

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



**TESIS**

**EVALUACIÓN GEOMECÁNICA CON FINES DE ESTABILIDAD DE  
TALUD CARRETERA MARISCAL CASTILLA HUANCAYO -  
HUANCAVELICA**

**Líneas de investigación institucional:**

transporte y urbanismo

**Líneas de investigación de la escuela profesional de ingeniería civil:**

Transportes

**Presentado por:**

**Bach. Fredy Cuyutupa Moscoso**

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

**HUANCAYO – PERÚ**

**2019**

**ASESOR:**

Ing. JAVIER NAVARRO VELIZ

## **DEDICATORIA**

A mis padres por ser un ejemplo a seguir dentro y fuera de casa, por la entrega incondicional en amor y afecto que demuestran a cada uno de sus hijos.

## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana Los Andes, por poner el mayor empeño en mi formación profesional y en especial a mis asesores que fueron guías y colaboradores en todo momento del desarrollo del trabajo de investigación.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS MIEMBROS DEL JURADO

---

Dr. Casio Aurelio, Torres López.

Decano

---

Ing. Julio Fredy Porras Mayta.

Jurado Revisor

---

Ing. Christian Mallaupoma Reyes.

Jurado Revisor

---

Ing. Nataly Lucia Cordova Zorrilla.

Jurado Revisor

---

Mg. Miguel Angel, Carlos Canales.

Secretario Docente

## ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

1.1	Planteamiento del problema. ....	1
1.2	Formulación Del Problema.....	2
1.2.1	Problema general .....	2
1.2.2	Problemas específicos .....	2
1.3	Justificación .....	2
1.3.1	Justificación social.....	2
1.3.2	Justificación metodológica.....	2
1.4	Delimitación del problema.....	3
1.4.1	Delimitación espacial.....	3
1.4.2	Delimitación temporal.....	5
1.4.3	Delimitación económica.....	5
1.4.4	Delimitación geográfica .....	5
1.5	Limitaciones .....	5
1.5.1	Limitación financiera.....	5
1.5.2	Limitación logística .....	5
1.5.3	Limitación tecnológica. ....	5
1.6	Objetivos .....	6
1.6.1	Objetivo general .....	6

1.6.2	Objetivos específicos.....	6
-------	----------------------------	---

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

2.1	Antecedentes.....	7
2.1.1	Antecedentes Nacionales.....	7
2.1.2	Antecedentes Internacionales.....	9
2.2	Marco conceptual.....	11
2.2.1	Talud .....	11
2.2.2	Tipos de taludes .....	11
2.2.3	Diseño de taludes.....	12
2.2.4	Tipos y causas de fallas más comunes .....	12
2.2.5	TIPOS DE FALLA MÁS COMUNES.....	12
2.2.6	Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante que deben usarse en las diferentes de análisis de estabilidad.....	13
2.2.7	Estabilidad de taludes .....	13
2.2.8	Causa de movimiento de taludes .....	14
2.2.9	Métodos de diseño de taludes.....	15
2.2.10	Significado del análisis de estabilidad de taludes .....	15
2.2.11	Clasificación del tipo de movimiento de masas.....	16
2.2.12	Agentes predisponentes al deslizamiento.....	16
2.2.13	Partes del talud .....	17
2.2.14	Tipos de movimientos .....	18
2.2.15	Desprendimientos: .....	18
2.2.16	Vuelcos (toppling): .....	19
2.2.17	Deslizamientos:.....	21

2.2.17.1	La clasificación RMR (Rock Mass Rating, o evaluación del macizo rocoso).....	24
2.2.18	Índice SMR.....	26
2.2.19	Contenido de agua o humedad.....	29
2.2.20	Grado de saturación.....	29
2.2.21	Porosidad.....	29
2.2.22	Relación de vacíos.....	29
2.2.23	Densidad “bulk” masica.....	29
2.2.24	Gravedad específica.....	30
2.2.25	Meteorización de las rocas.....	30
2.3	Definición de términos.....	32
2.4	Hipótesis.....	33
2.4.1	Hipótesis general.....	33
2.4.2	Hipótesis Específico.....	33
2.5	Variables.....	33
2.5.1	Definición conceptual de la variable.....	35
2.5.1.1	Evaluación geo – mecánica:.....	35
2.5.1.2	Estabilidad de talud:.....	35
2.5.1.3	Definición operacional de la variable.....	36
2.5.2	Operacionalización de la variable.....	36

### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA

3.1	Método de investigación.....	39
3.2	Tipo de investigación.....	39
3.3	Nivel de investigación.....	39
3.4	Diseño de la investigación.....	39
3.5	Población y muestra.....	40



3.6	Técnicas y/o instrumentos de recolección de datos.....	40
3.7	Procesamientos de la investigación.....	41
3.8	Técnicas y análisis de datos.....	41

#### CAPITULO IV

#### RESULTADOS

4.1	Desarrollo o descripción del área del trabajo de investigación.....	43
4.2	Determinación de las propiedades físicas de las rocas. ....	50
	Extracción de la muestra. ....	50
4.2.1	Contenido de agua o humedad.....	52
4.2.2	Grado de saturación.....	52
4.2.3	Porosidad.....	53
4.2.4	Relación de vacíos.....	53
4.2.5	Densidad seca:.....	53
4.2.6	Densidad de solidos.....	54
4.2.7	Gravedad especifica.....	54
4.3	Procesamiento de datos de campo.....	56
4.3.1	Muestreo familia 01.....	56
4.3.2	Muestreo familia 02.....	58
4.3.3	Muestreo familia 03.....	58
4.3.4	Resumen de muestreo.....	59
4.3.5	Modelamiento en programa DIPS.....	59
4.3.5.1	Modelamiento Familia N° 01.....	59
4.3.5.2	Modelamiento Familia N° 02.....	67
4.3.5.3	Modelamiento Familia N° 03.....	74
4.3.6	Calculo del INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA RQD.....	82

4.3.7	Clasificación Geomecánica RMR (BIENIAWSKI):.....	83
4.3.8	Clasificación Geomecánica de Romana (SMR). .....	85
CAPITULO V		
DISCUSION DE RESULTADOS		
CONCLUSIONES		
	RECOMENDACIONES .....	94
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	95
	ANEXOS.....	1

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros de Resistencia de Compresión Simple .....	24
Tabla 2 Parametros para RQD.....	24
Tabla 3 Parámetros para la separación de juntas.....	25
Tabla 4 Parámetros para la condición de las juntas.....	25
Tabla 5 Parámetros para la Filtración. ....	25
Tabla 6 Parámetros para RMR .....	26
Tabla 7 Clasificación geo mecánica SMR. ....	27
Tabla 8 meteorización de las rocas sedimentarias .....	32
Tabla 9 Datos de laboratorio de las 03 muestras analizadas.....	52
Tabla 10 Contenido de Humedad .....	52
Tabla 11 Grado de Saturacion .....	52
Tabla 12 Porosidad.....	53
Tabla 13 Relación de Vacíos .....	53
Tabla 14 Densidad Seca.....	53
Tabla 15 Densidad de solidos.....	54
Tabla 16 Gravedad Especifica .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Mapa departamento de Junin.....	3
FIGURA 2 distrito de Huayucachi .....	4
FIGURA 3 Distrito de Huacrapuquio.....	4
FIGURA 4 Desprendimientos.....	18
FIGURA 5 Vuelco por flexión .....	20
FIGURA 6 Vuelco de bloques .....	20
FIGURA 7 Vuelco mixto .....	21
FIGURA 8 Rotura típica en forma de cuchara.....	22
FIGURA 9 Rotura típica con forma cilíndrica .....	22
FIGURA 10 Diferentes superficies circulares de rotura.....	23
FIGURA 11 Mapa departamento de Junin.....	43
FIGURA 12 distrito de Huayucachi .....	44
FIGURA 13 Distrito de Huacrapuquio.....	44
FIGURA 14 Poblacion de Huacrapuquio.....	45
FIGURA 15 Lugares de Procedencia.....	45
FIGURA 16 Otros lugares de Procedencia .....	46
FIGURA 17 Tasa de Crecimiento.....	46
FIGURA 18 Poblacion Urbana y Ruaral.....	47
FIGURA 19 Actividades económicas .....	48
FIGURA 20 Muestreo Familia 01 .....	56
FIGURA 21 Muestreo Familia 01 .....	57
FIGURA 22 Muestreo Familia 01 .....	57
FIGURA 23 Muestreo Familia 02 .....	58
FIGURA 24 Muestreo Familia 03 .....	58
FIGURA 25 Resumen de muestreo .....	59
FIGURA 26 Modelamiento de Familia 01 en programa DIPS.....	59
FIGURA 27 Exportación de Discontinuidades Familia 01 .....	60
FIGURA 28 Angulo Interior .....	60
FIGURA 29 Planos Angulares.....	61

FIGURA 30 Sesgo Familia 01 .....	61
FIGURA 31 Buzamiento Familia 01 .....	62
FIGURA 32 Dirección Familia 01 .....	62
FIGURA 33 discontinuidades Familia 01 .....	63
FIGURA 34 Espaciamiento Familia 01 .....	63
FIGURA 35 Persistencia Familia 01.....	64
FIGURA 36 Apertura Familia 01 .....	64
FIGURA 37 Rugosidad Familia 01 .....	65
FIGURA 38 Relleno Familia 01 .....	65
FIGURA 39 Alteración Familia 01 .....	66
FIGURA 40 Agua en la Familia 01 .....	66
FIGURA 41 Resultados Generales de la Familia 01 .....	67
FIGURA 42 Exportación de Discontinuidades Familia 02 .....	67
FIGURA 43 Angulo inferior Familia 02 .....	68
FIGURA 44 Planos Angulares Familia 02.....	68
FIGURA 45 Buzamiento Familia 02 .....	69
FIGURA 46 Dirección Familia 02 .....	69
FIGURA 47 Discontinuidades Familia 02.....	70
FIGURA 48 Espaciamiento Familia 02.....	70
FIGURA 49 Persistencia Familia 02.....	71
FIGURA 50 Apertura Familia 02 .....	71
FIGURA 51 Rugosidad Familia 02.....	72
FIGURA 52 Relleno Familia 02 .....	72
FIGURA 53 Alteración Familia 02 .....	73
FIGURA 54 Agua Familia 02.....	73
FIGURA 55 Resultados Generales Familia 02.....	74
FIGURA 56 Exportación de Discontinuidades Familia 03 .....	74
FIGURA 57 Angulo Interior Familia 03.....	75
FIGURA 58 Sesgo Familia 03.....	75
FIGURA 59 Buzamiento Familia 03 .....	76
FIGURA 60 Dirección Familia 03 .....	76

FIGURA 61 Discontinuidades Familia 03.....	77
FIGURA 62 Espaciamiento Familia 03.....	77
FIGURA 63 Persistencia Familia 03.....	78
FIGURA 64 Apertura Familia 03 .....	78
FIGURA 65 Rugosidad Familia 03.....	79
FIGURA 66 Relleno Familia 03.....	79
FIGURA 67 Alteración Familia 03 .....	80
FIGURA 68 Agua Familia 03.....	80
FIGURA 69 Resultados Generales Familia 03.....	81
FIGURA 70 RQD (Rock mass quality) .....	82
FIGURA 71 Calculo RMR (BIENIAWSKI) .....	83
FIGURA 72 Resultado del RMR.....	84
FIGURA 73 Resultado del RMR.....	84
FIGURA 74 Índice SMR.....	85
FIGURA 75 Factor de ajuste (F1) .....	85
FIGURA 76 Factor de ajuste (F2) .....	86
FIGURA 77 Factor de ajuste (F3) .....	86
FIGURA 78 Calculo de Índice SMR .....	87
FIGURA 79 Angulo de Fricción.....	87
FIGURA 80 Resultados del análisis de discontinuidades Familia 01 .....	88
FIGURA 81 Resultados del análisis de discontinuidades Familia 02 .....	89
FIGURA 82 Resultados del análisis de discontinuidades Familia 03 .....	89
FIGURA 83 Formula para RQD. ....	90
FIGURA 84 Resultado de Índice de Carga Puntual. ....	90
FIGURA 85 Rango de evaluación de RMR.....	91

## RESUMEN

La investigación se planteó el siguiente problema general ¿Cómo influye el resultado de la evaluación geo mecánica con fines de estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica?, para lo cual se plantea el objetivo: Determinar cómo influye el resultado de la evaluación geo mecánica del macizo rocoso con fines de estabilidad de talud, apoyado en la siguiente hipótesis: La evaluación geomecánica influye directamente para el análisis de la estabilidad de talud.

El método de investigación fue el científico de tipo aplicada, de nivel descriptivo – correlación y de diseño cuasi experimental; la población está comprendida por la carretera Mariscal Castilla entre las progresivas 137 + 260 al 141 +220 y la muestra por el tramo entre las progresivas 139 + 620 al 169 + 720.

Se concluyó: que la evaluación geomecánica influye directamente para el cálculo de la estabilidad del talud, ya que por medio del análisis de los datos de campo se determinó que el valor del SMR= 65, cuya descripción es buena, de acuerdo a este valor el talud es estable, mostrando diaclasas en algunos bloques, por lo cual se propone realizar un tratamiento ocasional y puntual.

Palabras claves: Macizo rocoso, evaluación geomecánica, estabilidad de talud

## **ABSTRACT**

The investigation raised the following general problem: How does the result of the geo-mechanical evaluation influence slope stability purposes on the Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica road?, for which the objective is to be determined: Determine how the result of the Geomechanical evaluation of the rock mass for slope stability purposes, supported by the following hypothesis: Geomechanical evaluation directly influences slope stability analysis.

The research method was the scientist of applied type, descriptive level - correlation and quasi-experimental design; The population is comprised of the Mariscal Castilla road between the progressive 137 + 260 to 141 +220 and the sample along the stretch between the progressive 139 + 620 to 169 + 720.

It was concluded that the geomechanical evaluation directly influences the calculation of the slope stability, since through the analysis of the field data it was determined that the value of the SMR = 65, whose description is good, according to this value the slope It is stable, showing diaclases in some blocks, so it is proposed to carry out an occasional and timely treatment.

Keywords: Rock mass, geomechanical evaluation, slope stability



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación está enmarcado en la evaluación geomecánica con fines de estabilidad de talud, en donde se propone los lineamientos adecuados para la utilización de software especializados en la materia.

Lo principal es hacer ver los problemas que ocurre ante los deslizamientos de rocas y aplicar la evaluación geomecánica con fines de estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar sus causas, entre las que tenemos al intemperismo físico y químico.

La presente investigación se realizó por el interés de conocer y proponer solución a este tipo de problemas de deslizamiento de rocas que ocurren en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica, al igual que en muchos lugares de es necesario buscar las soluciones.

Convenientemente se buscó un lugar representativo para proponer el uso de todo el trabajo proyectado por lo que se vio conveniente realizarlo en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica específicamente en el sector de huacrapuquio.

Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se pretende mostrar que la evaluación geomecánica con fines de estabilidad de talud si se puede llegar a realizar, para de esta manera solucionar los problemas de deslizamientos que ocurre en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica.

El presente trabajo de investigación presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo I.- Se presenta el planteamiento del problema, Formulación y sistematización del problema, problema general, problemas específicos, la justificación, las delimitaciones, las limitaciones, y los objetivos.

En el capítulo II.- Marco teórico en donde se redacta conceptualmente concerniente a la información básica referida a la evaluación geo mecánica y a la estabilidad de taludes como también a los tipos de taludes, como también la información básica

de lugar en donde se está realizando la presente investigación, hipótesis general, hipótesis específicas, variables, Definición conceptual de la variable, Definición operacional de la variable y Operacionalización de la variable.

En el capítulo III.- Se desarrolla la metodología a usar en el presente trabajo de investigación como son: el método de investigación, el tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información, y por último las técnicas de análisis de datos.

En el capítulo IV.- Presenta todo concerniente a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación en donde se enfoca el desarrollo de la tesis.

Así mismo el capítulo V.- Trata de la discusión de resultados

En la última parte se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach: Fredy Cuyutupa Moscoso.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema.

En la carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica en las progresivas 137 + 260 – 141 + 210, se tiene el problema de desprendimiento de rocas de los taludes naturales, lo que perjudica la circulación vehicular de transporte pesado y liviano.

La carretera Mariscal Castilla Huancayo – Huancavelica es una vía de alta circulación y ante los problemas que se presentan en la carretera central de Huancayo a Lima, el ministerio de transportes la declaro como una alternativa para unir la zona central con la capital denominándola como la Quinta ruta alterna: Carretera PNS Cañete - San Clemente – Huaytará - Pte. Rumichaca – Santa Ines – Huancavelica – Huando- Izcuchaca – Acostambo – Huancayo, siendo el área del problema en el distrito de Huacrapuquio.

El presente trabajo analizar el desprendimiento de rocas para la estabilidad del talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica en el tramo de las progresivas 137+260 al 141+210, Huacrapuquio. En base al estudio de los factores geológicos que dominan el comportamiento y las propiedades mecánicas del macizo rocoso el cual comprende la litología y las propiedades de la matriz rocosa, la estructura geológica y las discontinuidades, así como el estado de esfuerzos a que está sometido el material, de igual manera se tendrá en consideración el grado de alteración o meteorización conjuntamente con las condiciones hidrológicas.

Con el análisis de estabilidad de taludes se pretende establecer soluciones a los problemas que ocasiona el desprendimiento de las rocas en el tramo especificado. Para lograr hacer una correcta evaluación del problema se recopilará la información topográfica, geológica y geomorfológica que permita modelar de manera certera el talud en estudio.

## **1.2 Formulación Del Problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo influye el resultado de la evaluación geomecánica del macizo rocoso con fines de estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿De qué manera influye las propiedades físicas de la roca para fines de estabilidad de talud?
  
- b) ¿Por qué motivo las propiedades mecánicas de las rocas influyen en la estabilidad de talud?
  
- c) ¿De qué modo influye la meteorización física y química en el macizo rocoso con fines de estabilidad de talud?

## **1.3 Justificación**

### **1.3.1 Justificación social**

Con la investigación se contribuye al estudio del desprendimiento de rocas que es un fenómeno muy frecuente en las carreteras de nuestro país en especial en el área de estudio. De esta manera se propone resolver el problema social debido a pérdida de vidas humanas y a la interrupción que causan los deslizamientos.

### **1.3.2 Justificación metodológica**

En la presente investigación se utilizarán tablas de recolección de datos de campo de las discontinuidades en forma sistemática el cual servirá de apoyo a otras investigaciones pudiendo lograrse así una investigación análoga y con aplicaciones a otros temas.

## 1.4 Delimitación del problema

### 1.4.1 Delimitación espacial

Departamento: Junín

Distrito : Huyucachi

Distrito : Huacrapuquio

Carretera : Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica en el tramo Hucrapuquio. Entre las progresivas 137 + 260 al 141 + 210

Plano de ubicación geográfica de la provincia de Huancayo - región Junín



FIGURA 1 Mapa departamento de Junin.

## Distrito de Huayucachi

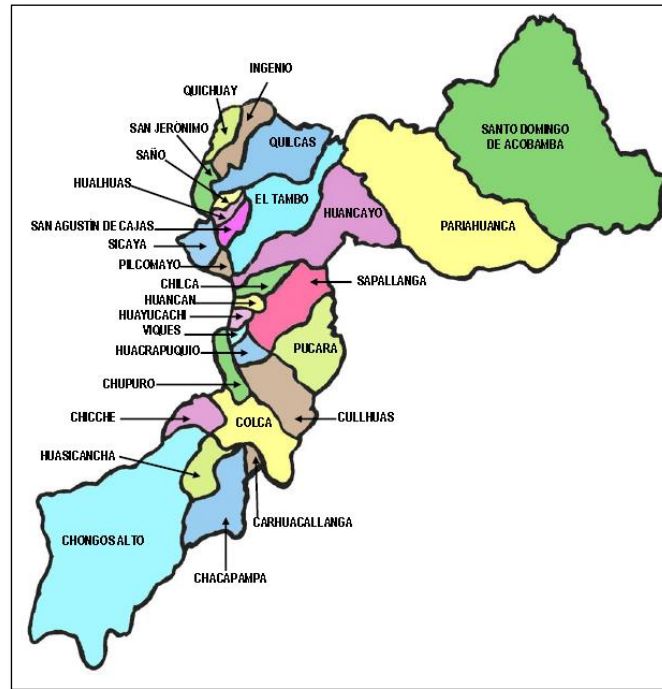


FIGURA 2 distrito de Huayucachi

## Distrito de Huacrapuquio



FIGURA 3 Distrito de Huacrapuquio.

#### **1.4.2 Delimitación temporal**

La presente tesis está programada para ser desarrollada en el presente año.

#### **1.4.3 Delimitación económica**

Para el desarrollo de la investigación los gastos que involucren los mismos serán cubiertos en su integridad por el sustentante

#### **1.4.4 Delimitación geográfica**

Coordenadas UTM (Datum WGS 84)

- Este: 479063
- Norte:8652595
- Altura: 3379

### **1.5 Limitaciones**

#### **1.5.1 Limitación financiera**

En la presente investigación la limitante económica está referida a las pruebas para establecer las propiedades de resistencia mecánica de la roca.

#### **1.5.2 Limitación logística**

Respecto a la limitación logística se establece que no se cuenta con información de estabilidad de taludes en rocas en carreteras realizando evaluaciones geomecánicas.

#### **1.5.3 Limitación tecnológica.**

Respecto a esta limitación se afirma que en la ciudad de Huancayo no se cuenta con laboratorios certificados.

## **1.6 Objetivos**

### **1.6.1 Objetivo general**

Determinar cómo influye el resultado de la evaluación geomecánica del macizo rocoso con fines de estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- a) Evaluar la influencia de las propiedades físicas de la roca con fines de estabilidad de talud
- b) Analizar la influencia de las propiedades mecánicas de la roca con fines de estabilidad de talud
- c) Determinar la influencia de la meteorización física y química en el macizo rocoso con fines de estabilidad de talud



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 Antecedentes.

##### 2.1.1 Antecedentes Nacionales.

- El Bach. José Joao Rengifo Reátegui, sustento en diciembre año (2015) su tesis: “MUROS ANCLADOS EN ARENAS, ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE ANCLAJES””. A la Facultad De Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El objetivo de la presente tesis se centra en conocer, describir y analizar el diseño geotécnico de manera básica y detallada de los todos los distintos tipos y formas de anclajes para muros de sostenimiento de taludes en suelos arenosos según característica y analizar sus resultados para proyectos con 3 sótanos de 12 metros de profundidad según él alcance.

De igual manera mencionar las técnicas de anclajes ya aplicadas tradicional (anclajes temporales pos tensados), tirabuzón y suelo enclavado, para la realización de una descripción de forma comparativo.

Presentar un análisis general para los procesos constructivos para cada metodo de anclaje considerando, también, los rendimientos, tiempos y costos de todas las técnicas mencionadas uno de ellos. El autor trata de los sistemas de anclajes, diseños, procesos constructivos y maquinarias empleados para la estabilización de taludes, además es importante señalar que los anclajes pueden dividirse en tipos. Según su aplicación en función del tiempo de servicio, se distinguen dos tipos: temporales y permanentes.

También, se dividen en función de su forma de trabajar: pasivos, activos y mixtos.

De esta forma, Se conoce como anclaje pasivo a aquel cuya armadura no muestra características de pretensado después de su ubicación. Se dice que el anclaje empieza el trabajo al empezar a producirse la deformación y cambios del suelo. En cambio, los anclajes llamados activos son aquellos que una vez colocados en el lugar de trabajo se pretensa la armadura hasta lograr su carga máxima admisible, deformando en compresión el terreno considerado dentro del radio de anclaje y la zona de apoyo de la cumbre. Finalmente, los anclajes mixtos son aquellos a los cuales su estructura de material metálico se contrae con una carga tolerable de acuerdo al rango, quedando su propiedad resistente para poder contra restar los movimientos de la masa del suelo.

Del presente estudio, se concluye que es fundamental determinar con la mayor precisión posible el campo de esfuerzos que actúa sobre el terreno. Para ello, son importantes los estudios previos de mecánica de suelos para los reconocimientos en campo y las propiedades índices, que serán básicas para el cálculo a realizar en el diseño y el modelamiento (del suelo propiamente dicho y de los esfuerzos actuantes en el terreno) y, por ende, de las fuerzas de anclajes para mantener la estabilidad de taludes.

- El Bach. José Antonio Javier Meza, sustentó el año (2016) su tesis: ESTABILIDAD DE TALUDES PARA DETERMINACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA EL DESLIZAMIENTO EN EL TRAMO KM 9+810.00 AL KM 10+330 DE LA CARRETERA PAMPAS – COLCABAMBA DE LA PROVINCIA DE TAYACAJA, DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA. A la Facultad de Ingeniería de la Universidad

Peruana Los Andes, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

En primer lugar se analiza el problema que por la falta de una adecuada metodología que prevengan los deslizamientos de material y como también una solución concreta para la estabilización de los taludes, se ha estado observando que no existe ningún tipo de propuesta metodológica ni constructivo adecuado para la estabilización de taludes a lo largo de la carretera Pampas – Colcabamba en especial en el tramo km 9+810.00 al km 10+330.

Tiene como objetivo general determinar la estabilidad del talud y las técnicas de sistemas de protección contra el deslizamiento en el tramo km 9+810.00 al km 10+330 de la carretera Pampas – Colcabamba; identificar los principales factores que generan la inestabilidad del talud; determinar los sistemas de estabilización aplicables como alternativas de solución al deslizamiento de talud, determinar los sistemas de estabilización más técnicos, económicos y viables en el tramo km 9+810.00 al km 10+330 de la carretera Pampas – Colcabamba.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales.**

- El Bach. CAROLINA DIANETH VÉLIZ ARÉVALO sustento en MAYO DE 2009 su tesis titulada: ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO sustentada A la Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Cuyo objetivo, aportar conocimientos para la estabilización de taludes, desarrollando el método constructivo de estabilización de

un talud con pantallas de concreto lanzado con enmallado electro soldado y sostenidas mediante anclajes de material de concreto con tratamiento reforzado indicando cada uno de los procesos de construcción con normas establecidas y ensayos para cada uno de los materiales que se utilizan.

