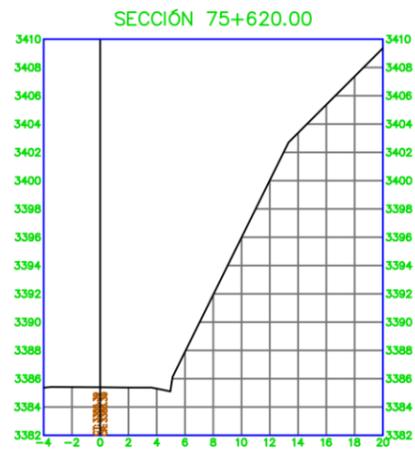
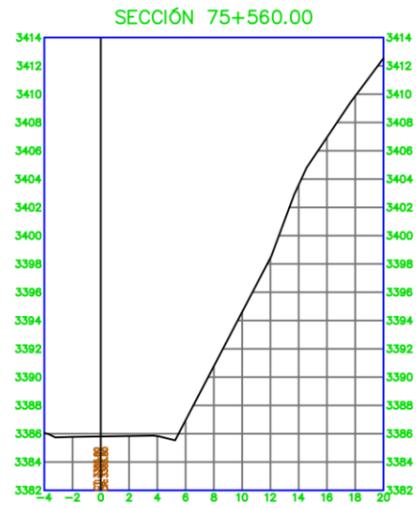
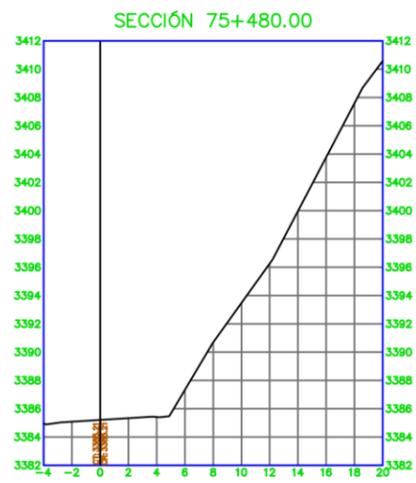
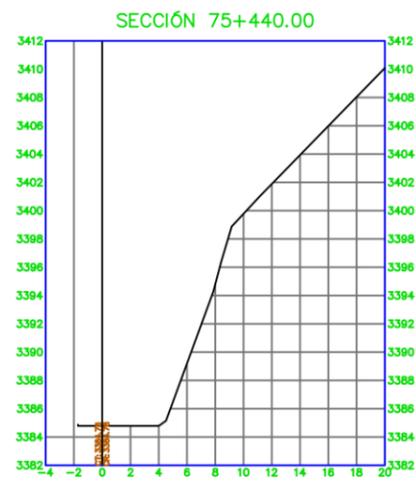


Tesis: "Estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo"