En el presente trabajo se desarrollarán las metodologías para la estabilidad de taludes, tales como:

#### MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON PANTALLAS DE CONCRETO LANZADO CON MALLA ELECTRO SOLDADA Y ANCLAJES DE CONCRETO REFORZADO

Concluye que de acuerdo a lo observado en el proyecto de estabilización de talud en edificio Koica–Intecap, utilizando el método de pantallas de concreto lanzado con enmallado electro soldado y sostenidas mediante anclajes de material de concreto con tratamiento reforzado es eficaz para la estabilización de taludes.

- Los bachilleres, Jennifer Alvarez Prada, Jesús Alfonso Conde Garzón sustentó el año (2014) su tesis titulada: ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE UN TALUD UBICADO EN EL BARRIO BELLAVISTA DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

A la facultad de ingeniería civil de la UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

El presente trabajo contiene el análisis de estabilidad a un talud ubicado en el barrio Bellavista del municipio de Ocaña, el cual presenta un corte con una pendiente casi vertical y una altura considerable, en el que se han registrado desprendimientos de bloques de suelo. En la corona del talud se construyó una urbanización, lo que puede implicar un posible riesgo para los habitantes de este sector si se presentan desprendimientos de

suelos o procesos de remoción en masa. El análisis de talud contempló la realización de la topografía de la zona de estudio, ensayos de laboratorio con muestras de cada uno de los estratos que conforman el talud para conocer sus propiedades físico-mecánicas; posteriormente se procedió a la modelación de la situación actual en el software slope/W que permitió conocer los factores de seguridad que arrojó el análisis. Con los resultados obtenidos se procedió al planteamiento de obras de estabilización y el presupuesto para su realización, que permitirán reducir el posible riesgo de procesos de remoción en masa.

En una de sus conclusiones especifica que la alcaldía municipal a través de la Oficina de Planeación, debe vigilar los movimientos de tierra que alteran las condiciones naturales de las laderas y las obras que modifiquen los taludes existentes, solicitando estudios de estabilidad y manejo ambiental a quien realice este tipo de actividades. La oficina debe exigir un plan de trabajo donde se indiquen los parámetros técnicos que se realizaran en cada caso particular y vigilar que estos se cumplan.

## **2.2 Marco conceptual.**

### **2.2.1 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.

### **2.2.2 Tipos de taludes**

Naturales: son formados por los cambios de la naturaleza que suceden al pasar del tiempo a travez de la historia geológica.

Artificiales: son causadas por la intervención del hombre y se utilizan para construir distintos tipos de obras: carreteras, represas ferrocarriles, etc. “taludes, cortes, terraplenes.

En la construcción de taludes en presas de enrocamiento o similares como el de tierra, se debe de enfocar bastante cuidado en el diseño de talud, en el caso de fallar el diseño repercute mucho en la población.

### **2.2.3 Diseño de taludes**

Diseño límite o análisis límite para taludes:

1. Suponer una superficie de falla.
2. Aplicar los criterios de resistencia de material que está hecho el talud y compararlos para saber si con tal resistencia el mecanismo adoptado falla.

### **2.2.4 Tipos y causas de fallas más comunes**

Falla en un talud: ocurre como un deslizamiento de la masa de suelo, actuando como un sólido de cuerpo rígido que se desliza a lo largo de la falla.

Superficies de falla:

- Superficies curvas: propuesta por Collin en 1845 perfeccionado por Peterson en 1916 en Suecia y Fellenius en 1927 fue el creador del método sueco que es el que más se acerca a la realidad.
- Superficies planas: Coulomb.
- Superficie de la espiral logarítmica: fue propuesta en 1935 por Rendulio e inmediatamente después Taylor llegó a resultados iguales.

### **2.2.5 TIPOS DE FALLA MÁS COMUNES**

- Falla por deslizamiento superficial: depende del tiempo y el clima.
- Deslizamiento en laderas naturales sobre superficies de falla preexistentes: el más sencillo es el que aparece en laderas

formadas por depósitos de talud sobre otros materiales firmes estratificados.

- Falla por movimiento de talud:
  - Falla por rotación: es una superficie de falla curva, a lo cual su circulación ocurre en dirección del movimiento del talud.
  - Fallas por traslación: ocurre a lo largo de superficies débiles estos suelen ser horizontales o muy poco inclinados.
- Flujo: asemeja al flujo de un líquido viscoso pueden ocurrir en cualquier forma no cementada.
- Falla por erosión: se da en la superficie provocada por el arrastre del viento, agua, etc.
- Falla por licuación: se da cuando esta de una forma más o menos firme a la correspondiente a una suspensión.
- Falla por capacidad soportante: ustedes ya saben.

#### **2.2.6 Parámetros de resistencia al esfuerzo cortante que deben usarse en las diferentes de análisis de estabilidad.**

#### **2.2.7 Estabilidad de taludes**

Consiste en determinar un ángulo del talud para el cual en condiciones normales, bajo condiciones de agua, bajo un flujo de agua que se produzca sobre la masa de suelo o deformaciones provocadas por cortante de tal manera que el talud se mantenga en equilibrio plástico, esto será posible si en un punto dado se mantienen los esfuerzos del talud provocados dentro de la masa de talud, sean iguales o mayores que la resistencia del suelo.

El análisis de talud debe hacerse tomando en cuenta las fuerzas resistentes como propiedad.

Un talud se considera estable si el ángulo de inclinación fuera menor dentro de cierto rango de seguridad que el ángulo calculado.

### 2.2.8 Causa de movimiento de taludes

- Los suelos que forman un talud con la contribución del agua se vuelven inestables y por lo tanto tiende a moverse hacia la parte inferior ya sea por gravedad u otras fuerzas o cargas excéntricas al incrementarse o cuando las resistencias del suelo disminuyen de tal manera que las fuerzas que se oponen al movimiento en total, son menores que las que lo provocan y al ser de esa manera se produce la falla de talud.
- Los suelos no estables se deslizarán a través de superficies de falla preferenciales.
- En la naturaleza existen.
- Suelos No cohesivos: suelos granulares o arenas puras, la superficie de falla es plana. Los taludes construidos sobre macizos no cohesivos, serán estables si el ángulo de inclinación del talud es menor que el ángulo de fricción interna de la arena, o sea el ángulo de fricción interna natural de la arena en equilibrio plástico.
- Suelos Cohesivos: superficie de falla es curva o circular por lo tanto el análisis en la estabilidad del talud se aplicarán los métodos de diseño de “estabilidad de talud”.
- Suelos Cohesivos: El ángulo de inclinación del talud es superior al ángulo de fricción interna  $\beta = \phi$ . La superficie de ruptura se profundiza indefinidamente.
- En suelos cohesivos con taludes muy inclinados la falla ocurre a lo largo de superficies circulares restringidas a una zona superficial de espesor  $Z_1$ .
- La superficie del talud puede tener planos de ruptura rectos, estos pueden ser sustituidos para el estudio práctico por superficies de ruptura circulares o de espirales logarítmicas.



### **2.2.9 Métodos de diseño de taludes**

- Método de Culmana para taludes naturales.
- Circulo de fricción. Aplicado para rellenos de gran altura en carreteras.
- Método de fellenius para presas de tierra.
- Método de Bishop.
- Método de Spencer donde el FS es menor.
- Método de Jambu considera cualquier superficie de ruptura no circular.
- Método de Morgestern and Price es el método general.

### **2.2.10 Significado del análisis de estabilidad de taludes**

Factor de Seguridad: relación entre valores máximos que resisten (corresponden a la resistencia de los suelos) y las grandezas o valores que provocan el movimiento. El factor de seguridad en un punto del talud depende del plano de falla considerado. Y el FS a lo largo de una superficie de falla es el que toma en cuenta la tensión cortante disponible y la tensión cortante al equilibrio, es decir la suma de todas las fuerzas actuantes.

Factores del FS

Valores de factores de seguridad:

- =1 Equilibrio.
- <1 Seguridad cuestionable.
- 1-1.25 Inestable.
- 1.25-1.40 Seguridad Relativa.
- =1.50 Satisfactorio para taludes
- =1.50 Satisfactorio para taludes de presas de tierra o enrocamiento.

El factor de seguridad para la superficie de falla, se compone con un FS min = 1.5

FS=1: equilibrio, tiende a la falla.

FS>1: relativamente estable.

FS<1: inestable.

### **2.2.11 Clasificación del tipo de movimiento de masas**

- Depende del tipo de suelo, arenoso, cohesivo, si el suelo es residual.
- Depende de la geología: forma en como fueron depositados los elementos.
- De la geomorfología.
- Topografías.
- Hidrología Local.

Cuando hay deslizamiento se exige que se verifique la presencia o efecto del agua, es decir ver si existe poropresión con infiltración y verificar si el suelo está saturado porque cuando el suelo está saturado se producen movimientos progresivos de la masa.

### **2.2.12 Agentes predisponentes al deslizamiento**

Predisponen, facilitan y cooperan al deslizamiento

- Formación geológica.
- Morfológico-Topográfico.
- Climático-Hidrológico.
- Gravedad.
- Calor solar.
- Tipo de vegetación.

Agentes efectivos:

- Pluviosidad.
- Capacidad de disolución química.

Inmediatos:

- Lluvia
- intensa.
- Sismo.
- Acción del hombre.

Causas:

- Internas: Factores que reducen la resistencia.
- Externas: Factores que aumentan las tensiones cortantes.
- Intermediarias: Licuefacción espontánea, descenso rápido del nivel del agua.

### 2.2.13 Partes del talud

- **Pie, pata o base:** El pie a la parte inferior del talud ubicado en el punto más bajo.
- **Cabeza, cresta, cima o escarpe:** se refiere al punto donde ocurre el 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:** se considera a la distancia contemplada de pie de talud hasta la cabeza generalmente se ve en taludes artificiales es un poco difícil de cuantificar debido a tener una topografía accidentada.

- **Altura de nivel freático:** se considera desde el pie de talud hasta el nivel de presión atmosférica en este caso el nivel freático se mide en campo mediante las afloraciones existentes.
- **Pendiente:** es la toma de medida de la distancia inclinada de la superficie generalmente se mide en grados, y el grado se determina dependiendo el tipo de material.

#### 2.2.14 Tipos de movimientos

Al respecto IGME (1986) menciona que la inestabilidad de los taludes se refleja en los distintos movimientos, que pueden ser clasificados en base a distintos criterios.

La fase de reconocimiento y clasificación del tipo de movimiento es de una gran importancia ya que puede condicionar el análisis y conclusiones de control y estabilización del mismo.

#### 2.2.15 Desprendimientos:

IGME (1986) define como desprendimiento, una masa separada de un talud (desmonte, acantilado, etc.) mediante una superficie de corte normalmente pequeña o cuyo recorrido se realiza en gran parte, a través del aire.

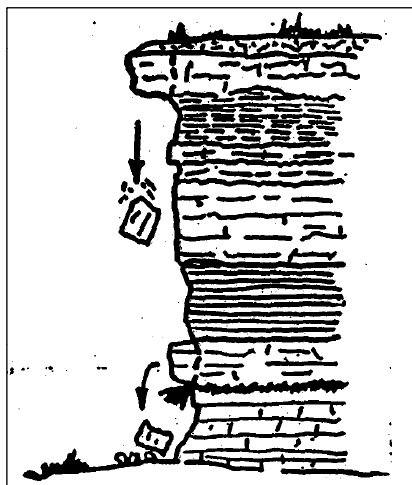


FIGURA 4 Desprendimientos

(Fuente: IGME, 1986)

Frecuentemente estas inestabilidades afectan a bloques aislados, aunque también a masas rocosas, originando en este caso movimientos de terreno con resultados catastróficos.

Las causas que generan inestabilidades, generalmente sucesivos y complementarios, son: meteorización o extrusión de capas blandas, agrupación de presiones en el borde del talud y fracturación por flexotracción.

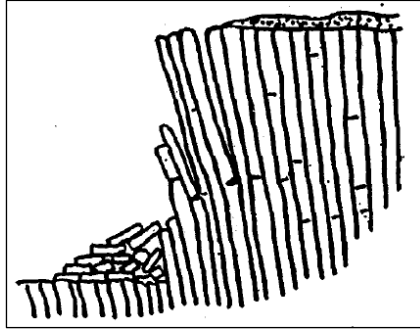
#### **2.2.16 Vuelcos (toppling):**

IGME (1986) menciona que estos movimientos se forman de movimientos de forma de columnas o bloque sobre su mismo lugar de origen, bajo el comportamiento de la gravedad y fuerzas ejecutadas por unidades de forma adyacentes o por la adición natural del agua en las discontinuidades.

Este tipo de movimientos culmina de diferente manera al tipo encontrado, desprendimientos, deslizamientos, etc. Dependiendo mucho de las características geométricos del material según la ubicación de las discontinuidades.

Los vuelcos se pueden considerar únicamente de medios rocosos, existen variedades de estos movimientos como son:

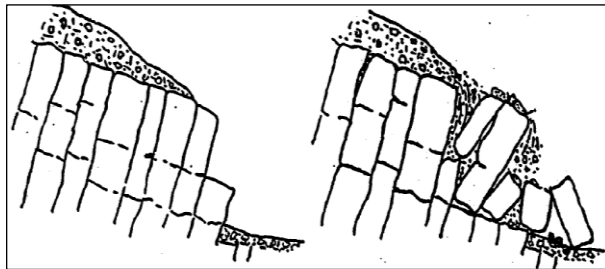
- Vuelco por flexión: se desarrolla bajo un mecanismo compuesto por flexiones pseudocontinuas del material, individualizado en columnas, debido a una serie de movimientos acumulados a lo largo de las discontinuidades.



*FIGURA 5 Vuelco por flexión*

(Fuente: IGME, 1986, citado en HOEK y BRAY, 1977)

- Vuelcos de bloques: Es característica primordial de aquellos macizos rocosos que contienen un conjunto de discontinuidades ortogonales, dando lugar a una geometría de columnas divididas en bloques. El empuje sobre los bloques inferiores origina su desplazamiento.



*FIGURA 6 Vuelco de bloques*

(Fuente: IGME, 1986, citado en HOEK y BRAY, 1977)

- Vuelco mixto: En un caso que participa de las características de los dos anteriormente descritos. Se produce cuando los bloques son alargados, debido a flexiones en el pie de talud e intermovimientos relativos de las distintas unidades.

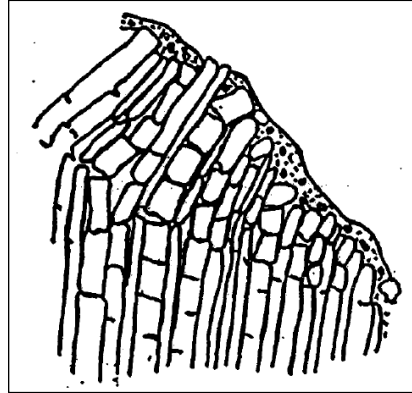


FIGURA 7 Vuelco mixto

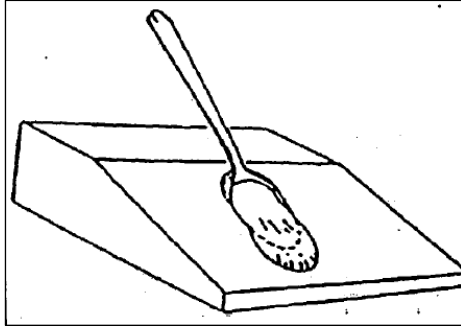
(Fuente: IGME, 1986, citado en HOEK y BRAY, 1977)

### 2.2.17 Deslizamientos:

IGME (1986) menciona que son movimientos continuos que se generan al superarse el límite de la resistencia al corte del material y se encuentran en distintas partes continuas a lo largo de las discontinuidades. Generalmente las superficies de deslizamiento son visibles, generalmente la velocidad con la que se desenvuelven estos movimientos es muy variable, dependiendo mucho del tipo de material.

La masa desplazada puede deslizar a una distancia variable de la superficie original de la rotura, solapándose con el terreno natural y marcando éste una separación bien definida.

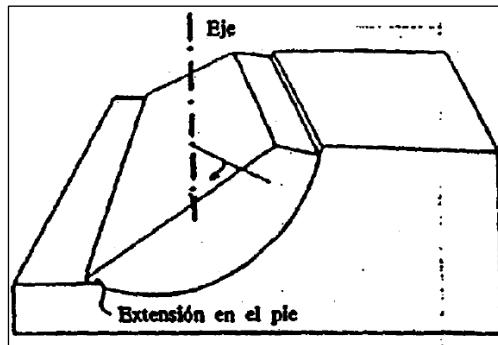
- **Deslizamientos rotacionales:** Tienen lugar a lo largo de una superficie de deslizamiento interna, de forma aproximadamente circular y cóncava.



*FIGURA 8 Rotura típica en forma de cuchara*

(Fuente: IGME, 1986, citado en VARNES, 1978).

El movimiento tiene una naturaleza más o menos rotacional, alrededor de un eje dispuesto paralelamente al talud, Figura 5.



*FIGURA 9 Rotura típica con forma cilíndrica*

(Fuente: IGME, 1986, citado en VARNES, 1978).

La salida de las superficies circulares sobre las que se produce la rotura puede originarse en tres partes diferentes del talud, según las características resistentes del material, altura e inclinación del talud, etc. Figura 6.



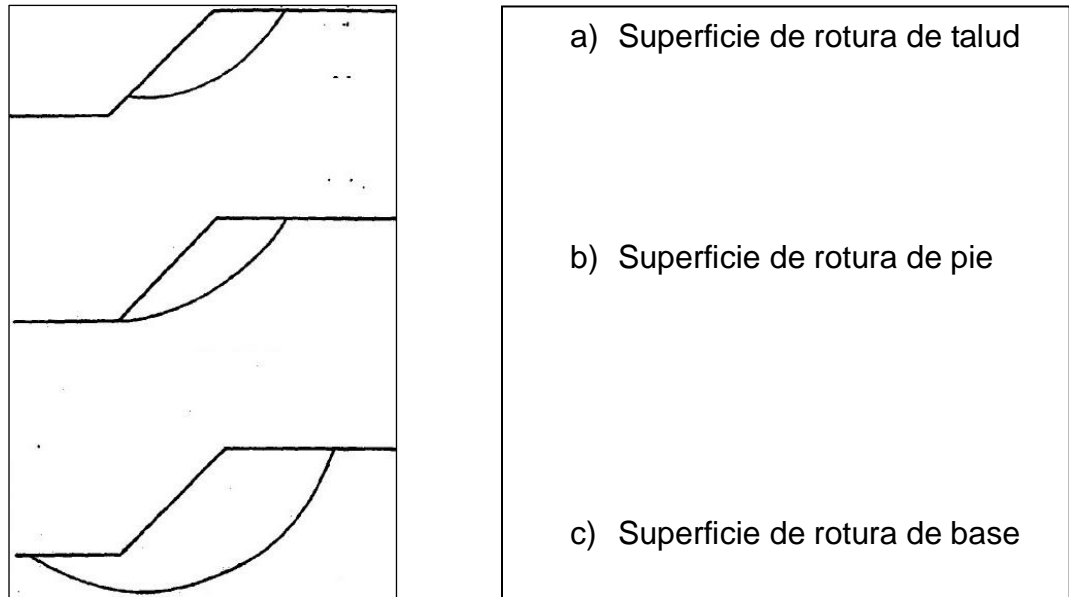


FIGURA 10 Diferentes superficies circulares de rotura

(Fuente: IGME, 1986).

Si la superficie de rotura corta al talud por encima de su pie, se denomina superficie de rotura de talud.

Cuando la salida se produce por el pie de talud y queda por encima de la base de dicho talud, recibe el nombre de superficie de rotura de pie de talud.

Si la superficie de rotura pasa bajo el pie de talud con salida en la base del mismo y alejada del pie, se denomina superficie de rotura de base de talud.

La velocidad de estos movimientos varía de lenta a moderada, teniendo gran influencia la inclinación de la superficie de rotura en el pie del deslizamiento.

### 2.2.17.1 La clasificación RMR (Rock Mass Rating, o evaluación del macizo rocoso)

Establecida por Bieniawski en 1979, es la base directa o indirecta de numerosas aplicaciones para el empleo de rocas en rellenos y excavación de túneles. El índice, obtenido mediante la suma de las calificaciones parciales de cinco parámetros, que son:

- Resistencia de la roca intacta a compresión simple. Valoración de 0 a 15.

*Tabla 1 Parámetros de Resistencia de Compresión Simple*

Resistencia de la roca intacta a compresión simple	> 250 Mpa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25	1-5	<1
Valoración	15	12	7	4	2	1	0

- RQD (Rock Quality Designation). Valoración de 0 a 20.

*Tabla 2 Parametros para RQD*

RQD	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	< 25%
Valoración	20	17	13	8	3

- Espaciado de las juntas. Valoración de 0 a 20.

Tabla 3 Parámetros para la separación de juntas.

Separación entre juntas	> 2m	0,6-2m	200-600mm	60-200mm	< 60mm
Valoración	20	15	10	8	5

- Condición y estado de las juntas. Valoración de 0 a 30.

Tabla 4 Parámetros para la condición de las juntas

Condición de las juntas	Muy rugosas	Algo rugosas	Algo rugosas	Espejos de falla o relleno	Relleno blando
	No continuas	Separación < 1mm	Separación < 1mm	< 5 mm ó separación > 5 mm	> 5 mm ó separación > 5 mm
	Cerradas	Bordes algo meteorizados	Bordes muy meteorizados	5 mm	5 mm
	Bordes sanos y duros			Continuas	Continuas
Valoración	30	25	20	10	0

- Presencia de agua. Valoración de 0 a 15.

Tabla 5 Parámetros para la Filtración.

Flujo de agua en las juntas	Secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Fluyendo
Filtración en 10 m de túnel (l/min)	0	<10	10-25	25-125	>125
Razón de presión intersticia	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5

Valoración	15	10	7	4	0
------------	----	----	---	---	---

La clasificación RMR agrupa las rocas en cinco categorías distintas según el valor de este índice, obtenido como suma de las valoraciones anteriores. Estas categorías califican a las rocas como muy buenas, buenas, regulares, malas y muy malas.

*Tabla 6 Parámetros para RMR*

ROCA	Muy Mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
RMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	1 - 100

## **Clasificación geomecánica de taludes**

### **2.2.18 Índice SMR**

Clasificación geomecánica de taludes índice SMR La aplicación de las clasificaciones geomecánicas a los taludes permite evaluar empíricamente la estabilidad de una excavación. A partir de la clasificación RMR (descrita en el Apartado 3.8 del Capítulo 3), Romana (1997) ha propuesto la clasificación SMR aplicada a taludes. A continuación se incluye un resumen de la misma, remitiéndose a la referencia anterior para más detalles. El índice SMR se obtiene del RMR (Cuadro 3.26 del Capítulo 3) definiéndose unos factores de ajuste por orientación de las discontinuidades y por el método de excavación; el primero de ellos es producto de los subfactores F1, F2 y F3.

Tabla 7 Clasificación geo mecánica SMR.

Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
P	$ \alpha_j - \alpha_s $	$>30^\circ$	$30^\circ-20^\circ$	$20^\circ-10^\circ$	$10^\circ-5^\circ$	$<5^\circ$
T	$ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ $					
P/T	$F_1$	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
P	$ \beta_j $	$<20^\circ$	$20^\circ-30^\circ$	$30^\circ-35^\circ$	$35^\circ-45^\circ$	$>45^\circ$
	$F_2$	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
T	$F_2$	1	1	1	1	1
P	$\beta_j - \beta_s$	$>10^\circ$	$10^\circ-0$	$0^\circ$	$0-(-10^\circ)$	$<-10^\circ$
T	$\beta_j + \beta_s$	$<110^\circ$	$110^\circ-120^\circ$	$>120^\circ$		-
P/T	$F_3$	0	-5	-25	-50	-60

P = Rotura plana

T = Rotura por vuelco

$\alpha_s$  = Dirección de buzamiento del talud

$\alpha_j$  = Dirección de buzamiento de las juntas

$\beta_s$  = Buzamiento del talud

$\beta_j$  = Buzamiento de las juntas

—  $F_1$  depende de la dirección y del paralelismo entre la dirección de las juntas o discontinuidades y la del plano del talud. Varía entre 1,0 (cuando ambas direcciones son paralelas) y 0,15 (cuando el ángulo entre ambas es mayor de  $30^\circ$  y la probabilidad de rotura es muy baja). Estos valores se ajustan aproximadamente a la expresión:

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

Siendo  $\alpha_j$  y  $\alpha_s$ , los ángulos de dirección de la junta y del talud respectivamente.

—  $F_2$  depende del buzamiento de la junta. En el caso de roturas planas, varía entre 1,0 (para juntas con buzamiento superior a  $45^\circ$ ) y 0,15 (para juntas con buzamiento inferior a  $20^\circ$ ); puede ajustarse aproximadamente según la relación:

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

Donde  $\beta_j$  es el buzamiento de la junta. F2 vale 1,0 para roturas por vuelco.

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

El factor de ajuste por el método de excavación, F4 se indica en el Cuadro 9.2. El valor final del índice SMR se obtiene:

$$\text{SMR} = \text{RMR básico} + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

El proceso a seguir consiste en calcular el índice SMR para todas las familias de las juntas y adoptar el valor menor de los obtenidos. En rocas que son meteorizadas como también en las evolutivas la clasificación será aplicada 02 veces, 01 para las rocas sanas, y otra para las rocas meteorizadas. La clasificación no considera las roturas en cuña.