Plano: **Planta y perfil**

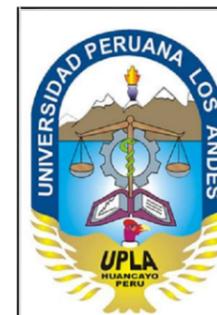
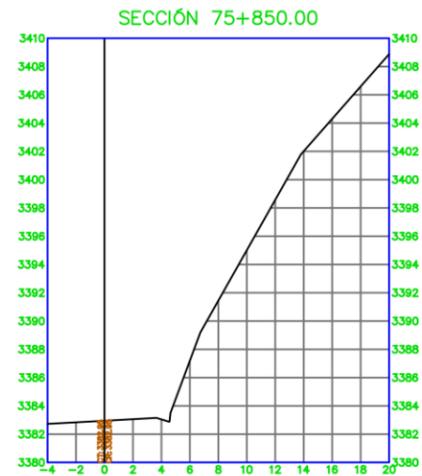
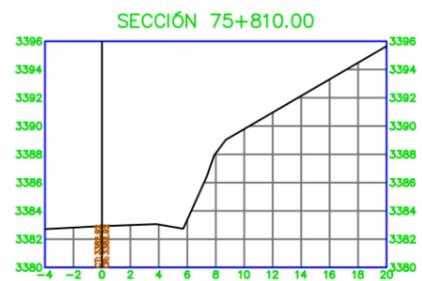
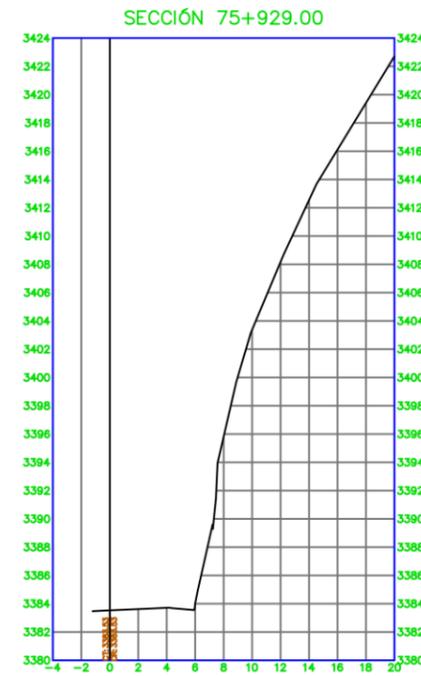
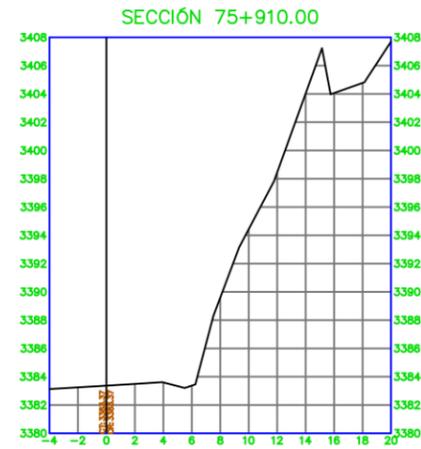
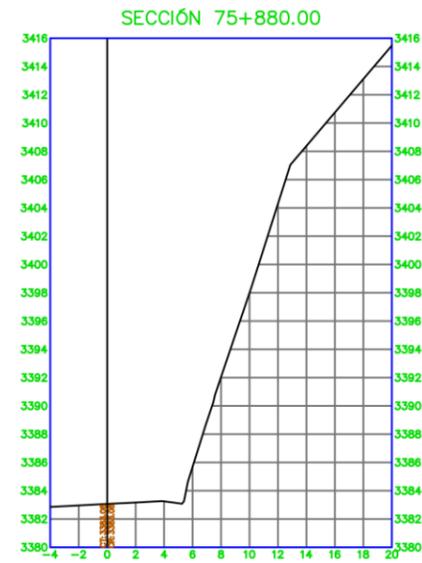
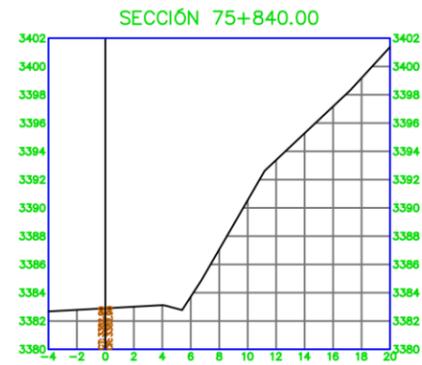
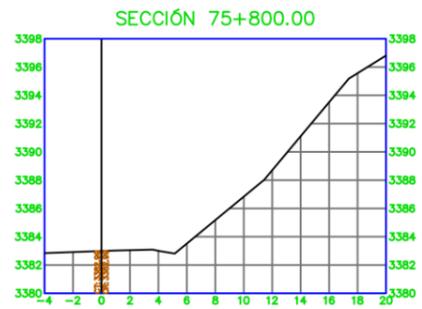
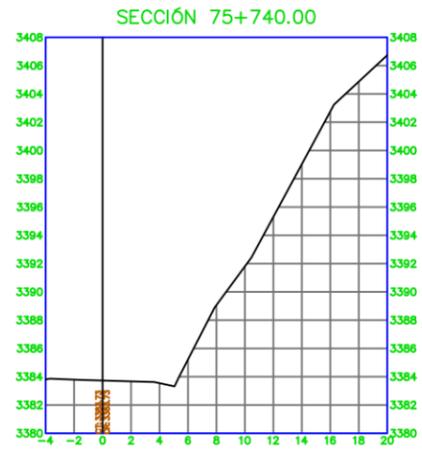
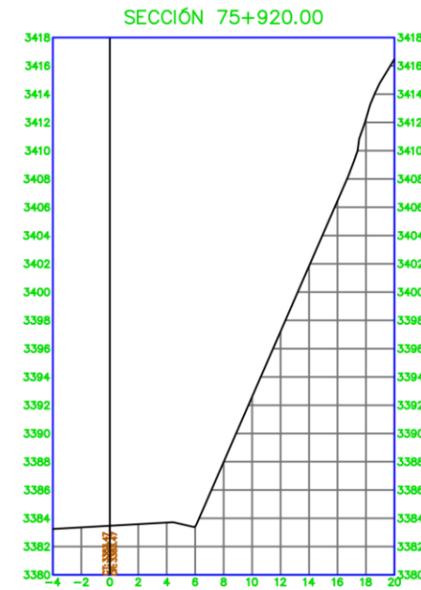
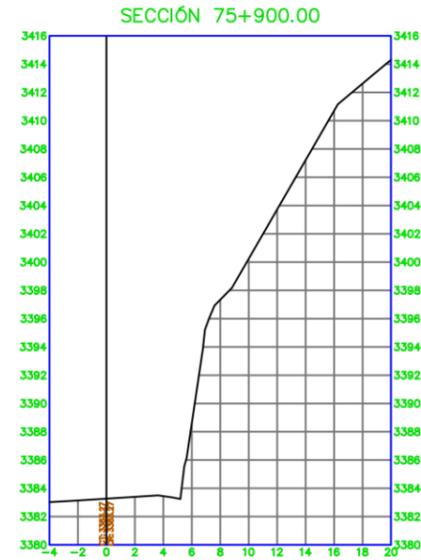
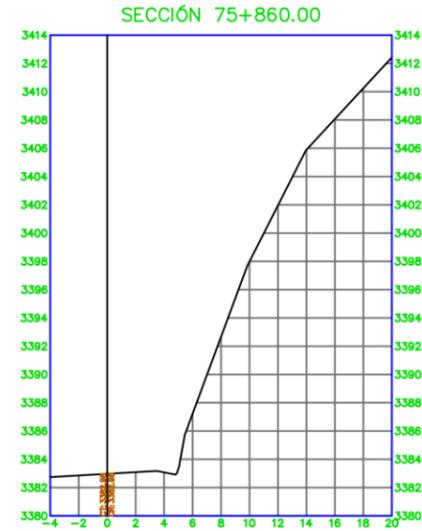
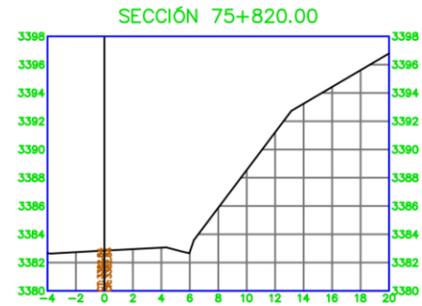
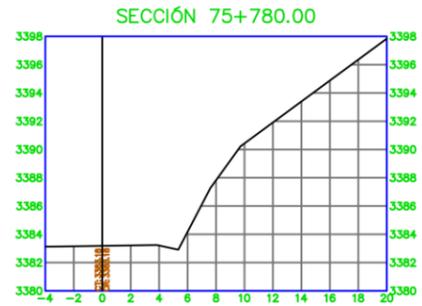
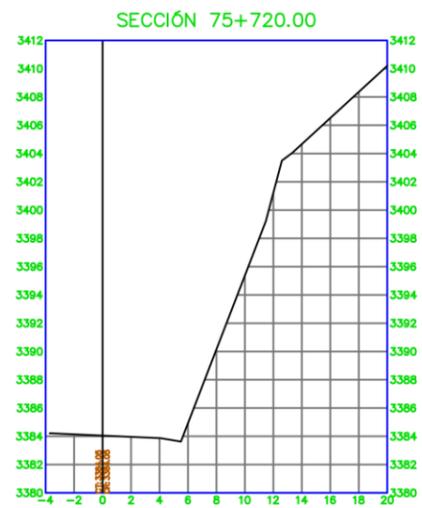
Dibujo: D.E.P.P      Fecha: Abril - 2020      Lámina: PP - 02

Escala: Indicada      Sistema de posicionamiento: UTM - WGS84



Tesis: "Estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo"

Plano: Secciones transversales		
Dibujo: D.E.P.P	Fecha: Abril - 2020	Lámina:
Escala: 1/500	Sistema de posicionamiento: UTM - WGS84	ST - 01



Tesis: "Estimación de la resistencia del macizo rocoso para evaluar la estabilidad del talud - carretera PE-3S tramo Oroya - Huancayo"

Plano:		
<b>Secciones transversales</b>		
Dibujo:	Fecha:	Lámina:
D.E.P.P	Abril - 2020	ST - 02
Escala:	Sistema de posicionamiento:	
1/500	UTM - WGS84	