Según sea el valor del índice SMR se obtienen 5 clases de estabilidad definidas en el Cuadro 9.2. Por otro lado, las medidas de sostenimiento a aplicar a los taludes se agrupan en 6 clases diferentes:

— SMR > 65: sin sostenimiento (saneamiento).

— 70 > SMR > 45: protección (zanjas de pie; vallas de pie o de talud; redes sobre la superficie del talud).

— 75 > SMR > 30: refuerzo (bulones; anclajes).

— 60 > SMR > 20: hormigón (gunita, hormigón de relleno, contrafuertes y/o vigas, muros de pie).

— 40 > SMR > 10: drenaje (superficial; profundo).

— 30 > SMR > 10: reexcavación (tendido, muros de contención).

### **2.2.19 Contenido de agua o humedad**

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

### **2.2.20 Grado de saturación**

La saturación de una formación es la fracción de su volumen poroso que ocupa el fluido en consideración. Esta es una propiedad muy interesante e importante. La saturación de una roca de almacenamiento puede variar desde el 100% hasta valores pequeños, pero nunca hasta cero. (QUIROGA, 2015)

### **2.2.21 Porosidad**

La porosidad es la capacidad de poder almacenar agua que tiene la roca en estudio y se considera como la parte del volumen total de la roca que tiene que ver con los espacios que tiene la roca para poder almacenar el agua..

### **2.2.22 Relación de vacíos**

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

### **2.2.23 Densidad “bulk” masica**

La densidad se define la relación entre la masa de la roca y su volumen. Además la densidad de la roca es proporcional a su dureza, pero no guarda una relación con su durabilidad y con su existencia.

### **2.2.24 Gravedad específica**

Relación del peso de un volumen dado de un material, con el peso de igual volumen de otra sustancia usada como estándar. Para sólidos y líquidos, el estándar es usualmente el agua ( $H_2O=1$ ) y para gases, el estándar es el aire ( $air=1$ ) (DUQUE ESCOBAR, 2017).

### **2.2.25 Meteorización de las rocas**

“Se le denomina meteorización de las rocas a las alteraciones y modificaciones experimentadas en la composición o estructura por la acción de los agentes atmosféricos. La máxima importancia a la que se le atribuye la meteorización desde el punto de vista de la mecánica de rocas es debido a que produce cambios considerables en las propiedades físicas y mecánicas de las rocas. Existen 02 clases de meteorización: física y química. El hecho de que una u otra predomine depende del clima, ya que ambas se producen simultáneamente. La meteorización física incluye las siguientes acciones:”

- Arranque directo de partículas por erosión.
  - Acción destructora debida a la congelación del agua en grietas y fisuras.
  - Modificaciones producidas por los cambios de volumen de la roca debidos a variaciones de temperatura.
- Acción de las plantas, especialmente de las raíces de los árboles.

“La desintegración, de origen físico, afecta a la parte más superficial de los macizos rocosos y favorece la penetración del agua que puede dar lugar a la descomposición de los mismos en el interior mediante cambios químicos en las rocas”.



“La meteorización química es consecuencia de reacciones de oxidación, hidratación, hidrólisis, carbonatación y disolución, en las cuales los reactivos más importantes son: el agua, el oxígeno, el dióxido de carbono y los ácidos orgánicos”.

“La meteorización no llega normalmente a gran profundidad, pero una vez realizada la excavación, la roca entra en contacto con la atmósfera, por lo que puede sufrir una meteorización. La meteorización física predomina en climas cálidos y secos, o fríos y húmedos, mientras que la meteorización química es propia de climas cálidos o templados pero húmedos”.

“A causa de la meteorización, la roca sana pasa gradualmente a suelo a través de estados intermedios, en cuya descripción se basan las escalas de meteorización normalmente utilizadas en mecánica de rocas. Se han creado varias escalas empíricas, para trabajar en el campo, que son meramente descriptivas, pero se podrían establecer otras escalas más precisas, basadas, por ejemplo, en la alteración de la dureza superficial de las rocas, que se puede determinar mediante el martillo de Schmidt”.

Tabla 8 meteorización de las rocas sedimentarias

Grado de meteorización	Denominación	Criterios de reconocimiento
I	Sana	Roca no meteorizada. Conserva el color y el lustre en toda la masa.
II	Sana con juntas teñidas de óxido	Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero los bloques entre juntas mantienen el color y el lustre de la roca sana.
III	Moderadamente meteorizada	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica, reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio puede ser desde simples manchas a variación de color en toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de hierro. La resistencia de la roca puede variar desde muy análoga a la roca grado II a bastante más baja, pero tal que trozos de 25 cm <sup>2</sup> de sección no pueden romperse a mano.
IV	Muy meteorizada	Roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse a mano y romperse, aunque sus elementos constitutivos son perfectamente reconocibles.
V	Completamente meteorizada	Material con aspecto de suelo, completamente descompuesta por meteorización "in situ", pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original. Los elementos constitutivos de la roca se pueden diferenciar, aunque estén totalmente transformados.

“La meteorización de las rocas puede marcar de forma importante su tratamiento en la realización de obras de ingeniería, por su típicamente heterogénea distribución espacial y variabilidad natural, que hacen que los resultados de un sondeo realizado en un punto, puedan diferir sustancialmente de los realizados en el entorno del mismo”.

### 2.3 Definición de términos.

- **Estabilidad de taludes:** Consiste en determinar un ángulo del talud para el cual, en condiciones normales, bajo condiciones de agua, bajo un flujo de agua que se produzca sobre la masa de suelo o deformaciones provocadas por cortante de tal manera que el talud se mantenga en equilibrio plástico, esto será posible si en un punto dado se mantienen los esfuerzos del talud provocados dentro de la masa de talud, sean iguales o mayores que la resistencia del suelo.
- **Análisis de estabilidad de taludes:** Factor de Seguridad: relación entre valores máximos que resisten (corresponden a la resistencia de los suelos) y las grandezas o valores que provocan el movimiento. El factor

de seguridad en un punto del talud depende del plano de falla considerado.

- **La clasificación RMR (Rock Mass Rating, o evaluación del macizo rocoso):** Establecida por Bieniawski en 1979, es la base directa o indirecta de numerosas aplicaciones para el empleo de rocas en rellenos y excavación de túneles.
- **Índice SMR:** Clasificación geomecánica de taludes índice SMR La aplicación de las clasificaciones geomecánicas a los taludes permite evaluar empíricamente la estabilidad de una excavación.

## **2.4 Hipótesis.**

### **2.4.1 Hipótesis general**

El resultado de la evaluación geomecánica influye directamente para el análisis de la estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica.

### **2.4.2 Hipótesis Específico**

- a) Las propiedades físicas influyen en la resistencia de la roca con fines de estabilidad de talud.
- b) Las propiedades mecánicas inciden en el cálculo del cálculo del ángulo de talud
- c) La meteorización física y química actúa alterando las propiedades de las rocas del talud.

## **2.5 Variables**

### **Variable independiente (X): Evaluación Geo – Mecánica**

Evaluación las propiedades del macizo rocoso que están sujetas por características que presentan las discontinuidades tales como:

- Resistencia a la compresión axial, y/o a carga puntual
- Porosidad

- Permeabilidad
- Densidad
- RQD
- Espaciamiento
- Apertura
- Persistencia
- Relleno
- Alteración
- Rugosidad
- Presencia de agua

### **Variable dependiente (Y): Estabilidad De Talud**

- El campo de la estabilidad de taludes estudia y analiza la estabilidad o las posibles inestabilidades de un talud a la hora de realizar o ejecutar un proyecto de ingeniería, o llevar a cabo la ejecución y control de una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la ingeniería geológica - geotécnica. La inestabilidad de un talud, se produce por un desnivel, que tiene lugar por diversas razones:
- Razones geológicas: laderas que en casos son posiblemente inestables, orografía como acusada, estratificación, meteorización, y demás factores.
- Variación del nivel freático: situaciones en el que el nivel del agua se encuentra por encima de la base del talud, o diversas obras que se llevan a cabo por el hombre.
- Obras de ingeniería: rellenos o excavaciones que se aplican a todo el conjunto de obras.

- Los taludes además serán estables dependiendo mucho de la composición del material para determinar su resistencia, los empujes que someten a estos o las discontinuidades que se encuentran. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta.

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

### **2.5.1.1 Evaluación geo – mecánica:**

“La descripción y medida de las características y propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades y de los parámetros del macizo rocoso, proporcionan los datos necesarios para la evaluación geomecánica global del macizo. A partir de estos datos, la aplicación de las clasificaciones geomecánicas permite estimar la calidad y los distintos parámetros de resistentes aproximados del macizo rocoso, en términos de cohesión y fricción”.

### **2.5.1.2 Estabilidad de talud:**

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud), factores hidrogeológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad).

“La combinación de los factores mencionados puede determinar la condición de rotura a lo largo de una o varias superficies, y que sea cinemáticamente posible el movimiento de un cierto volumen de masa de suelo o roca. La probabilidad de rotura, los mecanismos y modelos de inestabilidad de los taludes están controlados principalmente por factores geológicos y geométricos”.

### 2.5.1.3 Definición operacional de la variable

Tipo de variable	Nombre de la variable	Indicadores
Variable Independiente	Evaluación geo – mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propiedades Físicas</li> <li>✓ Propiedades Químicas</li> <li>✓ Propiedades Mecánicas</li> </ul>
Variable Dependiente	Estabilidad de talud	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propiedades Físicas</li> <li>✓ Porosidad</li> <li>✓ Humedad</li> <li>✓ Densidad</li> <li>✓ Peso específico</li> <li>✓ Propiedades Químicas</li> <li>✓ Disolución</li> <li>✓ Oxidación</li> <li>✓ P.H del agua</li> <li>✓ Propiedades Mecánicas</li> <li>✓ Resistencia a la comprensión uniaxial.</li> <li>✓ Resistencia a la comprensión a carga puntual.</li> </ul>

### 2.5.2 Operacionalización de la variable

HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORE S

<p>a) La evaluación geomecánica influye directamente para el análisis de la estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica 2019</p>	<p>Y: Estabilidad De Talud</p>	<p>Propiedades físicas</p> <p>Propiedades químicas</p> <p>Propiedades mecánicas</p>	<p>%, Kg/cm<sup>2</sup></p> <p>mm.</p> <p>TM</p> <p>Mpa</p>
	<p>X: Evaluación Geo - Mecánica</p>	<p>RQD</p> <p>RMR</p> <p>SMR</p>	<p>Puntos %</p>
<p>b) Las características físicas determinan las propiedades para la de estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla</p>	<p>Y: Propiedades físicas</p>	<p>Contenido de Humedad</p> <p>Grado de saturacion</p> <p>Porosidad</p> <p>Densidad</p>	<p>%</p> <p>%</p> <p>%</p> <p>gr/cm<sup>3</sup></p>
	<p>X1: Volumen de corte</p>	<p>Volumen de material</p>	<p>m<sup>3</sup></p>

<p>c) Las propiedades mecánicas inciden directamente en la resistencia de la estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla</p>	<p>Y: propiedades mecánicas</p>	<p>Indice de Carga Puntual</p>	<p>Mpa</p>
	<p>X2: Volumen de corte</p>	<p>Volumen de material</p>	<p>m<sup>3</sup></p>
<p>d) La meteorización física y química con fines de estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla, inciden directamente alterando las propiedades de las rocas</p>	<p>Y: propiedades químicas</p>	<p>Composición mineralógica</p>	<p>%</p>
	<p>X3: Volumen de corte</p>	<p>Volumen de material</p>	<p>m<sup>3</sup></p>



## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método de investigación**

El método de investigación fue el científico debido a que se sigue procedimientos ordenados con la finalidad de generar conocimientos sobre el análisis de estabilidad de talud.

#### **3.2 Tipo de investigación**

El tipo de investigación fue el aplicado porque se preocupa por la aplicación del conocimiento, producto de la investigación básica. Es un primer esfuerzo para transformar el conocimiento científico en tecnología. El propósito fundamental es dar solución a problemas práctico, la investigación permitirá relacionar nuestra variable independiente y dependiente, para conocer las características geomecánicas del macizo rocoso y aplicarlos en la elección de un sistema técnico y económicamente viable para su aplicación en la estabilización del talud.

#### **3.3 Nivel de investigación**

El tipo nivel investigación fue el descriptivo - correlacional porque tiene como propósito describir, sistemática, completa cualitativa y cuantitativamente los fenómenos y explicar las causas que originan un fenómeno y la verificación de Hipótesis causales y explicativas.

#### **3.4 Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación fue el cuasi - experimental, porque los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.

En nuestra investigación se realizará ensayos de campo, laboratorio y trabajos en gabinete para así poder obtener datos y realizar su procesamiento respectivo.

### **3.5 Población y muestra**

#### **Universo:**

El universo está comprendido por la carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica.

#### **Población:**

La población para la presente investigación está comprendida entre la progresivas 137 + 260 al 141 + 210.

#### **Muestra:**

La muestra del presente trabajo de investigación se encuentra en la progresiva 139+620 al 139+720, correspondiente a una muestra no aleatoria.

### **3.6 Técnicas y/o instrumentos de recolección de datos**

Se utilizarán referencias bibliográficas de diferentes autores, para así poder evaluar los datos obtenidos en campo, fotografías, además de tendrá un orden representativo en los datos que nos permitirá evaluar y/o analizar de forma rápida y ordenada cada muestra.

En la presente investigación se utilizarán:

- Estación Total marca Leica
- Trípode
- Prisma
- Tarjeta porta prisma
- GPS
- Flexómetro
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Equipo de laboratorio de mecánica de rocas
- Peine de Barton

- Martillo de smith
- Martillo de geólogo

### **3.7 Procesamientos de la investigación**

Se hará uso de los siguientes programas que ayudarán a procesar y/o obtener datos:

- Civil-CAD 3D, para la obtención y procesamiento de datos del levantamiento topográfico (relieve del terreno, movimiento de tierras)
- Auto CAD, para la elaboración de los planos.
- Ensayos en laboratorio de rocas
- Tablas geo-mecánicas
- Excel para cuadros comparativos y estadísticos.
- S10 para la elaboración de presupuesto.

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

Para el procesamiento de la información de campo se tendrá en consideración el orden y continuidad de los datos, para lo cual se emplearán programas especializados como son:

- Dips
- Se utilizará la moda para establecer los parámetros predominantes de las discontinuidades tales como:
  - Rumbo de la discontinuidad
  - Buzamiento
  - RCP (resistencia a la carga puntual)
  - RQD
  - Espaciamiento
  - Persistencia
  - Apertura
  - Rugosidad

- Relleno
- Alteración
- Agua
- El software Geotable
- Software Excel
- Equipo de carga puntual
- Martillo de smith
- Peine de Barton
- brújula

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Desarrollo o descripción del área del trabajo de investigación

El presente trabajo de investigación ha encontrado como lugar representativo para presentar la propuesta técnica para solucionar la estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica en el tramo Huacrapuquio.

#### Ubicación

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado tomando como lugar el:

- Departamento : Junín
- Provincia : Huancayo
- Distrito : Huacrapuquio
- Carretera : Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica en el tramo Hucrapuquio. Entre las progresivas 137 + 260 al 141 + 210

Plano de ubicación geográfica de la provincia de Huancayo - región Junín



FIGURA 11 Mapa departamento de Junin.

## Distrito de Huayucachi

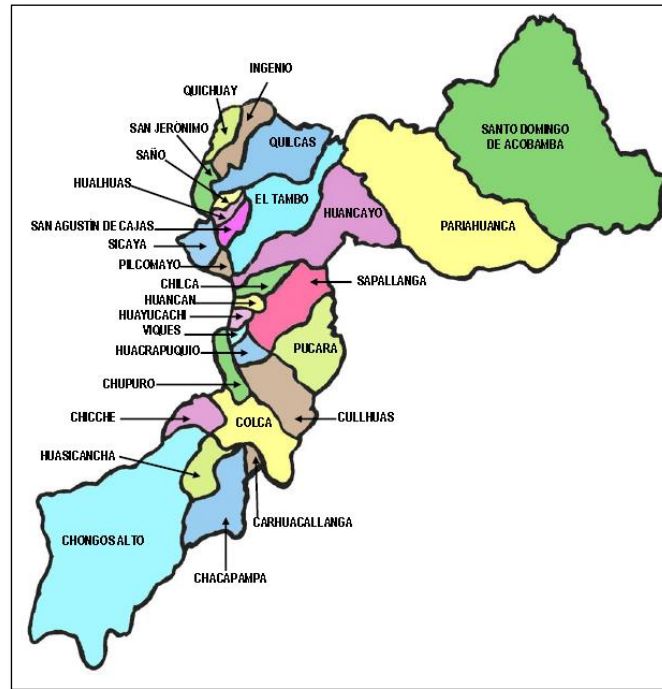


FIGURA 12 distrito de Huayucachi

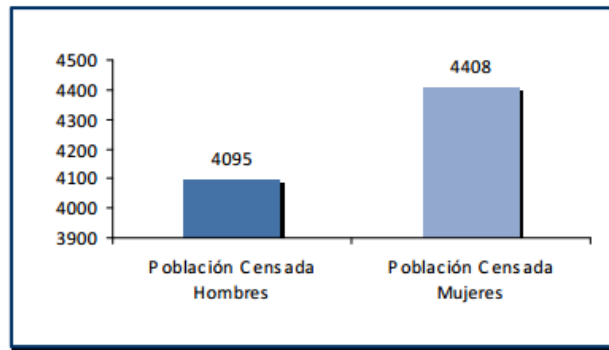
## Distrito de Huacrapuquio



FIGURA 13 Distrito de Huacrapuquio.

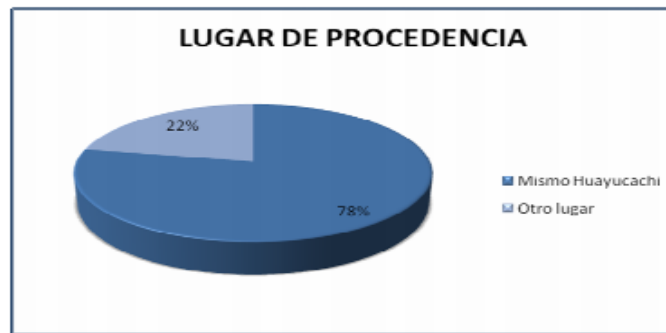
## Población

La población en una totalidad de Huacrapuquio asciende a los (8503) personas de las cuales (4095 son varones) y (4408 son Mujeres).



Fuente: INEI CENSO 2005

FIGURA 14 Poblacion de Huacrapuquio

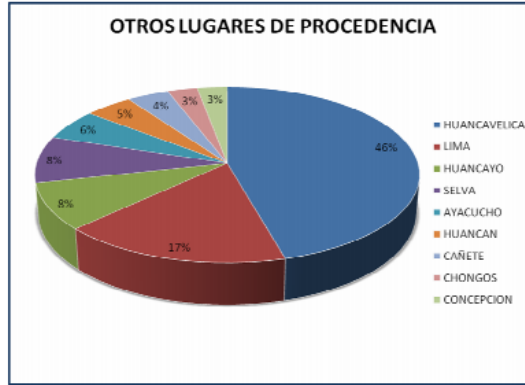


Mismo Huayucachi	Otro lugar
78%	22%

Fuente: Encuesta PDC 2008

FIGURA 15 Lugares de Procedencia

En cuanto al lugar de origen basada a la encuesta realizada para la el plan de desarrollo concertado de la municipalidad el 2008, el 78% es netamente de la zona de Huacrapuquio y el 22% llego de distinto lugares y actualmente residen en Huacrapuquio.



Fuente: Encuesta PDC 2008

FIGURA 16 Otros lugares de Procedencia

En cuanto a los distintos lugares de donde provienen en su mayoría son de del departamento de Huancavelica, como también de otras ciudades que se siguiente cuadro.

Lugar	Porcentaje
HUANCAVELICA	46%
LIMA	17%
HUANCAYO	8%
SELVA	8%
AYACUCHO	6%
HUANCAN	5%
CAÑETE	4%
CHONGOS	3%
CONCEPCION	3%

Fuente: Encuesta PDC 2008

FIGURA 17 Tasa de Crecimiento

Tasa de Crecimiento Inter – Censal

“Tasa Crecimiento Intercensal (1981 - 2005) 2.5%”

Fuente: INEI CENSO 2005

Densidad poblacional

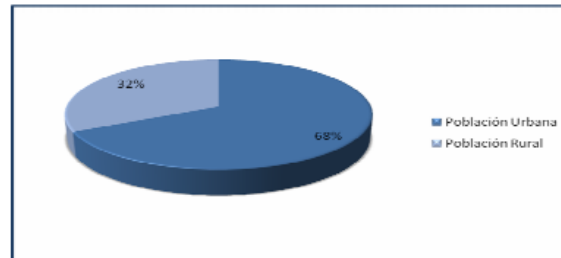
Densidad de Población 647.6 (Hab/Km<sup>2</sup>)

Fuente: INEI CENSO 2005



## Población urbana y rural

“La población Urbana asciende a un 68% (5758 habitantes) y la población Rural a un 32% (2745 habitantes)”



Fuente: INEI CENSO 2005

FIGURA 18 Poblacion Urbana y Ruaral.

## Clima

Térmica, la temperatura máxima llega a los 18.6°C y la mínima a los 1.0°C, con una temperatura promedio anual de 12°C y durante los meses de invierno con presencia de niebla. De otro lado, la precipitación pluvial es de un promedio de los 125.2mm en enero y 2.0 mm en junio, la cual está relacionada con la formación de alta nubosidad que existe en el invierno, precipitando en lluvias torrenciales, hay vientos fuertes en los meses de julio y agosto perjudicando los techos de calamina y teja de la institución educativa.

## Actividad económica

El 36 % de la población de Huacrapuquio se dedica exclusivamente a la agricultura, al comercio se dedica un 20%, a la Ganadería un 9%, a la artesanía un 2% y otras demas activ. 33% “(el mismo que representa a las personas profesionales, oficios como carpinteros, choferes, cobradores y otros)”.



Fuente: encuesta PDC 2008

FIGURA 19 Actividades económicas

En su mayoría de esta población se dedica a la producción de maíz, habas, cebada, entre otras variedades que genéticamente son productores de la zona.

### **Economía**

La zona identificada se dedica mayormente a la actividad Agrícola, ganadera, comercio, artesanía y otros en menor escala teniendo ganado, ovino, vacuno, etc. Estas actividades económicas no le permiten un adecuado desarrollo, dadas las condiciones de pobreza de sus tierras y los bajos niveles de desarrollo de la población en general.

### **Topografía**

La mayor parte del terreno tiene una topografía plana o llana con pendientes no mayores a 9% en la parte de la población y cerros alrededores de la misma, presenta vegetación. Los vientos, la lluvia son la única fuerza de erosión.

### **Fisiografía**

El río Mantaro predomina en la cuenca y el área del proyecto se ubica en la margen izquierda del río Mantaro, presentando relieves con pendientes fuertes, ondulados y semi ondulados, quebradas y pequeños valles,

característicos de las cuencas, tiene grandes afloramientos rocosos de origen sedimentario, canteras de canto rodado proveniente por arrastres fluviales. Suelos cubiertos por bosques naturales con especies maderables como Eucalipto, y arbustivas, así como cultivos diversos y asociaciones de pastos.

## **Indicadores de los niveles de vida**

### **Educación**

#### **Cobertura e infraestructura**

“El servicio educativo en el ámbito Distrital es regular, existe un abandono a este servicio por parte de las autoridades pertinentes; los maestros no logran cumplir con las currículas proyectadas, padres de familia no muestran interés por la educación de sus hijos, a esto se suma el deficiente estado en que se encuentran la infraestructura educativa y el equipamiento con mobiliario y material didáctico”.

“Consideramos a la escuela como un puente para el desarrollo de las futuras generaciones, por lo mismo hay la necesidad de apostar por una educación democrática, con libertad que apertura y desencadene procesos del desarrollo humano con dignidad”.

“El índice de analfabetismo de la población adulta ha mejorado, sin embargo, los bajos ingresos percibidos de la realización de las actividades económicas no les permiten mejorar las capacidades. Esta observación debe ser tomada en cuenta para desarrollar programas de formación para adultos en las diferentes materias educativas”.

#### **Infraestructura**

La Infraestructura educativa, en gran parte se tiene de mal y regular estado de conservación; cuentan con un local propio pero es deficiente

el nivel de infraestructura, realizándose las labores educativas en ambientes que no cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

### **Salud**

Los servicios de Salud se resumen a la atención que se presta en 01 Centro de Salud se encuentra en el centro en el corazón de Huacrapuquio, la misma que es atendida por 01 Médico, dos enfermeras y un obstetra, 02 técnicas en enfermería, en el Centro de Salud de Huacrapuquio no existe disponibilidad de camas hospitalarias.

### **Vivienda**

Las construcciones destinadas para vivienda por lo general están constituidas por casas de adobe, predominando las viviendas que se componen por una cocina – comedor una habitación dormitorio que también realiza las funciones de almacén, Con techos de teja artesanal escasos de iluminación y ventilación. La mayoría de las viviendas posee los servicios de agua potable y Saneamiento. La energía eléctrica cubre la necesidad en un 80% de las viviendas.

### **Vías de comunicación**

- ✓ Terrestre: “EL distrito de Huacrapuquio, cuenta como vía de acceso por la carretera central (panamericana sur) de Huancayo-Huancavelica – Ayacucho, Carretera tramo Pilcomayo, Chupaca, Chongos Bajo, Chupuro, Viques, Carretera Huayucachi – Sapallanga”.
- ✓ Ferroviarios: “Ferrocarril Huancayo – Huancavelica”
- Índice para describir las discontinuidades del macizo rocoso

## **4.2 Determinación de las propiedades físicas de las rocas.**

Extracción de la muestra.

Esta etapa se realiza con una roca obtenida del campo y se le lleva al laboratorio.

### **Muestras extraídas**

La muestra debe ser representativa y estar conformado por 3 pedazos de roca de geométrica irregular o regular, cada uno debe pesar por lo menos 50 gr o tener una dimensión de por lo menos 10 veces el tamaño máximo del grano.

### **Determinación de su masa**

Limpiar para eliminar el polvo que se encuentre adherido a la muestra y luego se pesa determinando M.

### **Colocado al horno**

La muestra es colocada dentro de un recipiente limpio y seco e introducido en el horno a una temperatura de 105 °C. Se seca por un día y luego se pesa la muestra obteniendo Ms.

### **Determinación de la masa seca.**

La muestra luego de ser saca del horno se le pone en la balanza para saber su masa.

### **Determinación de la masa sumergida**

La muestra se coloca en una canasta de inmersión y se determina la masa Msum.

### **Determinación de la masa saturada**

Se retira del baño de inmersión y se seca superficialmente con un paño húmedo, teniendo cuidado de retirar solo el agua superficial y no se pierdan fragmentos de roca, se pesa obteniendo Msat.

## MUESTRA 01, 02, 03.

Datos obtenidos en el laboratorio:

Tabla 9 Datos de laboratorio de las 03 muestras analizadas.

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
	g	g	g
MSATURADO	128.98	101.34	146.77
MSUELO	126.45	96.74	138.11
MSECO	111.23	81.22	120.6
MSUMERGIDA	64.27	44.46	66.72

### 4.2.1 Contenido de agua o humedad

El porcentaje promedio entre las 03 muestras es de 20.81%.

Tabla 10 Contenido de Humedad

$$\omega = \frac{M_w}{M_s} \times 100 (\%)$$

Donde:  
 $\omega$  = Contenido de agua o humedad  
 $M_w$  = Masa de agua  
 $M_s$  = Masa del suelo

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
W	0.15957925	0.24772224	0.21699834
=	15.957925	24.772224	21.699834

### 4.2.2 Grado de saturación

El porcentaje promedio entre las 03 muestras es de 49.99%

Tabla 11 Grado de Saturación

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 (\%)$$

Donde:  
 $S_r$  = Grado de saturación  
 $V_w$  = Volumen de agua  
 $V_v$  = Volumen Vacío

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Sr	0.52957746	0.52683897	0.47000382
=	52.957746	52.683897	47.000382

### 4.2.3 Porosidad

El porcentaje promedio entre las 03 muestras es de 37.87%.

Tabla 12 Porosidad

$$n = \frac{V_v}{V} (\%)$$

Donde:  
 n = Porosidad  
 V<sub>v</sub> = Volumen de vacíos  
 V = Volumen de la muestra

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
V <sub>v</sub>	17.75	20.12	26.17
V	58.33	41.67	75
=	30.4303103	48.2841373	34.89333333

### 4.2.4 Relación de vacíos

El porcentaje promedio entre las 03 muestras es de 0.2845.

Tabla 13 Relación de Vacíos

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Donde:  
 e = Relación de vacíos  
 V<sub>v</sub> = Volumen de vacíos  
 V<sub>s</sub> = Volumen del suelo

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
V <sub>v</sub>	17.75	20.12	26.17
V <sub>s</sub>	75.9	51.73	113.47
=	0.233860343	0.38894259	0.230633648

### 4.2.5 Densidad seca:

El porcentaje promedio entre las 03 muestras es de 1.37 kg/m<sup>3</sup>

Tabla 14 Densidad Seca

$$\rho_d = \frac{M_{seca}}{V_{roca}}$$

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
M <sub>s</sub>	111.23	81.22	120.6
V <sub>s</sub>	75.9	51.73	113.47
ρ <sub>d</sub> =	1.465480896	1.57007539	1.062835992

#### 4.2.6 Densidad de solidos

El porcentaje promedio entre las 03 muestras es de 1821.34 kg/m3

Tabla 15 Densidad de solidos

$$\rho_s = \frac{M_{roca}}{V_{roca}}$$

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Ms	111.23	81.22	120.6
V	58.33	41.67	75
pd=	1.906908966	1.94912407	1.608

#### 4.2.7 Gravedad especifica

El porcentaje promedio entre las 03 muestras es de 1.82.

Tabla 16 Gravedad Especifica

$$G_s = \frac{\rho}{\rho_w}$$

Donde:  
 G<sub>s</sub> = Gravedad especifica  
 ρ = Densidad  
 ρ<sub>w</sub> = Densidad del agua

	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
pd=	1906.9	1949.1	1608
pw=	1000	1000	1000
=	1.9069	1.9491	1.608

#### Espaciamiento:

Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes, es decir, la distancia entre una y otra discontinuidad, que normalmente se refiere al espaciamiento del sistema principal o predominantemente de fracturas.

#### Persistencia:

Es la longitud de traza de la discontinuidad como se observa en un afloramiento.

Puede ser una burda medida de la extensión de un área dada o una longitud de penetración de una fractura.



La terminación de roca sólida o en otras discontinuidades reduce la persistencia.

**Abertura:**

Es la distancia perpendicular entre las paredes de roca adyacente de una discontinuidad, en el cual el espacio intermedio esta relleno de aire o agua.

**Rugosidad:**

Se refiere a la rugosidad y ondulación inherente al plano principal de una discontinuidad.

Ambas características contribuyen a la resistencia al corte del macizo rocoso. Ondulaciones de gran magnitud pueden llegar a alterar los echados localmente.

La rugosidad estará influenciada por la textura, tamaño de los granos o minerales y el grado de descomposición de algunos minerales.

**Relleno:**

Es el material que separa las paredes de roca adyacentes de una discontinuidad o que ocupa el espacio existente entre los planos de una discontinuidad y que es usualmente más débil que la roca madre.

Los materiales típicos de relleno son arena, limo, arcilla, brecha, materia orgánica ganga y milonita.

También se incluye delgadas capas minerales y cicatrices de discontinuidades. Ejemplo: vetas de Qtz, y Ca que pueden tener una resistencia mayor que la roca madre o roca encajonan te.

**Filtraciones:**

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

### 4.3 Procesamiento de datos de campo

Se procedió a realizar el muestreo en campo de los cuales se tomó muestra de 03 familias, la recolección de datos se basó al análisis de las discontinuidades encontradas dentro de cada familia siendo exigentes y cuidadosos en la obtención de los siguientes índices: orientación, espaciado, persistencia, apertura, rugosidad, relleno, alteración y agua los cuales son reflejados en las siguientes tablas.

#### 4.3.1 Muestreo familia 01

Ordenamiento de los datos obtenidos de campo a una tabla Excel para poder trabajar en lo sucesivo, se trabajaron con 95 discontinuidades.

1) Muestreo de talud carretera Mariscal Castilla - HUANCAYO - HUANCAVELICA 2019											
REGISTRO LINEAL											
CARACTERIZACIÓN GEO-MECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO						DEPARTAMENTO DE GEOMECÁNICA					
UBICACIÓN: Talud carretera Mariscal Castilla						RQD: A CALCULAR					
DIMENSION DEL DOMINIO ESTRUCTURAL: Progresiva 139+620 al 139+720						FECHA: Jul-19					
TIPO DE ROCA: CALIZA						Discontinuidades paralela a la carretera (Fam. 1)					
N° DISCONTINUIDAD	DISTANCIA A LA INTERSECCIÓN DE LA CONTINUIDAD (m)	TIPO DE ESTRUCTURA F: Falla D: Diaclasa	ORIENTACIÓN		ESPACIADO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (cm)	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACIÓN	AGUA
			DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO							
					1 => 2 m 2 = 0.6 - 2 m 3 = 0.2 - 0.6 m 4 = 0.06 - 0.2 m 5 =< 0.06 m	1 =< 1 m long. 2 = 1 - 3 m long. 3 = 3 - 10 m long. 4 = 10 - 20 m long. 5 => 20m long.	1 = Cerrada 2 =< 0.1 mm 3 = 0.1 - 1.0 mm 4 = 1 - 5 mm 5 => 5 mm	1 = Muy rug. 2 = Rugosa 3 = Lig. Rug. 4 = Lisa. 5 = Espejo falla	1 = Limpio 2 = Duro < 5 mm 3 = Duro > 5 mm 4 = Suave < 5 mm 5 = Suave > 5 mm	1 = Sana 2 = Lig. Alterada 3 = Mod. Alterada 4 = Muy Alterada 5 = Descompuesta	1 = Seco 2 = Humedo 3 = Mojado 4 = Goteo 5 = Flujo
1	0.00	D	126°	40° SW	-	-	-	-	-	-	-
2	0.70	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
3	1.30	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
4	2.40	D	126°	44° SW	2	4	5	3	5	3	2
5	3.10	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
6	3.65	D	124°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
7	4.15	D	126°	40° SW	3	4	5	3	5	3	2
8	4.78	D	126°	41° SW	2	5	5	3	5	3	2
9	5.23	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
10	5.87	D	125°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
11	6.02	D	126°	41° SW	4	3	5	3	5	3	2
12	6.48	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
13	7.25	D	126°	40° SW	2	3	5	3	5	3	2
14	7.73	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
15	8.56	D	126°	44° SW	2	5	5	3	5	3	2
16	8.99	D	126°	40° SW	3	3	5	3	5	3	2
17	9.76	D	127°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
18	10.11	D	126°	42° SW	3	5	5	3	5	3	2
19	10.84	D	126°	40° SW	2	4	5	3	5	3	2
20	11.06	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
21	11.59	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
22	12.05	D	127°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
23	12.72	D	126°	43° SW	2	5	5	3	5	3	2
24	13.25	D	126°	40° SW	3	2	5	3	5	3	2
25	13.50	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
26	14.65	D	127°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
27	15.01	D	126°	43° SW	3	4	5	3	5	3	2
28	15.63	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
29	16.21	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
30	16.77	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
31	17.33	D	126°	40° SW	3	3	5	3	5	3	2
32	17.91	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
33	18.42	D	126°	42° SW	3	5	5	3	5	3	2
34	19.28	D	126°	40° SW	2	4	5	3	5	3	2
35	19.96	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2

FIGURA 20 Muestreo Familia 01

Muestreo de la familia 01 de la discontinuidad 01 hasta la 35.

N° DISCONTINUIDAD	DISTANCIA A LA INTERSECCIÓN DE LA CONTINUIDAD (m)	TIPO DE ESTRUCTURA F: Falla D:Diaclasa	ORIENTACIÓN		ESPACIADO (cm) 1 => 2 m 2 = 0.6 - 2 m 3 = 0.2 - 0.6 m 4 = 0.06 - 0.2 m 5 = < 0.06 m	PERSISTENCIA (m) 1 = < 1 m long. 2 = 1 - 3 m long. 3 = 3 - 10 m long. 4 = 10 - 20 m long. 5 = > 20m long.	APERTURA (cm) 1 = Cerrada 2 = < 0.1 mm 3 = 0.1 - 1.0 mm 4 = 1 - 5 mm 5 = > 5 mm	RUGOSIDAD 1 = Muy rug. 2 = Rugosa 3 = Lig. Rug. 4 = Lisa. 5 = Espejo falla	RELLENO 1 = Limpio 2 = Duro < 5 mm 3 = Duro > 5 mm 4 = Suave < 5 mm 5 = Suave > 5 mm	ALTERACIÓN 1 = Sana 2 = Lig. Alterada 3 = Mod. Alterada 4 = Muy Alterada 5 = Descompuesta	AGUA 1 = Seco 2 = Humedo 3 = Mojado 4 = Goteo 5 = Flujo
			DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO							
36	20.55	D	121°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
37	21.02	D	126°	40° SW	3	3	5	3	5	3	2
38	21.68	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
39	22.15	D	126°	40° SW	3	2	5	3	5	3	2
40	22.94	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
41	23.47	D	119°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
42	24.11	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
43	24.72	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
44	25.46	D	126°	40° SW	2	3	5	3	5	3	2
45	25.99	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
46	26.75	D	119°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
47	27.14	D	126°	40° SW	3	4	5	3	5	3	2
48	27.68	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
49	28.33	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
50	29.11	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
51	29.87	D	126°	40° SW	2	2	5	3	5	3	2
52	30.11	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
53	30.57	D	125°	40° SW	3	3	5	3	5	3	2
54	30.89	D	126°	42° SW	3	5	5	3	5	3	2
55	31.25	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
56	31.76	D	125°	40° SW	3	3	5	3	5	3	2
57	31.95	D	126°	40° SW	4	5	5	3	5	3	2
58	32.25	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
59	32.58	D	125°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
60	32.97	D	126°	41° SW	3	4	5	3	5	3	2
61	33.15	D	126°	40° SW	4	5	5	3	5	3	2
62	33.68	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
63	33.87	D	126°	40° SW	4	2	5	3	5	3	2
64	34.15	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
65	34.57	D	126°	45° SW	3	5	5	3	5	3	2
66	34.79	D	123°	40° SW	3	2	5	3	5	3	2
67	34.98	D	123°	40° SW	4	5	5	3	5	3	2
68	35.68	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
69	35.92	D	126°	41° SW	3	3	5	3	5	3	2
70	36.19	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
71	36.67	D	122°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
72	37.10	D	122°	42° SW	3	3	5	3	5	3	2
73	37.90	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
74	38.51	D	126°	41° SW	2	5	5	3	5	3	2
75	39.14	D	124°	40° SW	2	2	5	3	5	3	2
76	39.75	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
77	40.18	D	124°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
78	40.58	D	126°	40° SW	3	3	5	3	5	3	2

FIGURA 21 Muestreo Familia 01

Muestreo de la familia 01 de la discontinuidad 36 hasta la 78.

N° DISCONTINUIDAD	DISTANCIA A LA INTERSECCIÓN DE LA CONTINUIDAD (m)	TIPO DE ESTRUCTURA F: Falla D:Diaclasa	ORIENTACIÓN		ESPACIADO (cm) 1 => 2 m 2 = 0.6 - 2 m 3 = 0.2 - 0.6 m 4 = 0.06 - 0.2 m 5 = < 0.06 m	PERSISTENCIA (m) 1 = < 1 m long. 2 = 1 - 3 m long. 3 = 3 - 10 m long. 4 = 10 - 20 m long. 5 = > 20m long.	APERTURA (cm) 1 = Cerrada 2 = < 0.1 mm 3 = 0.1 - 1.0 mm 4 = 1 - 5 mm 5 = > 5 mm	RUGOSIDAD 1 = Muy rug. 2 = Rugosa 3 = Lig. Rug. 4 = Lisa. 5 = Espejo falla	RELLENO 1 = Limpio 2 = Duro < 5 mm 3 = Duro > 5 mm 4 = Suave < 5 mm 5 = Suave > 5 mm	ALTERACIÓN 1 = Sana 2 = Lig. Alterada 3 = Mod. Alterada 4 = Muy Alterada 5 = Descompuesta	AGUA 1 = Seco 2 = Humedo 3 = Mojado 4 = Goteo 5 = Flujo
			DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO							
79	41.05	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
80	41.63	D	126°	45° SW	3	5	5	3	5	3	2
81	42.09	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
82	43.00	D	126°	40° SW	2	4	5	3	5	3	2
83	43.81	D	125°	41° SW	2	2	5	3	5	3	2
84	44.08	D	125°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
85	44.88	D	126°	39° SW	2	5	5	3	5	3	2
86	45.25	D	126°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
87	45.39	D	126°	42° SW	4	5	5	3	5	3	2
88	46.82	D	126°	40° SW	2	5	5	3	5	3	2
89	46.26	D	123°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
90	47.11	D	126°	40° SW	3	4	5	3	5	3	2
91	48.19	D	126°	40° SW	2	4	5	3	5	3	2
92	48.96	D	122°	45° SW	2	3	5	3	5	3	2
93	49.36	D	122°	40° SW	3	5	5	3	5	3	2
94	49.86	D	126°	42° SW	3	3	5	3	5	3	2
95	50.00	D	126°	40° SW	4	5	5	3	5	3	2

FIGURA 22 Muestreo Familia 01

Muestreo de la familia 01 de la discontinuidad 79 hasta la 95.

### 4.3.2 Muestreo familia 02

Ordenamiento de los datos obtenidos de campo a una tabla Excel para poder trabajar en lo sucesivo, se trabajaran con 13 discontinuidades.

1) Muestreo de talud carretera Mariscal Castilla - HUANCAYO - HUANCVELICA 2019																		
REGISTRO LINEAL																		
CARACTERIZACIÓN GEO-MECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO							DEPARTAMENTO DE GEOMECÁNICA											
UBICACIÓN: Talud carretera Mariscal Casti							RQD: A CALCULAR											
DIMENSION DEL DOMINIO ESTRUCTURAL: Progresiva 139+620 al 139+720							FECHA: Jul-19											
TIPO DE ROCA: CALIZA							Discontinuidades paralela a la carretera (Fam. 2)											
N° DISCONTINUIDAD	DISTANCIA A LA INTERSECCIÓN DE LA CONTINUIDAD (m)	TIPO DE ESTRUCTURA F: Falla D: Diaclasa	ORIENTACIÓN		ESPACIADO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (cm)	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACIÓN	AGUA							
			DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO								1 = > 2 m	1 = < 1 m long.	1 = Cerrada	1 = Muy rug.	1 = Limpio	1 = Sana	1 = Seco
												2 = 0.6 - 2 m	2 = 1 - 3 m long.	2 = < 0.1 mm	2 = Rugosa	2 = Duro < 5 mm	2 = Lig. Alterada	2 = Humedo
												3 = 0.2 - 0.6 m	3 = 3 - 10 m long.	3 = 0.1 - 1.0 mm	3 = Lig. Rug.	3 = Duro > 5 mm	3 = Mod. Alterada	3 = Mojado
												4 = 0.06 - 0.2 m	4 = 10 - 20 m long.	4 = 1 - 5 mm	4 = Lisa.	4 = Suave < 5 mm	4 = Muy Alterada	4 = Goteo
5 = < 0.06 m	5 = > 20 m long.	5 = > 5 mm	5 = Espejo falla	5 = Suave > 5 mm	5 = Descompuesta	5 = Flujo												
1	0.00	D	126°	50°	E	-	-	-	-	-	-							
2	0.65	D	126°	52°	E	2	3	5	3	5	3	2						
3	1.20	D	124°	50°	E	3	3	5	3	5	3	2						
4	1.58	D	126°	50°	E	3	1	5	3	5	3	2						
5	2.17	D	126°	55°	E	3	3	5	3	5	3	2						
6	2.87	D	125°	50°	E	2	2	5	3	5	3	2						
7	3.65	D	126°	50°	E	2	3	5	3	5	3	2						
8	4.22	D	126°	48°	E	3	3	5	3	5	3	2						
9	4.98	D	122°	50°	E	2	3	5	3	5	3	2						
10	5.56	D	123°	50°	E	3	2	5	3	5	3	2						
11	6.23	D	126°	49°	E	2	3	5	3	5	3	2						
12	6.49	D	126°	50°	E	2	3	5	3	5	3	2						
13	6.78	D	120°	50°	E	2	3	5	3	5	3	2						

FIGURA 23 Muestreo Familia 02

Muestreo de la familia 02 de la discontinuidad 01 hasta la 13.

### 4.3.3 Muestreo familia 03

Ordenamiento de los datos obtenidos de campo a una tabla Excel para poder trabajar en lo sucesivo, se trabajaran con 6 discontinuidades.

1) Muestreo de talud carretera Mariscal Castilla - HUANCAYO - HUANCVELICA 2019																		
REGISTRO LINEAL																		
CARACTERIZACIÓN GEO-MECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO							DEPARTAMENTO DE GEOMECÁNICA											
UBICACIÓN: Talud carretera Mariscal Castil							RQD: A CALCULAR											
DIMENSION DEL DOMINIO ESTRUCTURAL: Progresiva 139+620 al 139+720							FECHA: Jul-19											
TIPO DE ROCA: CALIZA							Discontinuidades paralela a la carretera (Fam. 3)											
N° DISCONTINUIDAD	DISTANCIA A LA INTERSECCIÓN DE LA CONTINUIDAD (m)	TIPO DE ESTRUCTURA F: Falla D: Diaclasa	ORIENTACIÓN		ESPACIADO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (cm)	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACIÓN	AGUA							
			DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO								1 = > 2 m	1 = < 1 m long.	1 = Cerrada	1 = Muy rug.	1 = Limpio	1 = Sana	1 = Seco
												2 = 0.6 - 2 m	2 = 1 - 3 m long.	2 = < 0.1 mm	2 = Rugosa	2 = Duro < 5 mm	2 = Lig. Alterada	2 = Humedo
												3 = 0.2 - 0.6 m	3 = 3 - 10 m long.	3 = 0.1 - 1.0 mm	3 = Lig. Rug.	3 = Duro > 5 mm	3 = Mod. Alterada	3 = Mojado
												4 = 0.06 - 0.2 m	4 = 10 - 20 m long.	4 = 1 - 5 mm	4 = Lisa.	4 = Suave < 5 mm	4 = Muy Alterada	4 = Goteo
5 = < 0.06 m	5 = > 20 m long.	5 = > 5 mm	5 = Espejo falla	5 = Suave > 5 mm	5 = Descompuesta	5 = Flujo												
1	0.00	D	225°	45°	E	-	-	-	-	-	-							
2	0.45	D	225°	45°	E	3	5	5	3	5	3	2						
3	0.81	D	227°	42°	E	3	5	5	3	5	3	2						
4	1.23	D	225°	45°	E	3	5	5	3	5	3	2						
5	1.86	D	222°	48°	E	2	5	5	3	5	3	2						
6	2.36	D	225°	45°	E	3	5	5	3	5	3	2						

FIGURA 24 Muestreo Familia 03

Muestreo de la familia 03 de la discontinuidad 01 hasta la 06.

### 4.3.4 Resumen de muestreo

se obtiene el resumen de los datos con los que se trabajara el procesamiento de discontinuidades.

1) Muestreo de talud carretera Mariscal Castilla - HUANCAYO - HUANCAVELICA 2019											
REGISTRO LINEAL											
CARACTERIZACIÓN GEO-MECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO							DEPARTAMENTO DE GEOMECÁNICA				
UBICACIÓN: Talud carretera Mariscal Cast							RQD: <b>A CALCULAR</b>				
DIMENSION DEL DOMINIO ESTRUCTURAL: Progresiva 139+620 al 139+720							FECHA: Jul-19				
TIPO DE ROCA: CALIZA							Discontinuidades paralela a la carretera (Fam. 3)				
N° DISCONTINUIDAD	DISTANCIA A LA INTERSECCIÓN DE LA CONTINUIDAD (m)	TIPO DE ESTRUCTURA F: Falla D: Diaclasa	ORIENTACIÓN		ESPACIADO (cm)	PERSISTENCIA (m)	APERTURA (cm)	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACIÓN	AGUA
			DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO	BUZAMIENTO							
					1 => 2 m	1 =< 1 m long.	1 = Cerrada	1 = Muy rug.	1 = Limpio	1 = Sana	1 = Seco
					2 = 0.6 - 2 m	2 = 1 - 3 m long.	2 =< 0.1 mm	2 = Rugosa	2 = Duro < 5 mm	2 = Lig. Alterada	2 = Humedo
					3 = 0.2 - 0.6 m	3 = 3 - 10 m long.	3 = 0.1 - 1.0 mm	3 = Lig. Rug.	3 = Duro > 5 mm	3 = Mod. Alterada	3 = Mojado
					4 = 0.06 - 0.2 m	4 = 10 - 20 m long.	4 = 1 - 5 mm	4 = Lisa.	4 = Suave < 5 mm	4 = Muy Alterada	4 = Goteo
					5 =< 0.06 m	5 => 20m long.	5 => 5 mm	5 = Espejo falla	5 = Suave > 5 mm	5 = Descompuesta	5 = Flujo
Familia 1	0.00	D	160°	40°	E 3	5	5	3	5	3	2
Familia 2	0.00	D	126°	50°	E 2	3	5	3	5	3	2
Familia 3	0.00	D	225°	45°	E 3	5	5	3	5	3	2

FIGURA 25 Resumen de muestreo

Acumulación de resultados de muestreo de las tres 03 familias.

### 4.3.5 Modelamiento en programa DIPS

En esta parte se realiza el modelamiento de las discontinuidades encontradas, se agruparan de acuerdo a cada familia, en total se realizaran 3 modelamientos.

#### 4.3.5.1 Modelamiento Familia N° 01

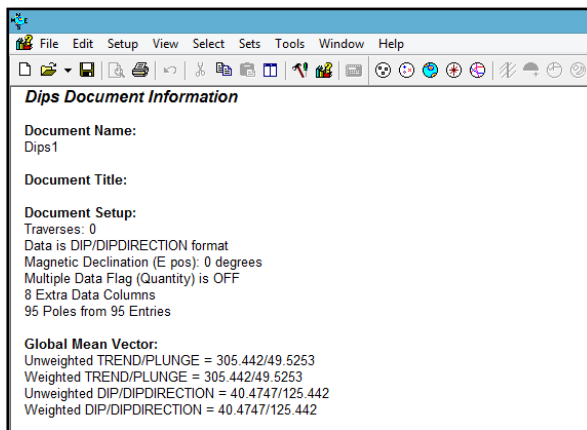


FIGURA 26 Modelamiento de Familia 01 en programa DIPS.

Se utilizó el programa DIPS para el procesamiento de discontinuidades.

ID	Dip	Dip Direction	DISCONTINUIDAD	ESPACIAMIENTO	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACIÓN	AGUA
1	40°	126°	D	-	-	-	-	-	-	-
2	40°	126°	D	2	5	5	3	5	3	2
3	40°	126°	D	2	5	5	3	5	3	2
4	44°	126°	D	2	4	5	3	5	3	2
5	40°	126°	D	2	5	5	3	5	3	2
6	40°	124°	D	3	5	5	3	5	3	2
7	40°	126°	D	3	4	5	3	5	3	2
8	41°	126°	D	2	5	5	3	5	3	2
9	40°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
10	40°	125°	D	2	5	5	3	5	3	2
11	41°	126°	D	4	3	5	3	5	3	2
12	40°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
13	40°	126°	D	2	3	5	3	5	3	2
14	40°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
15	44°	126°	D	2	5	5	3	5	3	2
16	40°	126°	D	3	3	5	3	5	3	2
17	40°	127°	D	2	5	5	3	5	3	2
18	42°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
19	40°	126°	D	2	4	5	3	5	3	2
20	40°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
21	40°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
22	40°	127°	D	3	5	5	3	5	3	2
23	43°	126°	D	2	5	5	3	5	3	2
24	40°	126°	D	3	2	5	3	5	3	2
25	40°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
26	40°	127°	D	2	5	5	3	5	3	2
27	43°	126°	D	3	4	5	3	5	3	2
28	40°	126°	D	2	5	5	3	5	3	2
29	40°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
30	40°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
31	40°	126°	D	3	3	5	3	5	3	2
32	40°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
33	42°	126°	D	3	5	5	3	5	3	2
34	40°	126°	D	2	4	5	3	5	3	2
35	40°	126°	D	2	5	5	3	5	3	2
36	40°	124°	D	3	4	5	3	5	3	2

FIGURA 27 Exportación de Discontinuidades Familia 01  
Exportación de datos de las discontinuidades de la Familia 01 al programa DIPS.

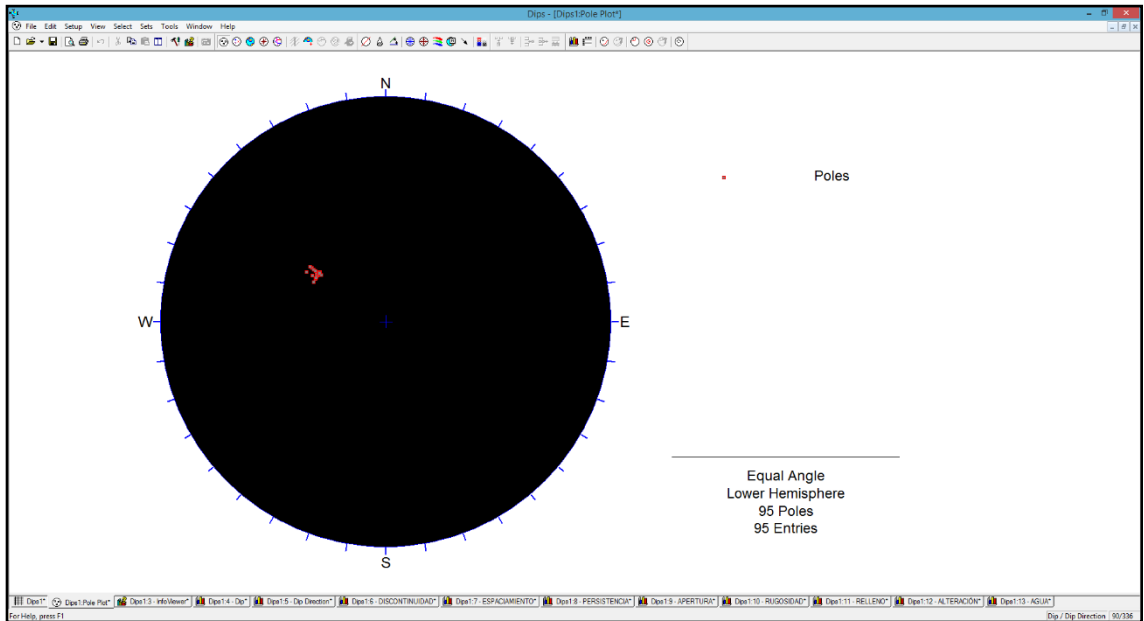


FIGURA 28 Angulo Interior  
Se muestra el ángulo igual del hemisferio interior hacia el Nor - Oeste

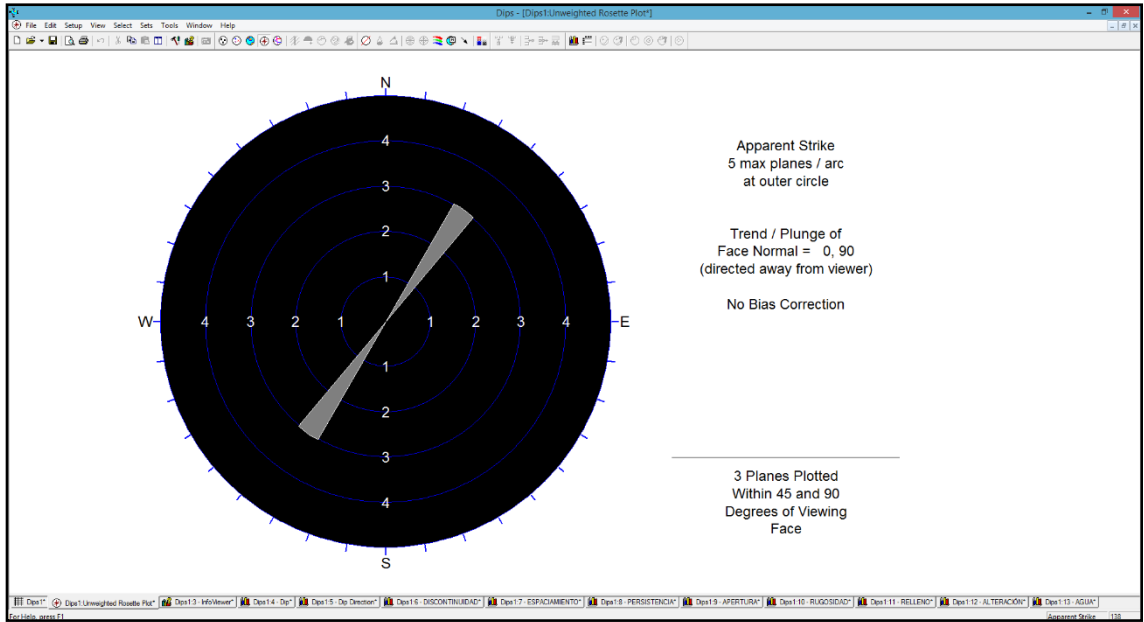


FIGURA 29 Planos Angulares.  
Se nota tres planos trazados dentro de 45° y 90 °.

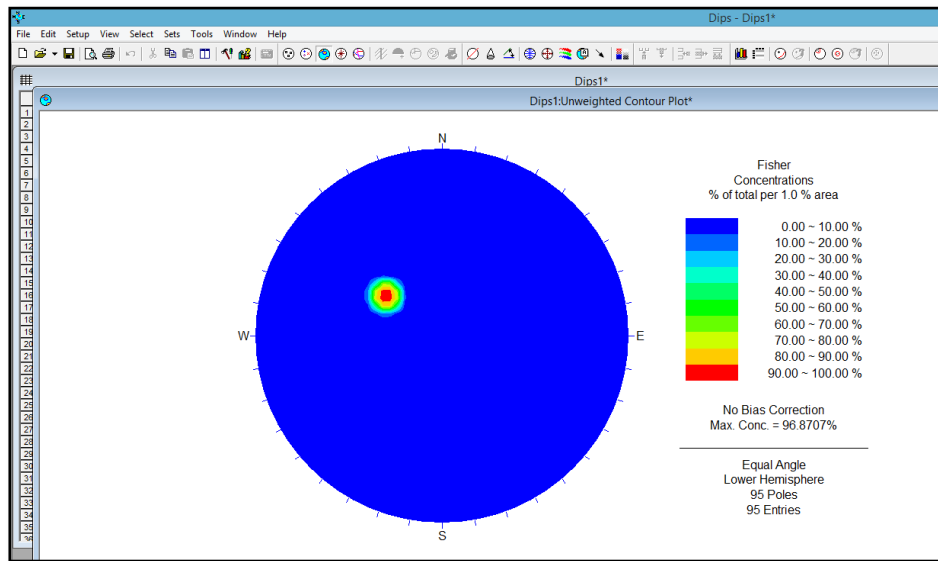


FIGURA 30 Sesgo Familia 01  
Se observa que no hay corrección de sesgo.

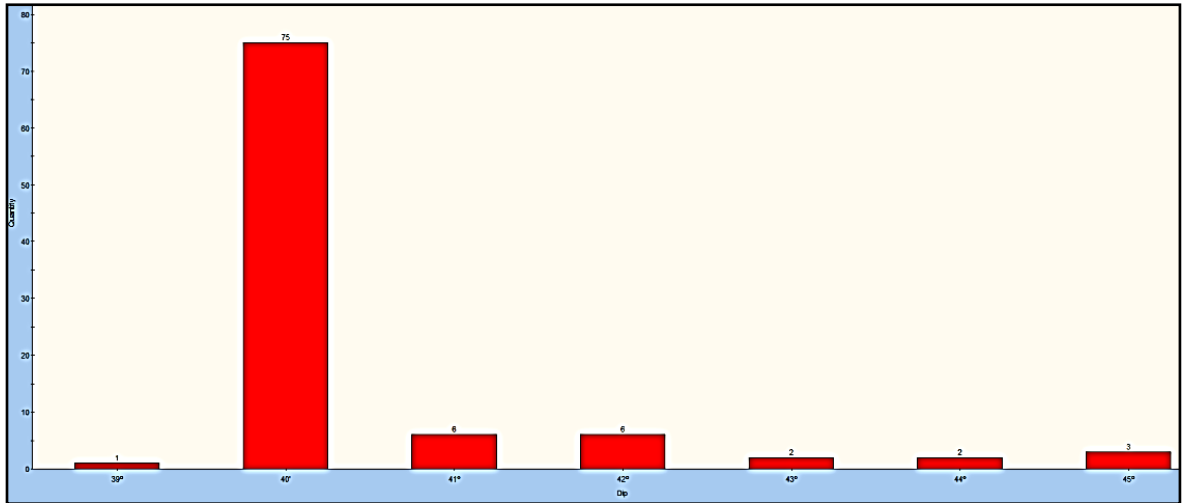


FIGURA 31 Buzamiento Familia 01

En la familia 01 se observa que el buzamiento de 40° predomina en gran número de discontinuidades 75 en total.

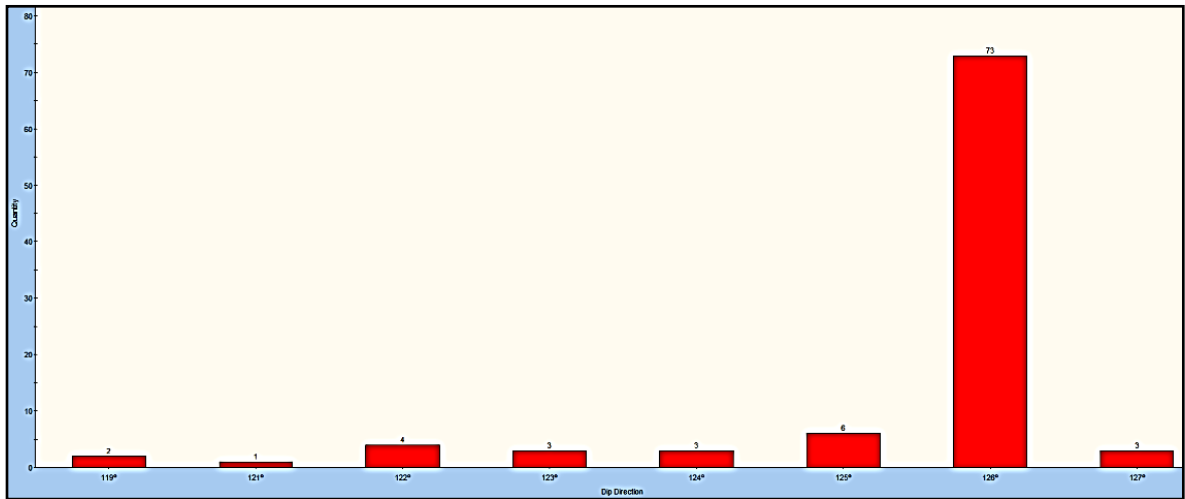


FIGURA 32 Dirección Familia 01

En la familia 01 se observa que la dirección de 126° predomina en gran número de discontinuidades 73 en total.



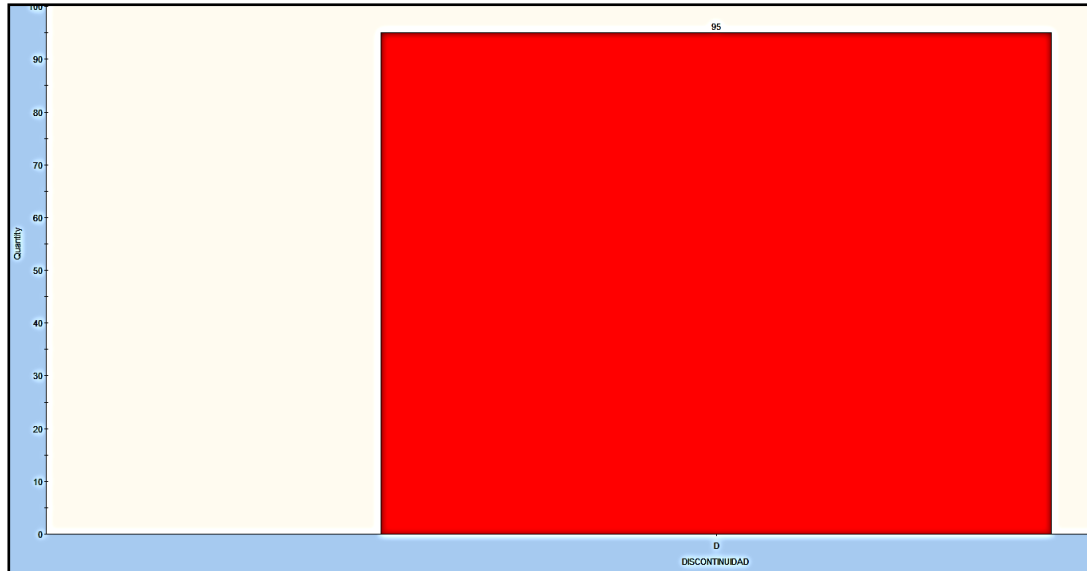


FIGURA 33 discontinuidades Familia 01

**Figura N° 20.** Son 95 discontinuidades que se analizaran dentro de la familia 01.

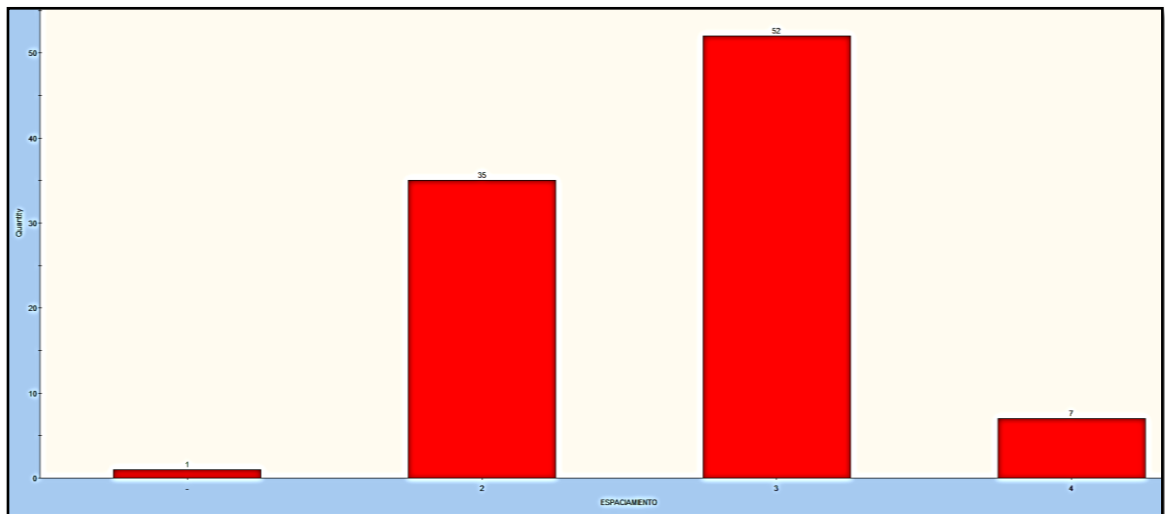


FIGURA 34 Espaciamento Familia 01

En la familia 01 se observa que el espaciamento de 3 predomina en gran número de discontinuidades 52 en total, paralelo a esto existe un alcance de espaciamientos de 3 cm con una cantidad de discontinuidades de 35.

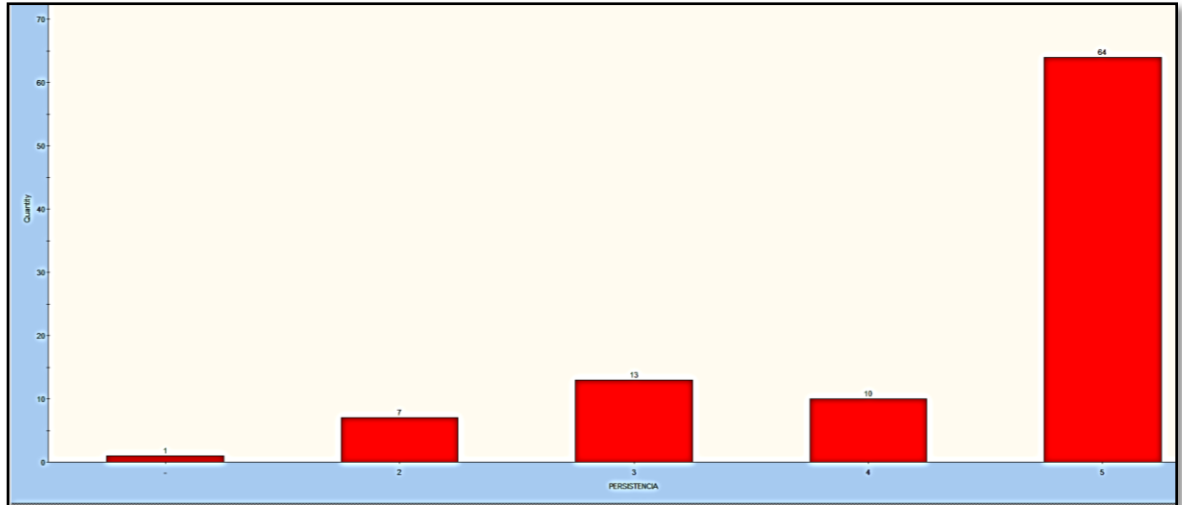


FIGURA 35 Persistencia Familia 01

En la familia 01 se observa que la persistencia de 5 predomina en gran número de discontinuidades 64 en total.

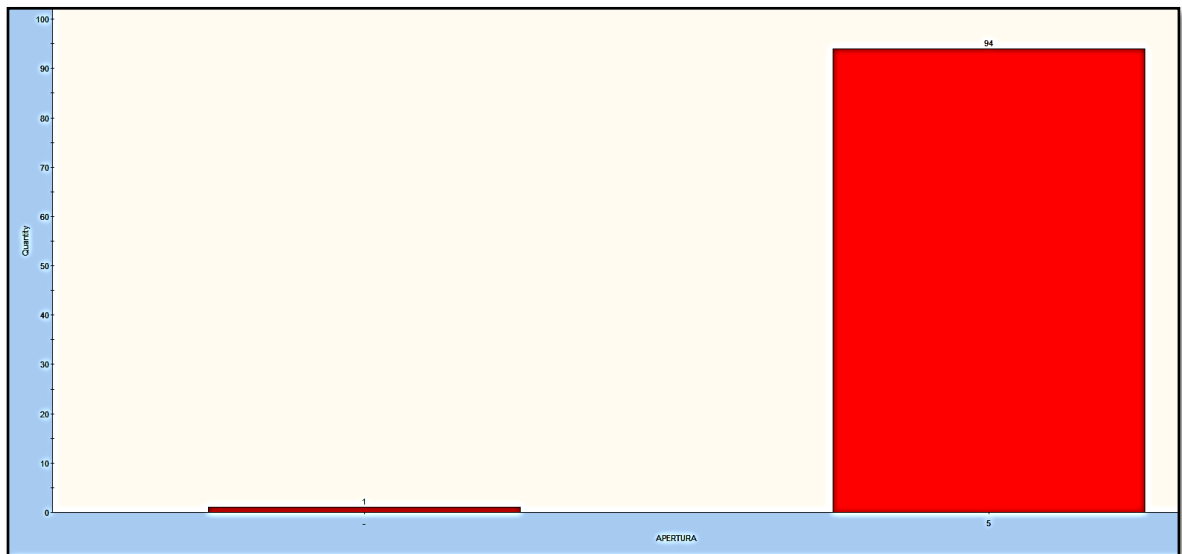


FIGURA 36 Apertura Familia 01

En la familia 01 se observa que la apertura de 5 predomina en gran número de discontinuidades 94 en total.

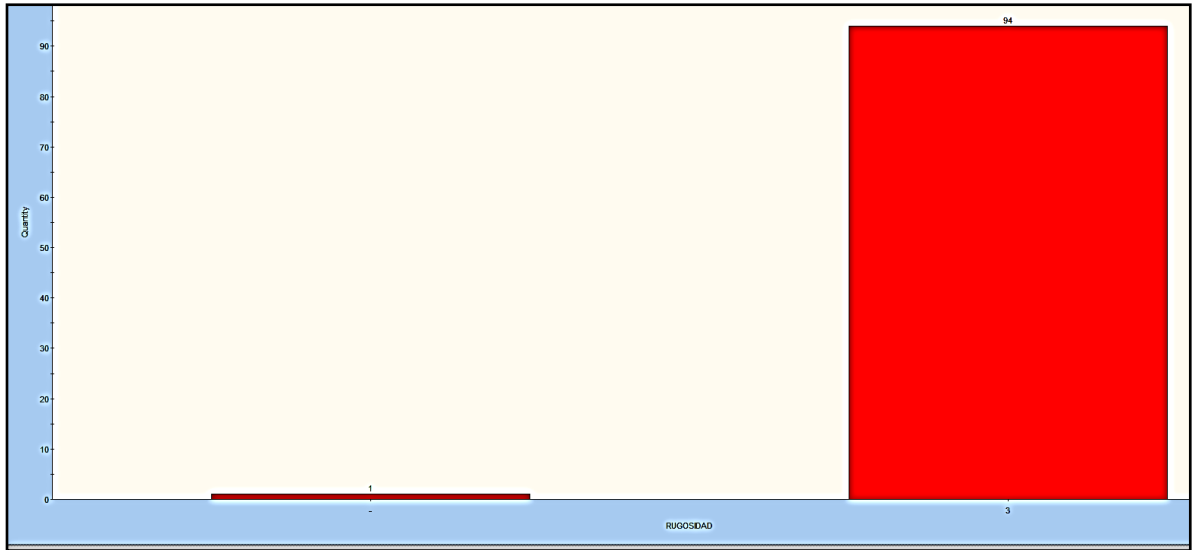


FIGURA 37 Rugosidad Familia 01

En la familia 01 se observa que la rugosidad de 3 predomina en gran número de discontinuidades 94 en total.

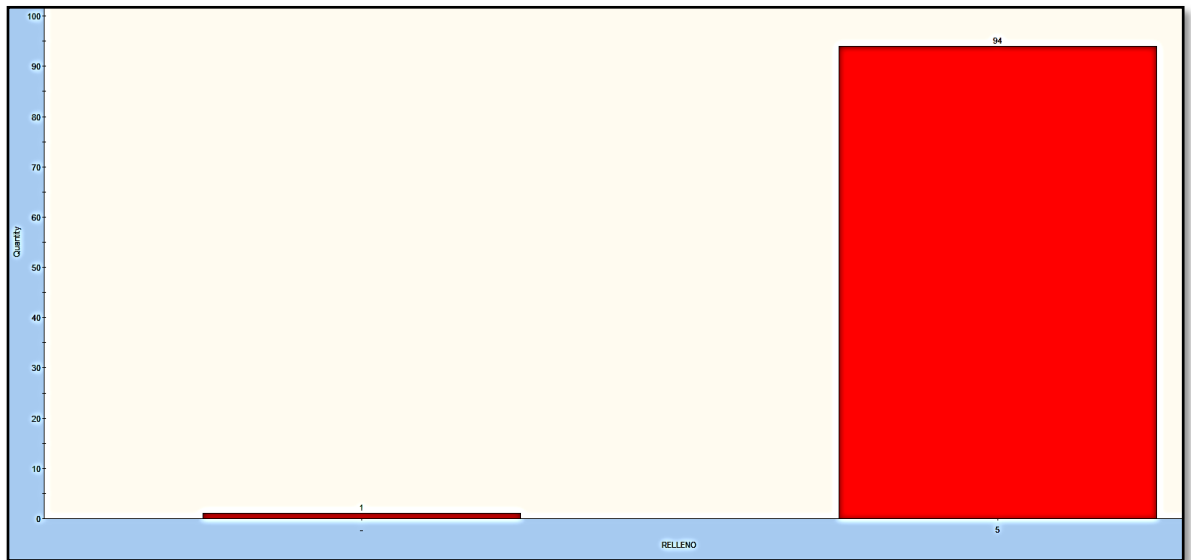
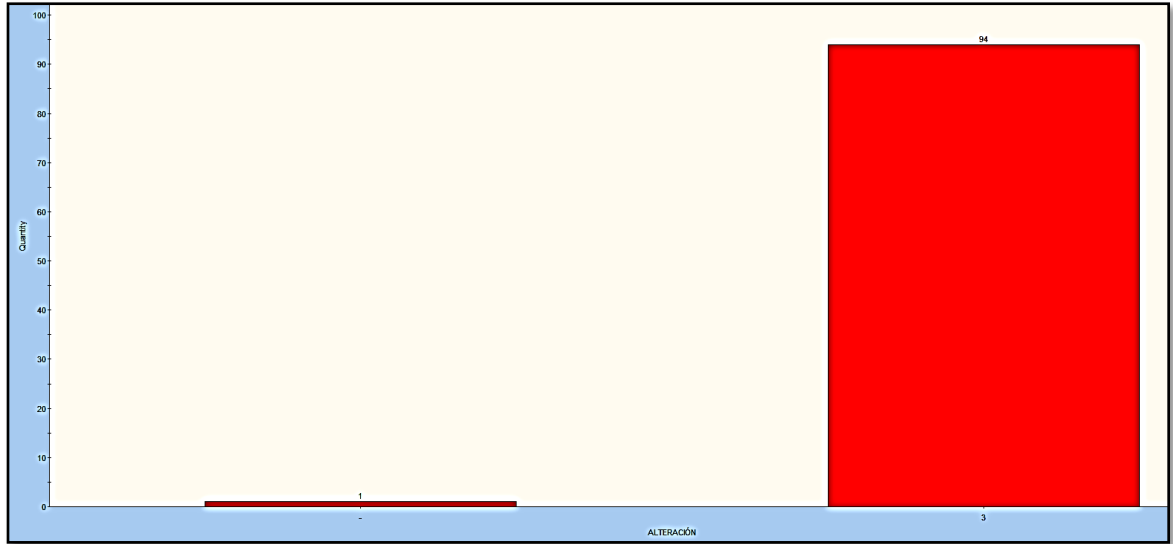


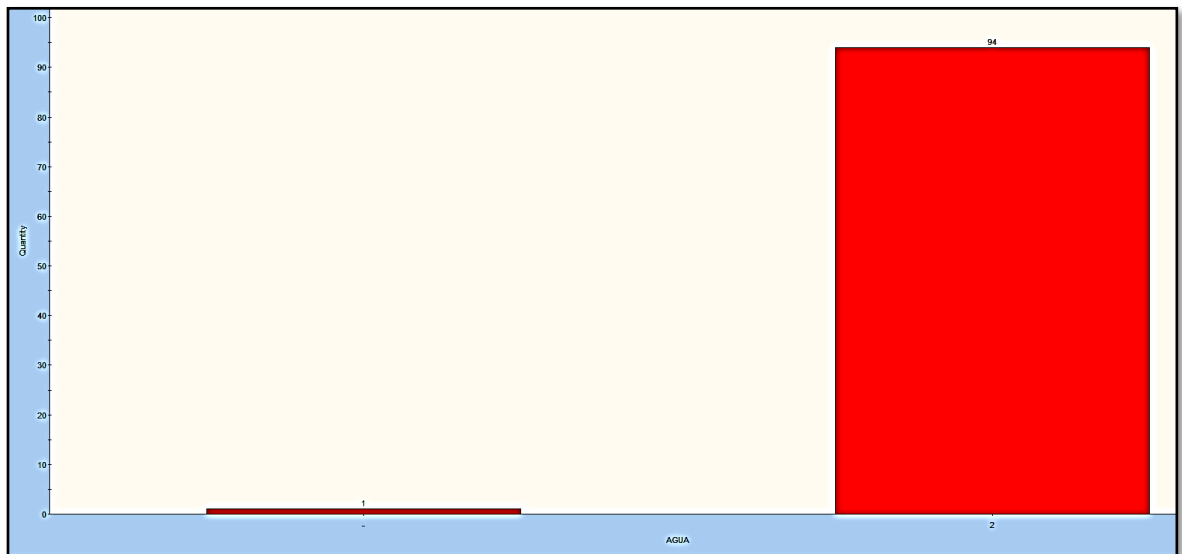
FIGURA 38 Relleno Familia 01

En la familia 01 se observa que el relleno de 5 predomina en gran número de discontinuidades 94 en total.



*FIGURA 39 Alteración Familia 01*

En la familia 01 se observa que la alteración de 3 predomina en gran número de discontinuidades 94 en total.



*FIGURA 40 Agua en la Familia 01*

En la familia 01 se observa que el agua de 2 predomina en gran número de discontinuidades 94 en total.

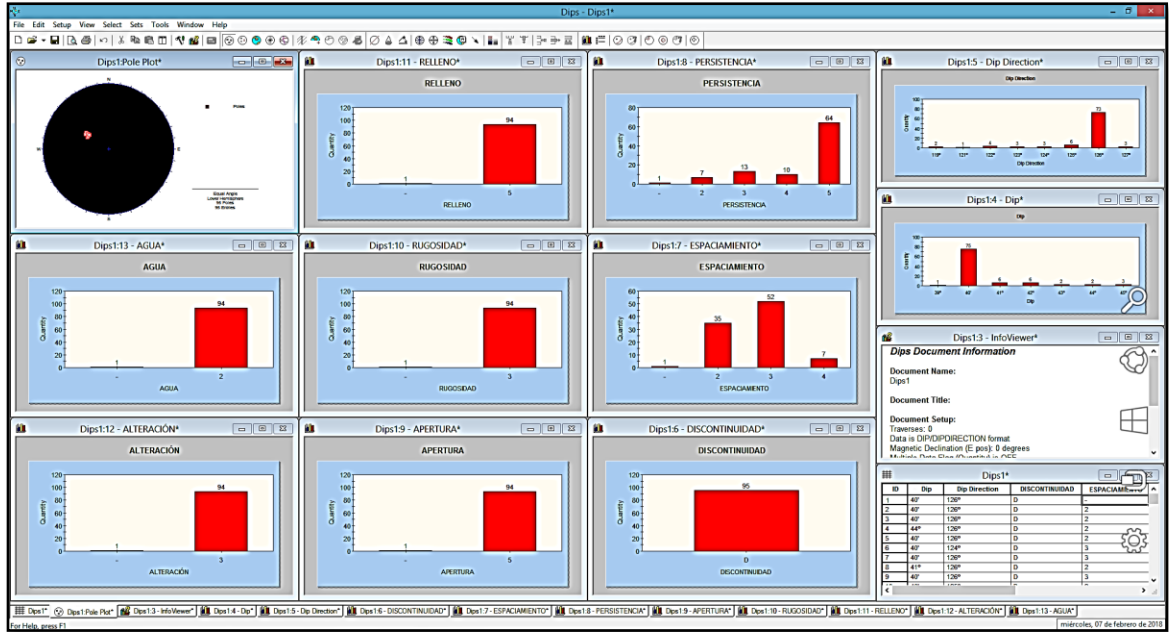


FIGURA 41 Resultados Generales de la Familia 01

Se observa el cuadro de resultados de la familia 01 donde se muestra cada indicador para lo cual se muestra los resultados más relevantes que son los datos con los que trabajara.

#### 4.3.5.2 Modelamiento Familia N° 02

ID	Dip	Dip Direction	DISCONTINUIDAD	ESPACIAMIENTO	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	AGUA
1	50°	126°	D	-	-	-	-	-	-	-
2	52°	126°	D	2	3	5	3	5	3	2
3	50°	124°	D	3	3	5	3	5	3	2
4	50°	126°	D	3	1	5	3	5	3	2
5	55°	126°	D	3	3	5	3	5	3	2
6	50°	125°	D	2	2	5	3	5	3	2
7	50°	126°	D	2	3	5	3	5	3	2
8	48°	126°	D	3	3	5	3	5	3	2
9	50°	122°	D	2	3	5	3	5	3	2
10	50°	123°	D	3	2	5	3	5	3	2
11	49°	126°	D	2	3	5	3	5	3	2
12	50°	126°	D	2	3	5	3	5	3	2
13*	50°	120°	D	2	3	5	3	5	3	2
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

FIGURA 42 Exportación de Discontinuidades Familia 02

Exportación de datos de las discontinuidades de la Familia 02 al programa DIPS.

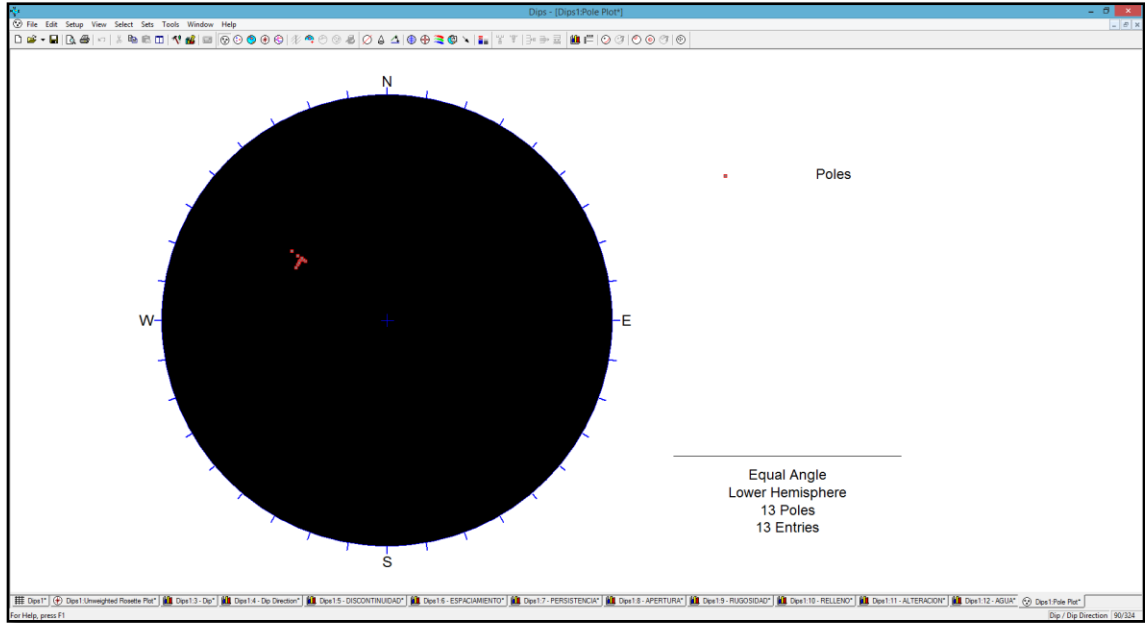


FIGURA 43 Angulo inferior Familia 02  
 Se muestra el ángulo igual del hemisferio interior hacia el Nor-Oeste

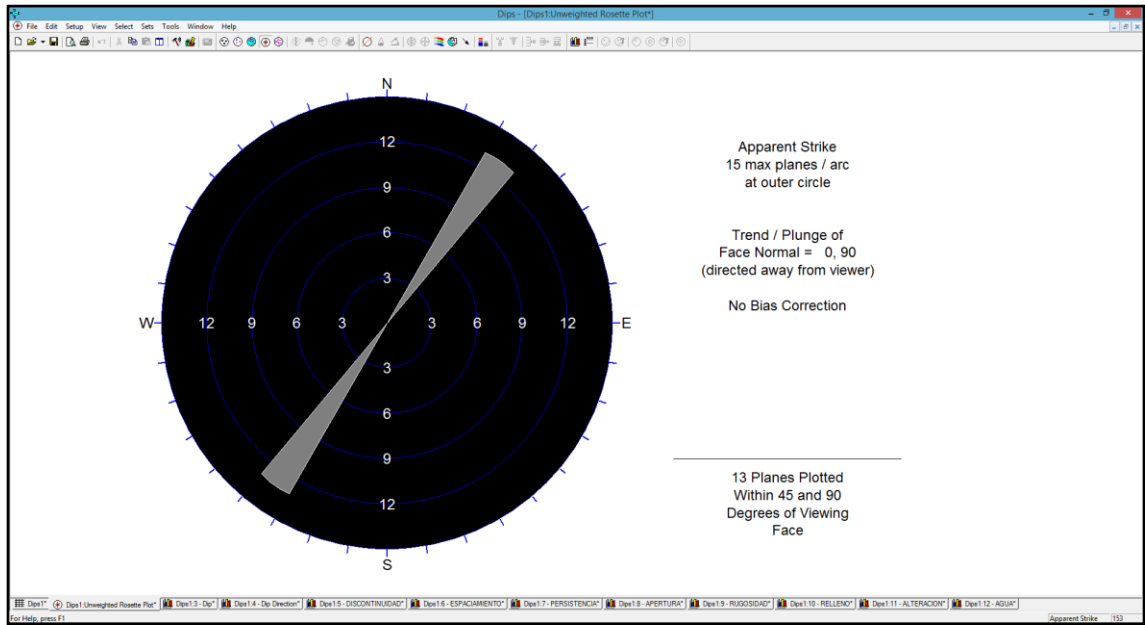


FIGURA 44 Planos Angulares Familia 02.  
 Se nota trece planos trazados dentro de 45° y 90°.

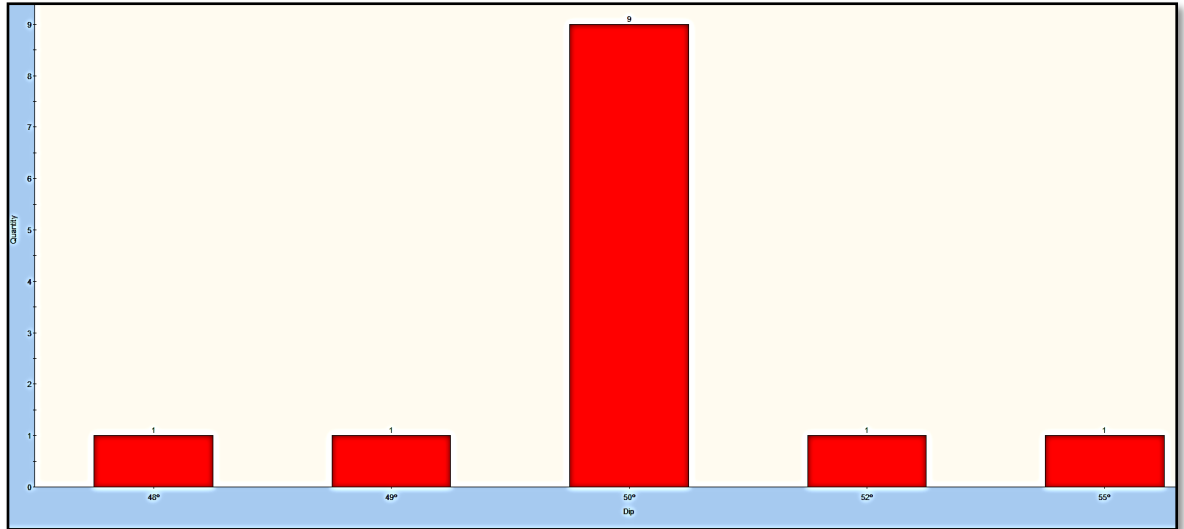


FIGURA 45 Buzamiento Familia 02

En la familia 02 se observa que el buzamiento de 50° predomina en gran número de discontinuidades 9 en total.

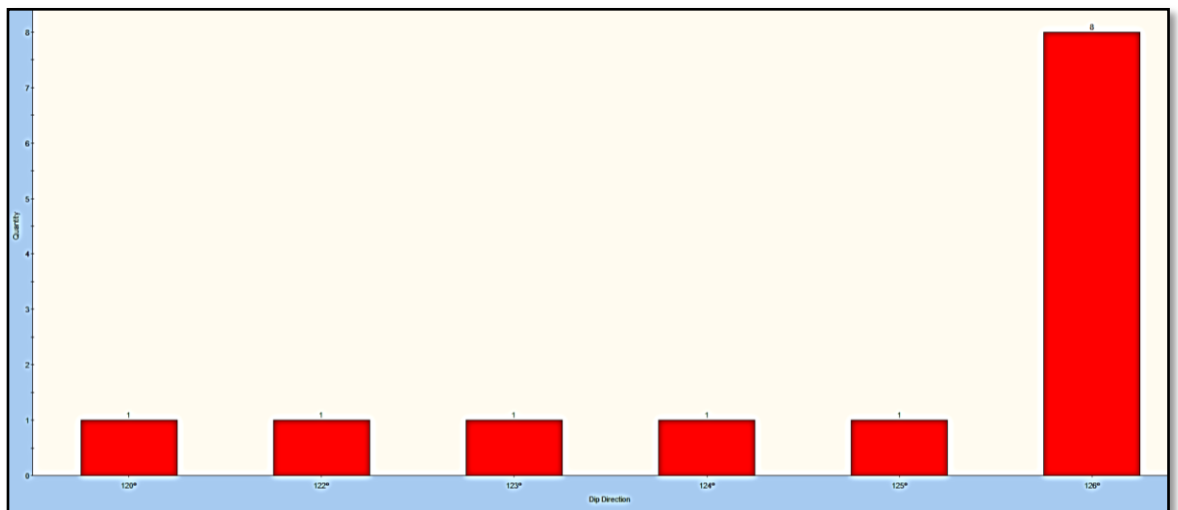


FIGURA 46 Dirección Familia 02

En la familia 02 se observa que la dirección de 126° predomina en gran número de discontinuidades 8 en total.

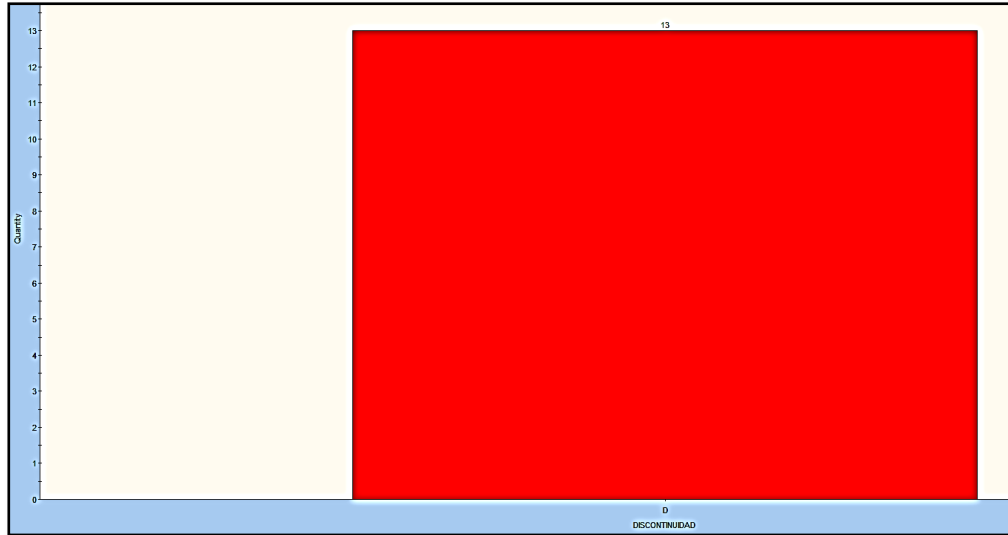


FIGURA 47 Discontinuidades Familia 02

Son 13 discontinuidades que se analizaran dentro de la familia 02.

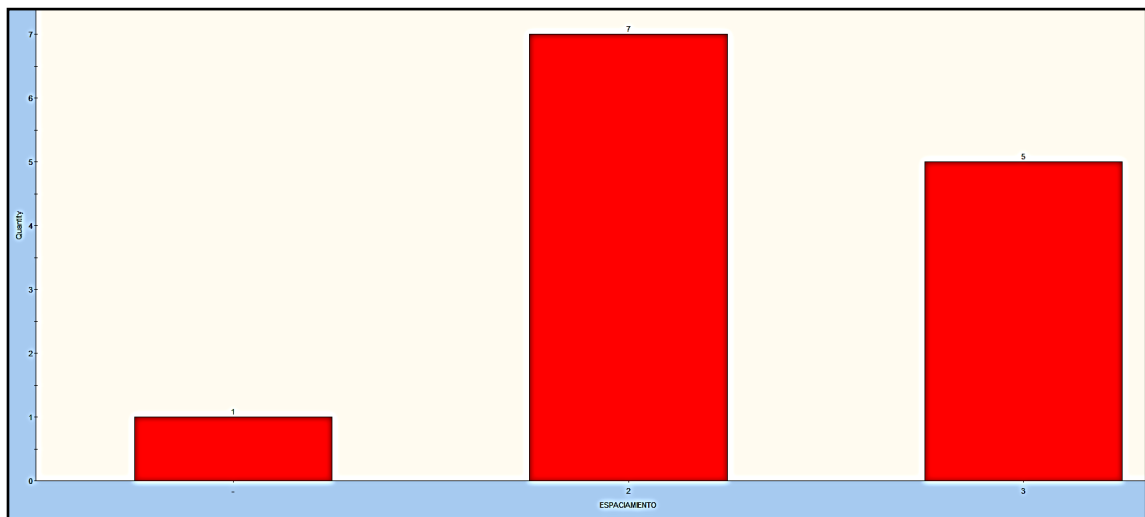


FIGURA 48 Espaciamiento Familia 02

En la familia 02 se observa que el espaciamiento de 2 cm predomina en gran número de discontinuidades 7 en total, paralelo a esto existe un alcance de espaciamientos de 3 cm con una cantidad de discontinuidades de 5.



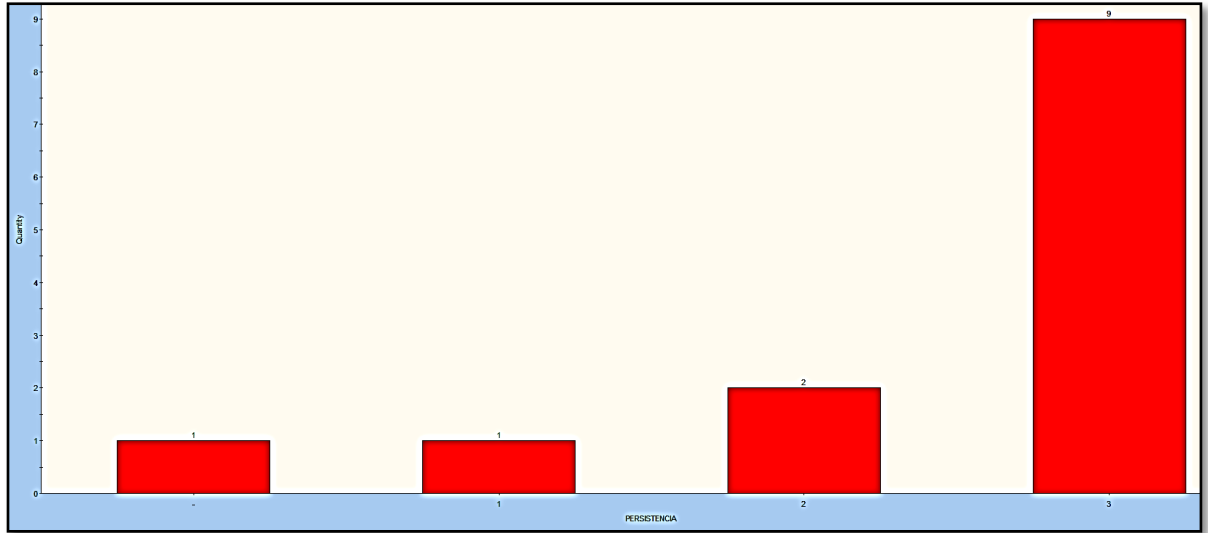


FIGURA 49 Persistencia Familia 02

**Figura N° 36.** En la familia 02 se observa que la persistencia de 3 predomina en gran número de discontinuidades 9 en total.

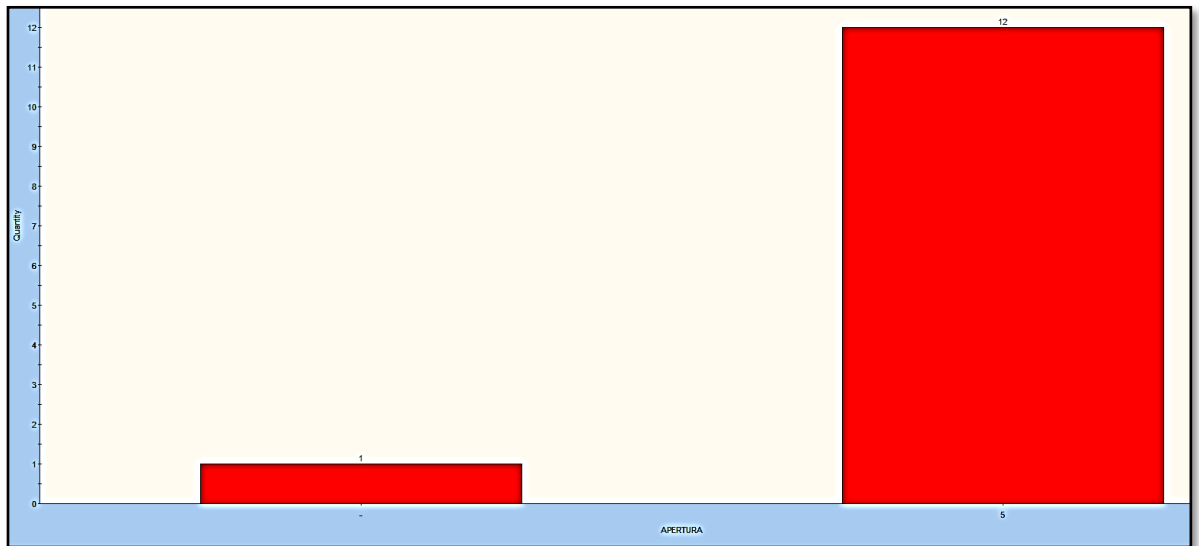


FIGURA 50 Apertura Familia 02

En la familia 02 se observa que la apertura de 5 predomina en gran número de discontinuidades 12 en total.

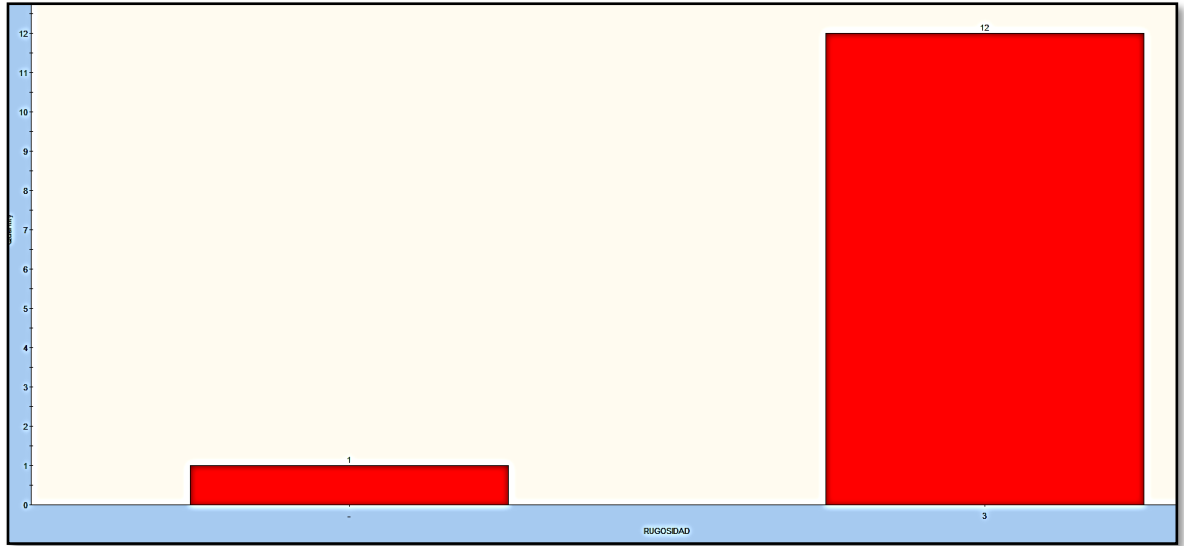


FIGURA 51 Rugosidad Familia 02

En la familia 02 se observa que la rugosidad de 3 predomina en gran número de discontinuidades 12 en total.

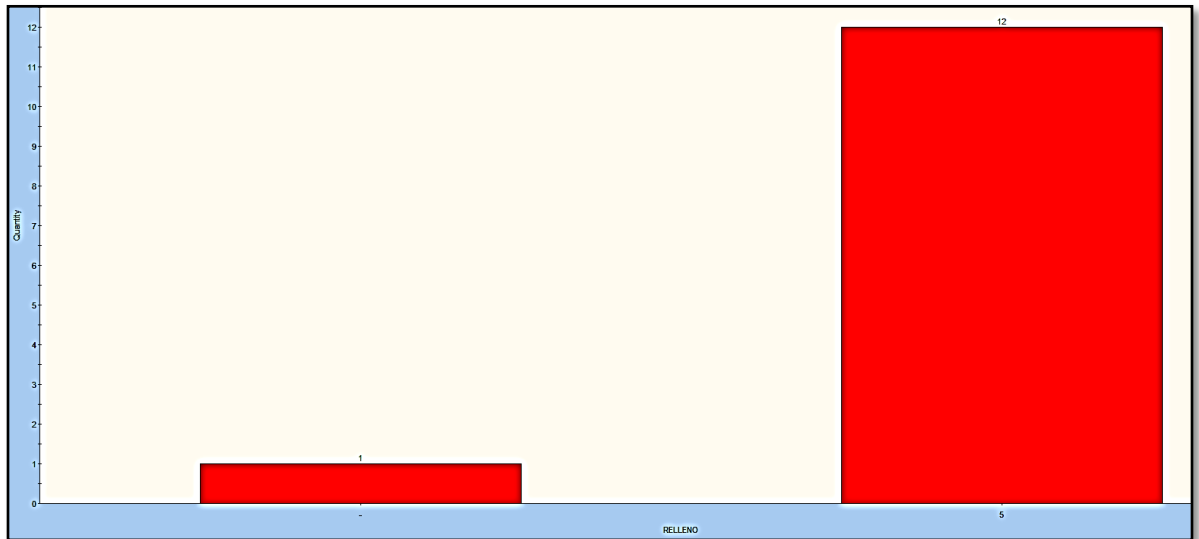


FIGURA 52 Relleno Familia 02

En la familia 02 se observa que el relleno de 5 predomina en gran número de discontinuidades 12 en total.

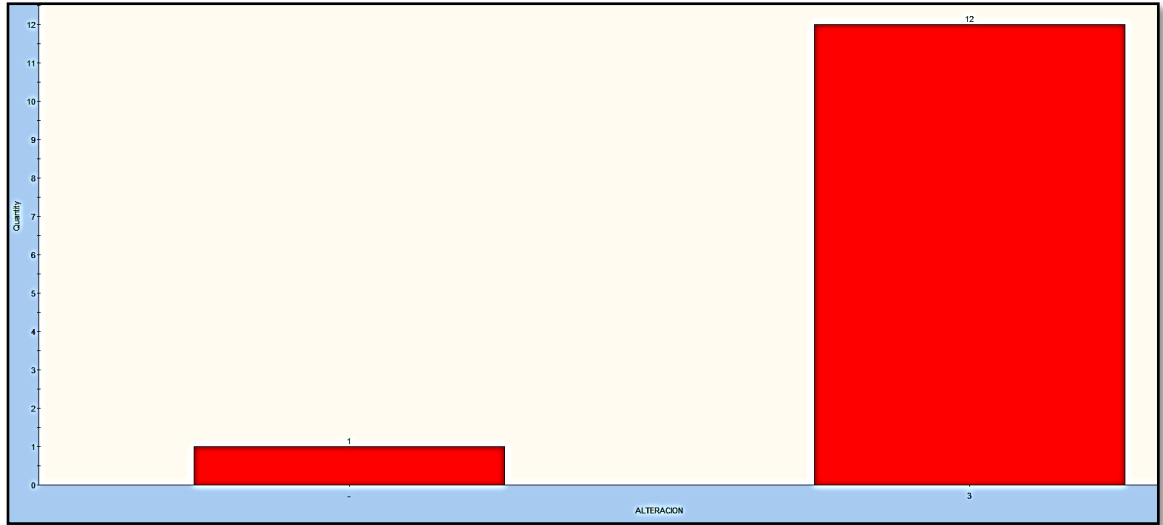


FIGURA 53 Alteración Familia 02

En la familia 02 se observa que la alteración de 3 predomina en gran número de discontinuidades 94 en total.

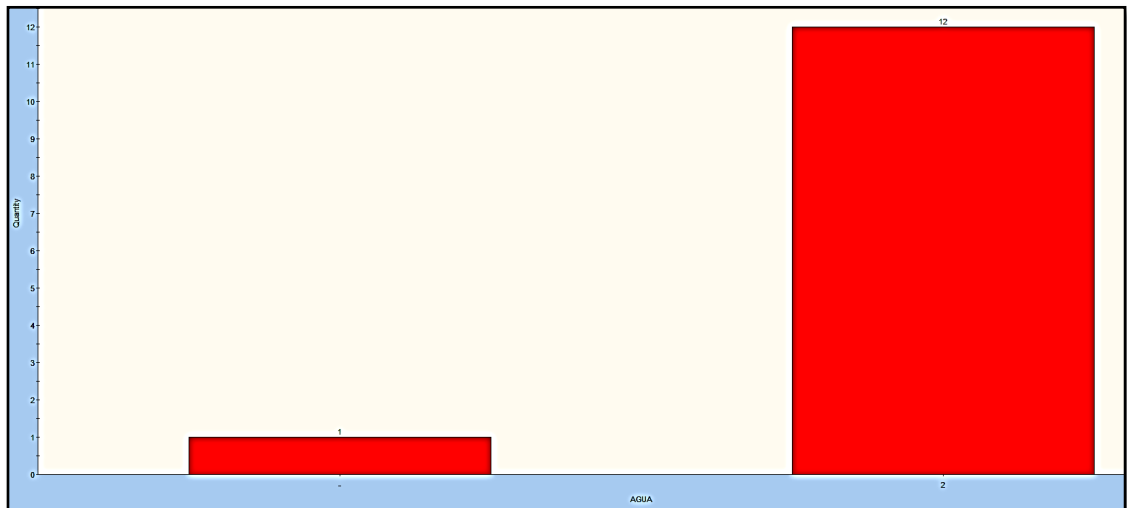


FIGURA 54 Agua Familia 02

En la familia 02 se observa que el agua de 2 predomina en gran número de discontinuidades 12 en total.

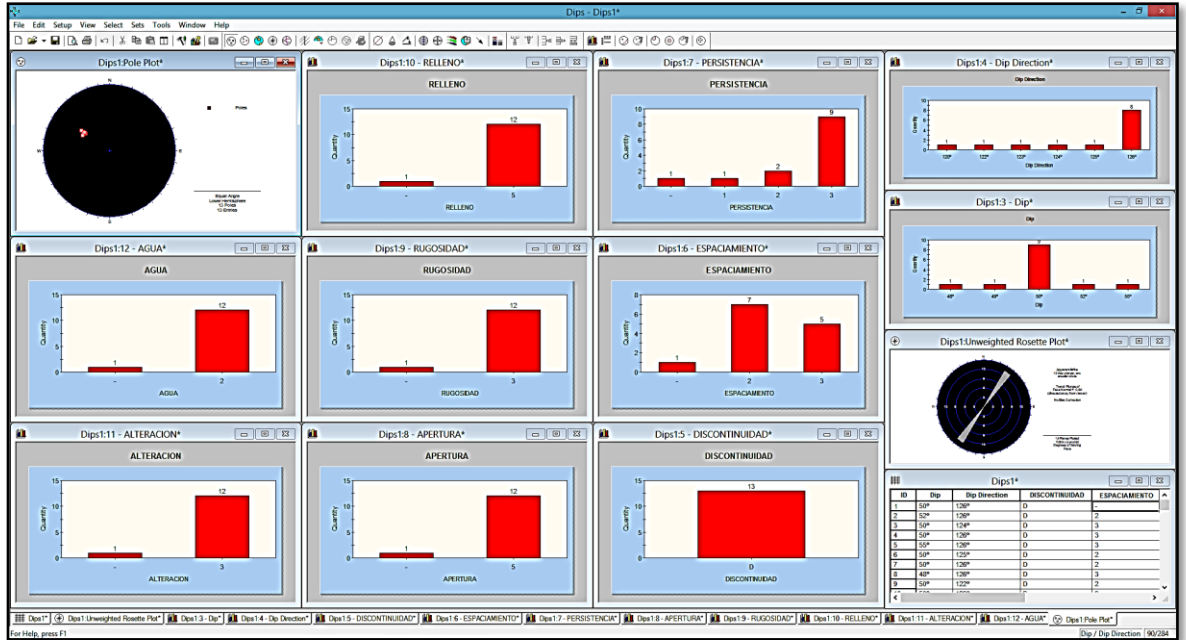


FIGURA 55 Resultados Generales Familia 02

Se observa el cuadro de resultados de la familia 02 donde se muestra cada indicador para lo cual se muestra los resultados más relevantes que son los datos con los que trabajara.

#### 4.3.5.3 Modelamiento Familia N° 03

ID	Dip	Dip Direction	DISCONTINUIDAD	ESPACIAMIENTO	PERSISTENCIA	APERTURA	RUGOSIDAD	RELLENO	ALTERACION	AGUA
1	45°	225°	D	3	5	5	3	5	3	2
2	45°	225°	D	3	5	5	3	5	3	2
3	42°	227°	D	3	5	5	3	5	3	2
4	45°	225°	D	3	5	5	3	5	3	2
5	48°	222°	D	2	5	5	3	5	3	2
6*	45°	225°	D	3	5	5	3	5	3	2
7										
8										
9										
10										
11										
12										

FIGURA 56 Exportación de Discontinuidades Familia 03

Exportación de datos de las discontinuidades de la Familia 03 al programa

DIPS.

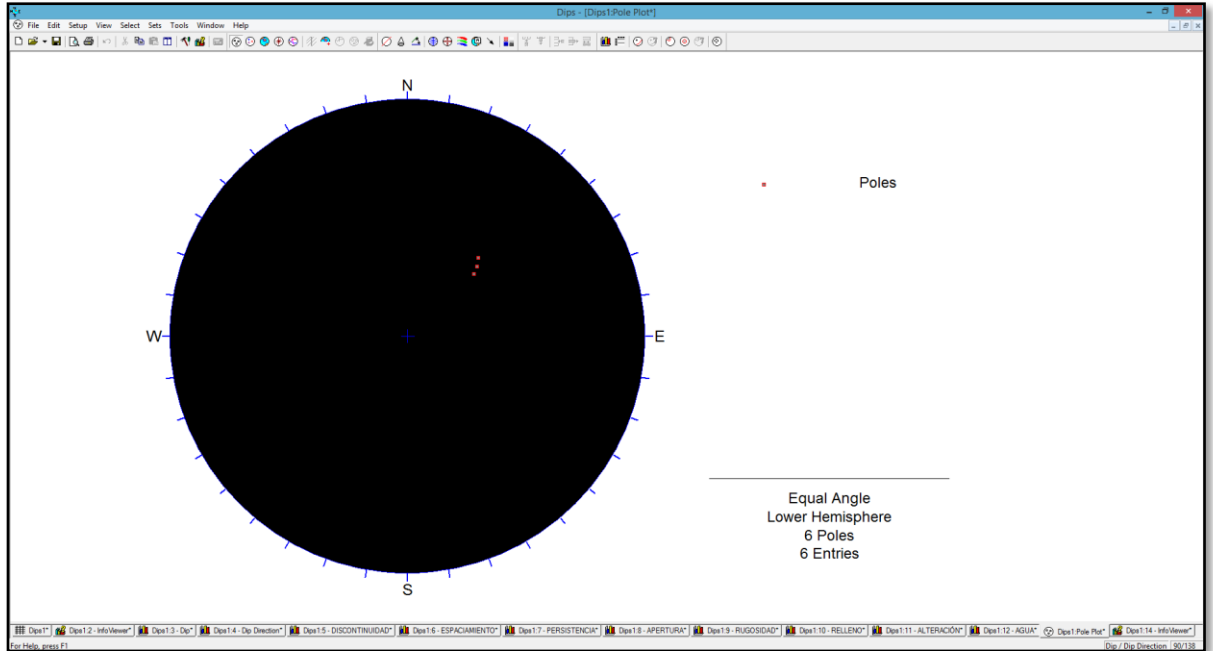


FIGURA 57 Angulo Interior Familia 03  
Se muestra el ángulo igual del hemisferio interior hacia el Nor – Este

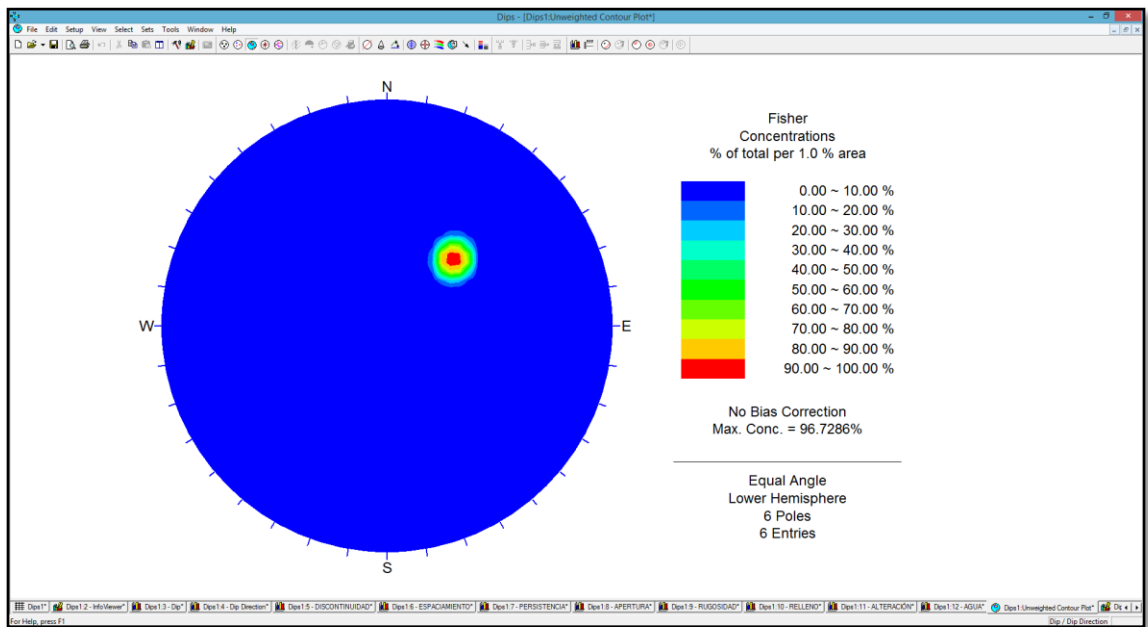


FIGURA 58 Sesgo Familia 03  
Se observa que no hay corrección de sesgo.

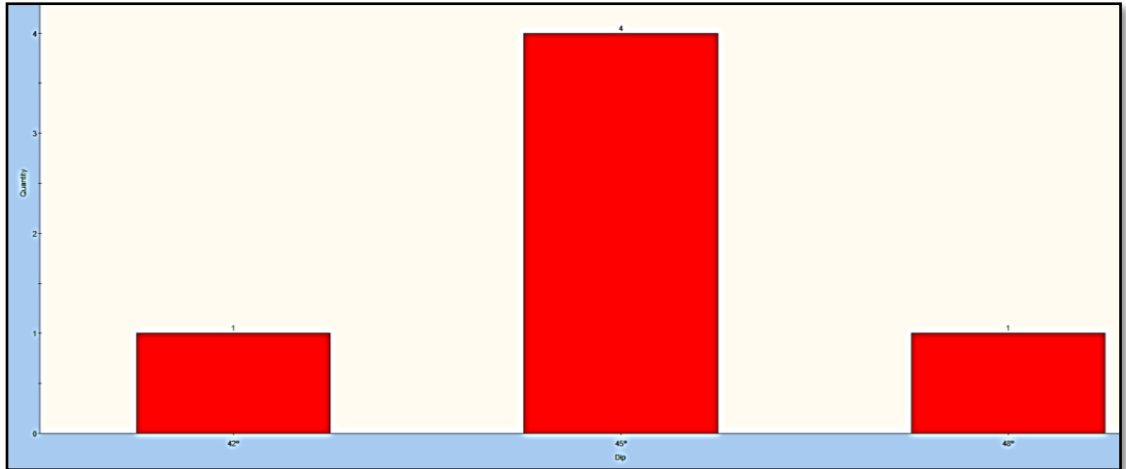


FIGURA 59 Buzamiento Familia 03

En la familia 03 se observa que el buzamiento de 45° predomina en gran número de discontinuidades 4 en total.

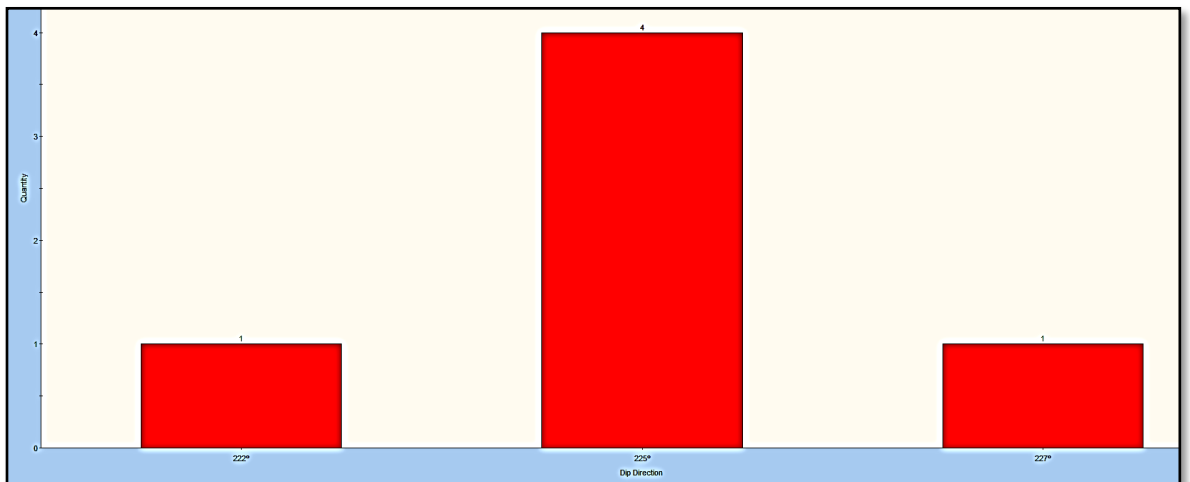
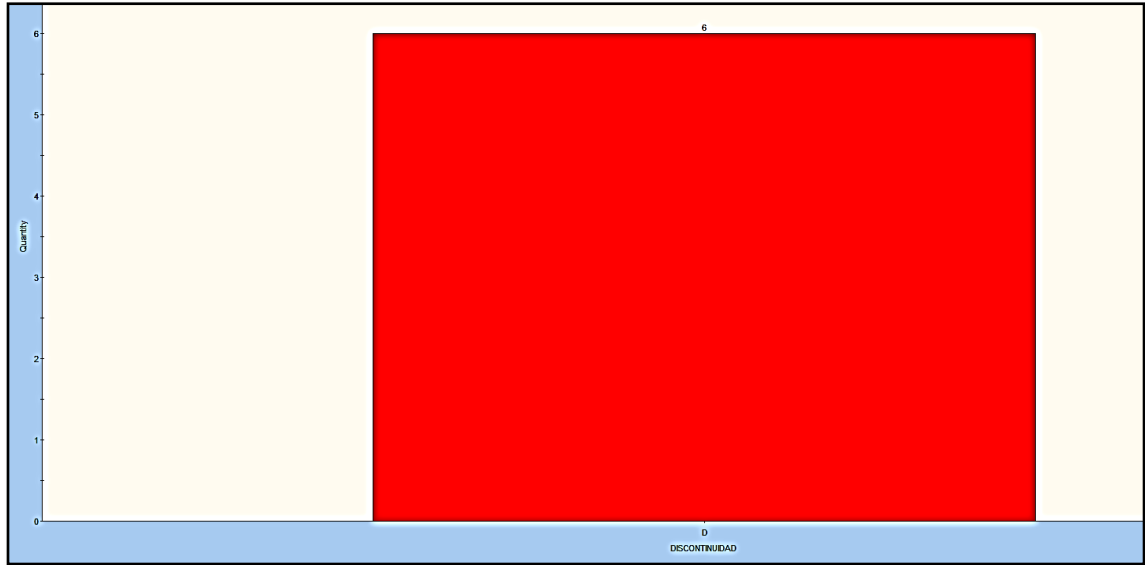
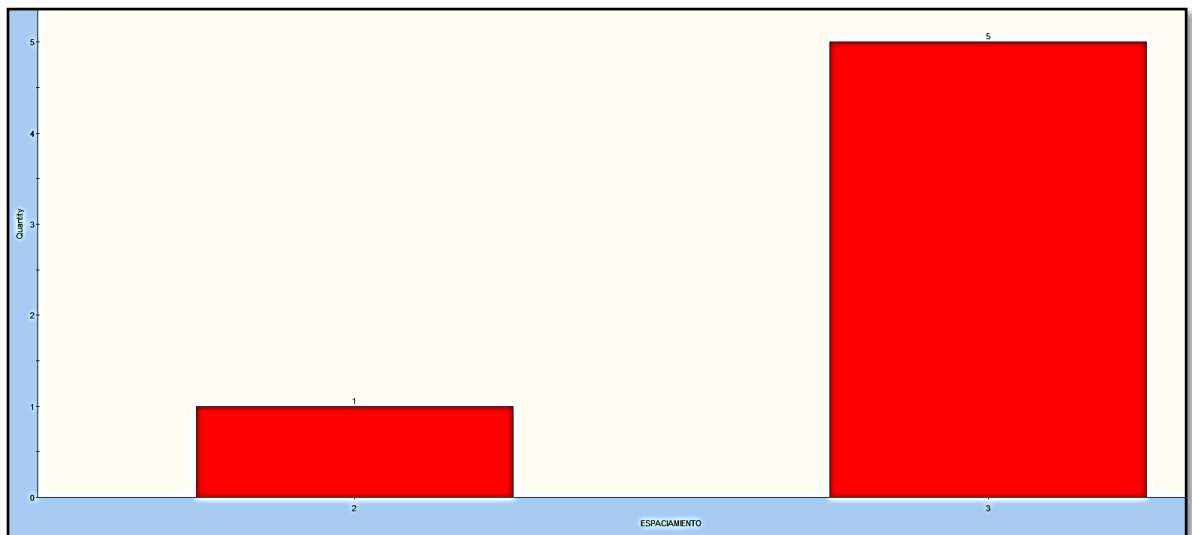


FIGURA 60 Dirección Familia 03

En la familia 03 se observa que la dirección de 225° predomina en gran número de discontinuidades 8 en total.



*FIGURA 61 Discontinuidades Familia 03*  
 Son 6 discontinuidades que se analizaran dentro de la familia 03.



*FIGURA 62 Espaciamiento Familia 03*  
 En la familia 03 se observa que el espaciamiento de 3 predomina en gran número de discontinuidades 5 en total.

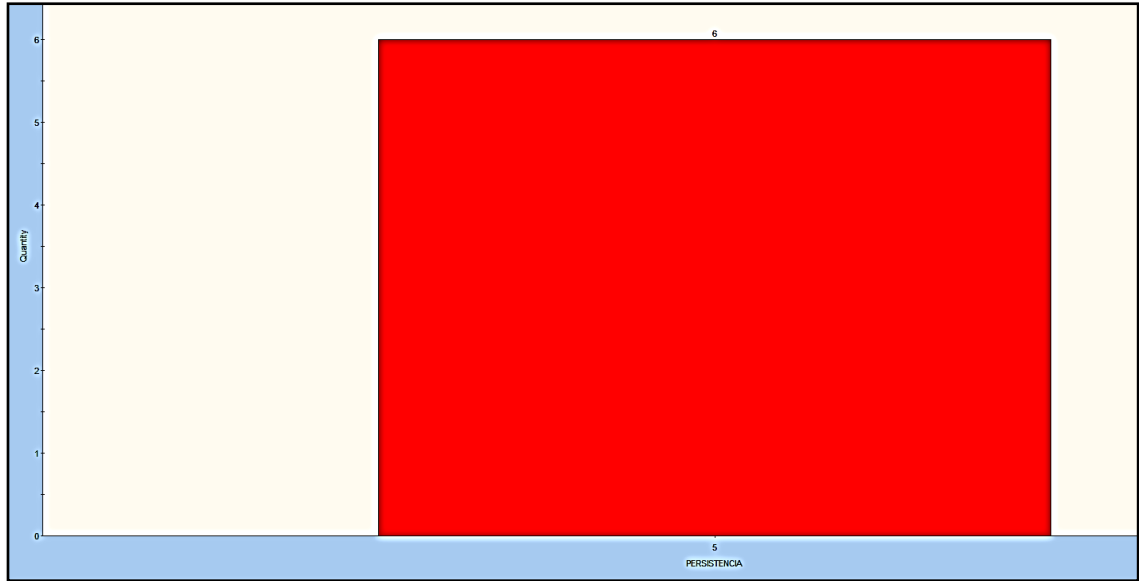


FIGURA 63 Persistencia Familia 03

En la familia 03 se observa que la persistencia de 5 predomina en gran número de discontinuidades 9 en total.

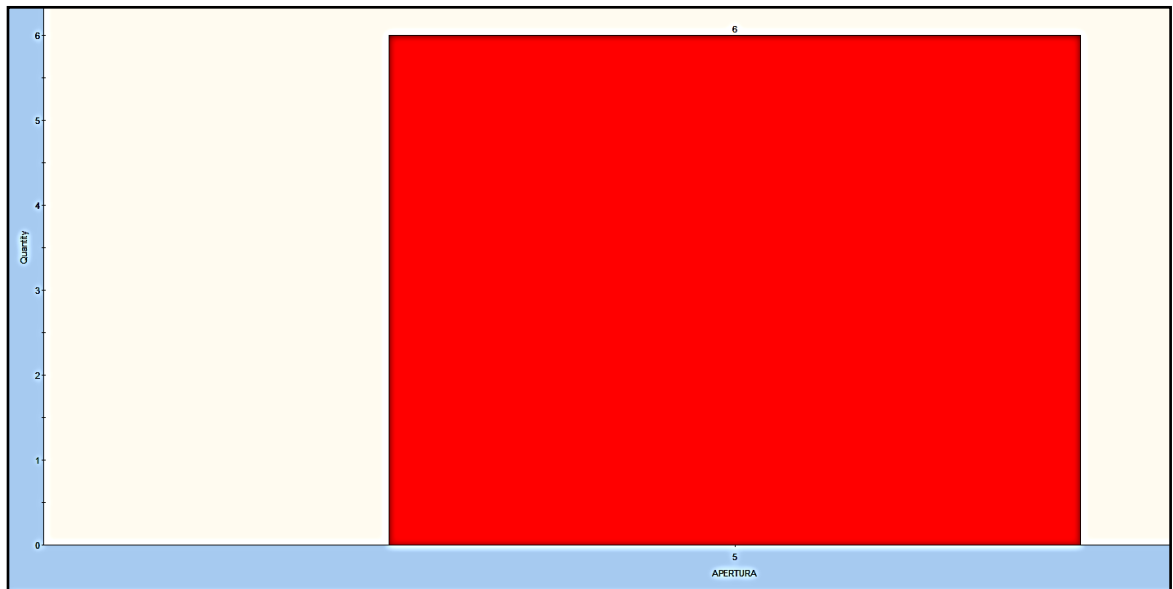


FIGURA 64 Apertura Familia 03

En la familia 03 se observa que la apertura de 5 predomina en gran número de discontinuidades 6 en total.



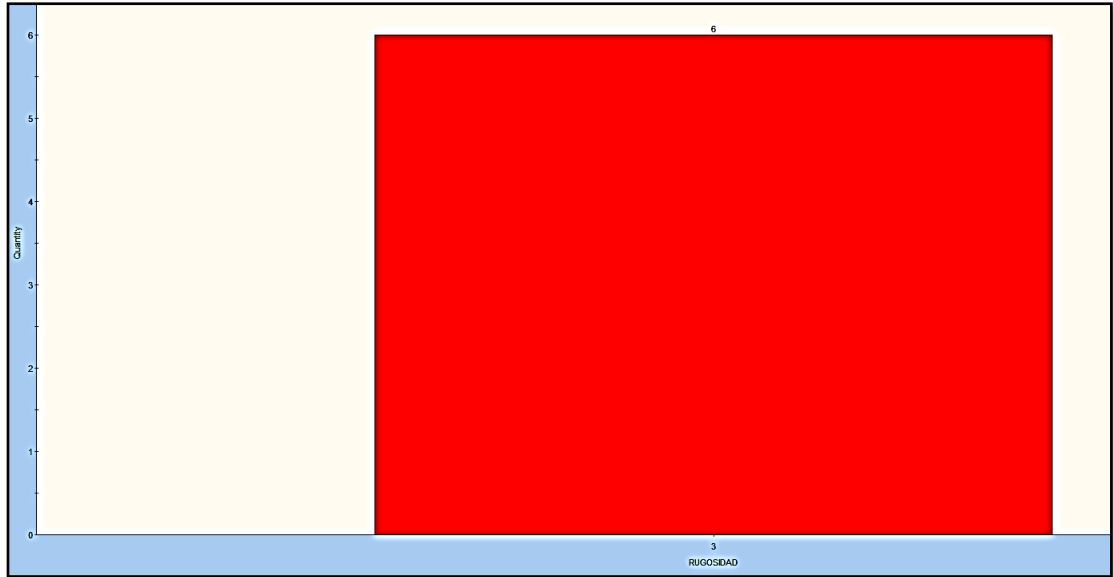


FIGURA 65 Rugosidad Familia 03

En la familia 03 se observa que la rugosidad de 3 predomina en gran número de discontinuidades 6 en total.

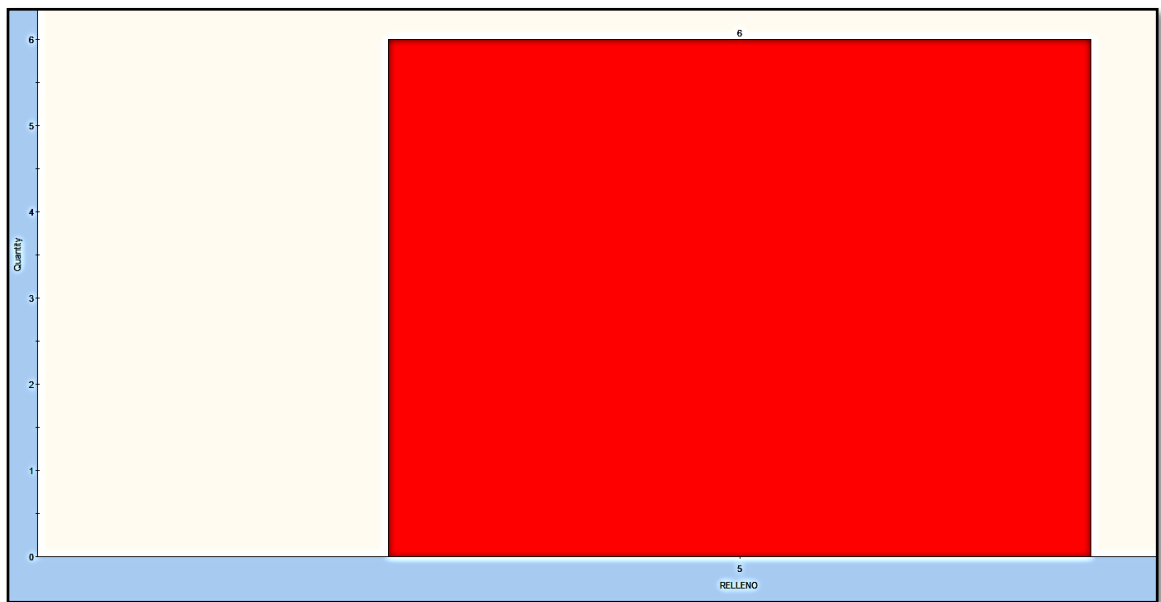


FIGURA 66 Relleno Familia 03

En la familia 03 se observa que el relleno de 5 predomina en gran número de discontinuidades 6 en total.

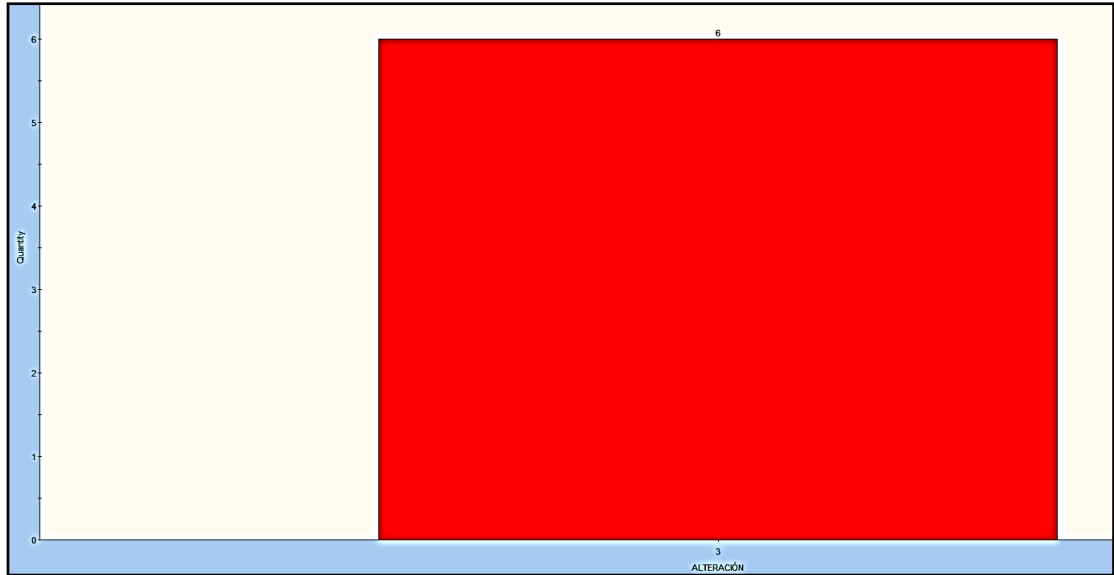


FIGURA 67 Alteración Familia 03

En la familia 03 se observa que la alteración de 3 predomina en gran número de discontinuidades 6 en total.

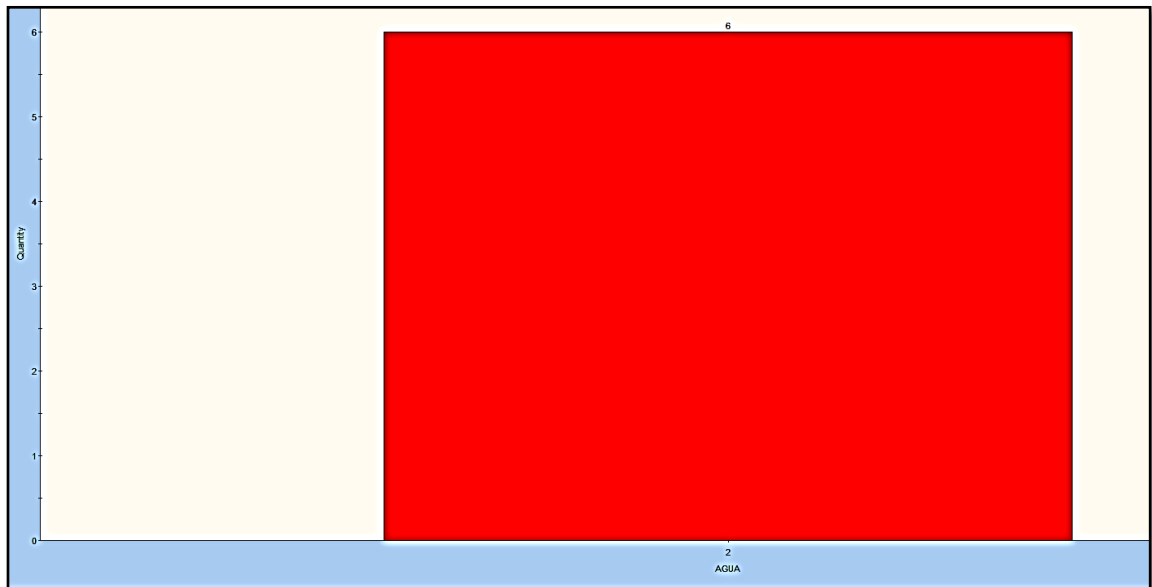


FIGURA 68 Agua Familia 03.

En la familia 03 se observa que el agua de 2 predomina en gran número de discontinuidades 6 en total.

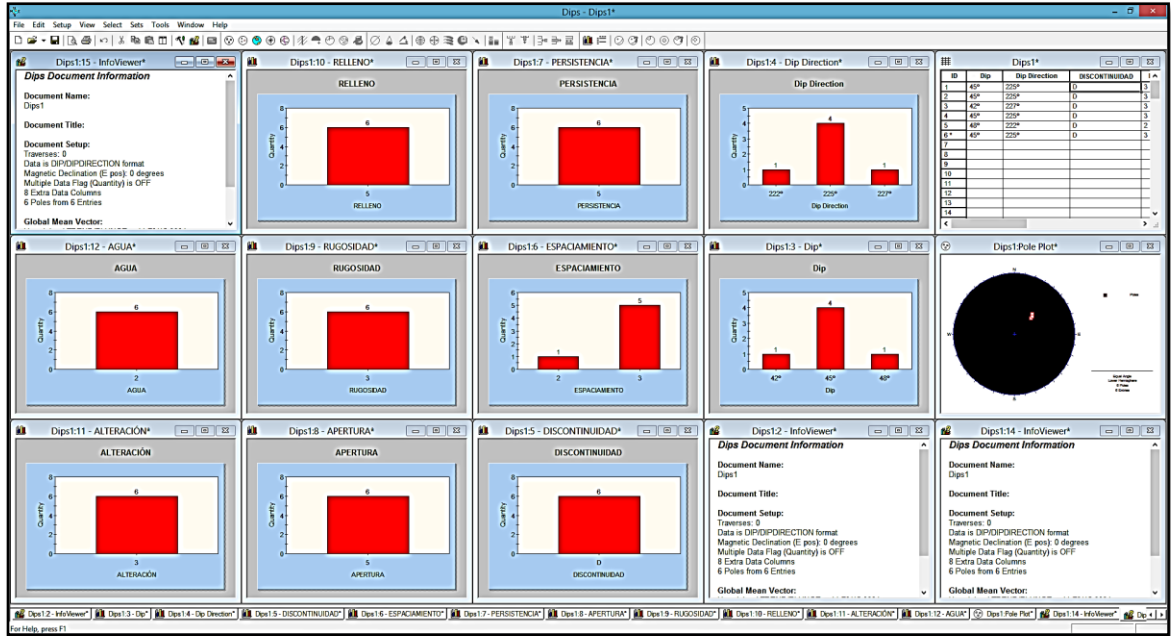


FIGURA 69 Resultados Generales Familia 03

Se observa el cuadro de resultados de la familia 03 donde se muestra cada indicador para lo cual se muestra los resultados más relevantes que son los datos con los que trabajara.

### 4.3.6 Calculo del INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA RQD

Rock mass quality (calidad de la masa de roca) se calculó por la cantidad de fracturas por metro lineal de masa rocosa.

The screenshot shows a software interface for calculating RQD (%). At the top, there is a green header with 'RQD (%)'. Below it, a dropdown menu is set to 'Juntas/metros'. There are two input fields: 'Juntas/metro ó juntas/m3' with the value '1.88' and 'Longitud de Testigos' which is empty. A button labeled 'Ingresar (m)' is next to the 'Longitud de Testigos' field. Below these is a 'Calcular' button. To the right of the 'Calcular' button is a large empty rectangular area. Below this area is a 'Borrar' button. At the bottom left, there is a blue box with 'RQD (%)', a text box with the value '98.4394272223677', and another text box with the value 'Excelente'. At the bottom center is a 'Limpiar' button. At the bottom right is a button labeled 'Recomendaciones de fortificación según deere'.

FIGURA 70 RQD (Rock mass quality)  
Calculo de RQD por medio del programa GEO-TABLE

### 4.3.7 Clasificación Geomecánica RMR (BIENIAWSKI):

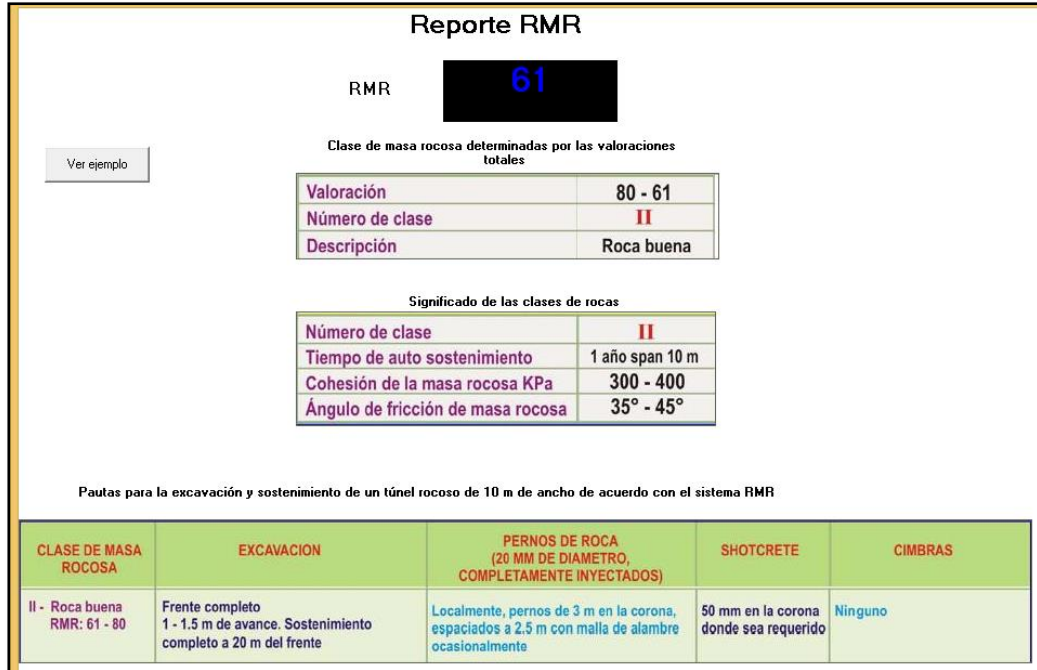
The screenshot shows the 'Clasificaciones Geomecánicas' software interface. At the top, there are navigation links: 'Regresar', 'Convertidor', and 'Salir'. Below this is a menu bar with 'Correlaciones y Conceptos Generales', 'MRMR', 'GSI', and 'SMR'. The main content area is titled 'Rock Mass Rating (Calidad del Macizo Rocoso)'. It is divided into several sections:

- Resistencia de la Roca Inalterada:** Includes 'Índice de Carga Puntual (MPa)' with radio buttons for >10MPa, 4-10MPa, 2-4MPa, and 1-2MPa. It also has 'Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)' with radio buttons for >250MPa, 100-250MPa, 50-100MPa, 25-50MPa, 5-25MPa, 1-5MPa, and <1MPa. A 'Rating' of 15 is shown.
- RQD (Índice de calidad de la roca):** A dropdown menu is set to '90-100 %'. A 'Rating' of 20 is shown, with a 'Calcular' button.
- Espaciamiento de discontinuidades:** A dropdown menu is set to '200-600mm'. A 'Rating' of 10 is shown, with a 'Ver Gráfico' button.
- Condición de discontinuidades:** Includes 'Persistencia' (3-10m), 'Apertura' (>5mm), 'Rugosidad' (Moderadamente ru), 'Relleno' (Relleno suave >5m), and 'Meteorización' (muy alterado). A 'Rating' of 6 is shown, with a 'Ver general' button.
- Corrección por orientación de las discontinuidades:** Includes 'Rumbo perpendicular al eje' (45-90) and 'Rumbo paralelo al eje del túnel'. A 'Rating' of 0 is shown, with a 'Ver gráfica' button.
- Presencia de agua:** Includes 'Caudal en 10m túnel (l/min)' (<10), 'Gw/G3 (Presión del agua/esfuerzo principal)' (<0,1), and 'Estado' (Ligeramente húmedo). A 'Rating' of 10 is shown.

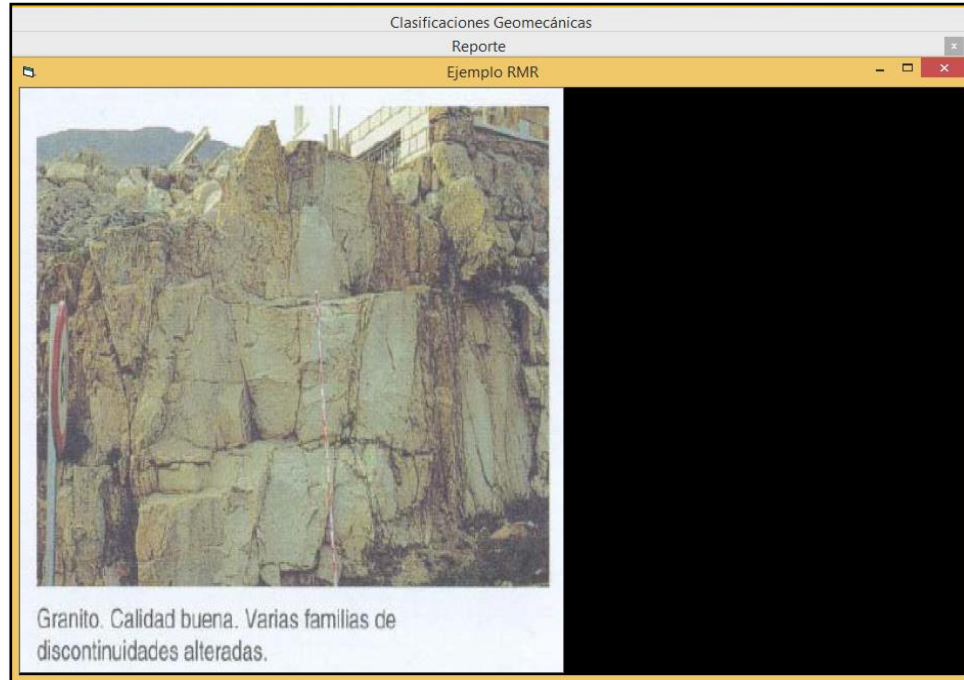
At the bottom right, there is a 'Calcular' button, a red box containing the final 'RMR' value of 61, and a 'Ver reporte' button.

FIGURA 71 Cálculo RMR (BIENIAWSKI)

Cálculo de la calidad del macizo rocoso en cada dominio estructural a partir de los parámetros analizados en las discontinuidades.



*FIGURA 72 Resultado del RMR.*  
 Resultado del RMR = 61 puntos, y planteamiento de las alternativas de sostenimiento.



*FIGURA 73 Resultado del RMR*  
 De acuerdo al resultado del RMR el tipo de roca caliza de buena calidad.

### 4.3.8 Clasificación Geomecánica de Romana (SMR).

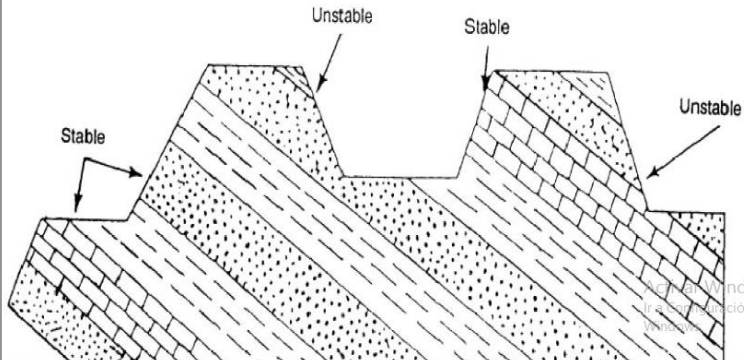
SMR	F1	F2	F3
$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$			
<p>La clasificación no tiene instrucciones específicas para las <b>fallas en cuña</b>. El procedimiento a seguir es obtener el índice <b>SMR</b> para cada una de las familias de las juntas. Se adoptará para el talud el valor menor del índice <b>SMR</b> obtenido para cada familia de juntas.</p> <p>En <b>rocas meteorizadas</b> y en las <b>evolutivas</b> la clasificación debe ser aplicada dos veces: para la situación inicial de roca sana y para la situación futura de roca meteorizada. Los índices obtenidos serán distintos.</p>			
			

FIGURA 74 Índice SMR.

### Clasificación Geomecánica de Romana (SMR).

SMR	F1	F2	F3
<p><b>F1</b> depende del paralelismo entre el rumbo de las juntas y de la cara del talud. Varía entre <b>1,00</b> (cuando ambos rumbos son paralelos) y <b>0,15</b> (cuando el ángulo entre ambos rumbos es mayor de <math>30^\circ</math> y la probabilidad de falla es muy baja). Estos valores, establecidos empíricamente, se ajustan aproximadamente a la expresión:</p> $F1 = (1 - \text{sen } a_j - a_s)^2$ <p>Siendo <b><math>a_j</math></b> y <b><math>a_s</math></b> los valores del buzamiento de la junta (<b><math>a_j</math></b>) y del talud (<b><math>a_s</math></b>).</p> <p style="text-align: center;"><b>DIRECCIONES DEL BUZAMIENTO</b></p>			

FIGURA 75 Factor de ajuste (F1)

Factor de ajuste de las discontinuidades (F1), depende del paralelismo entre el rumbo de las discontinuidades y la cara del talud.

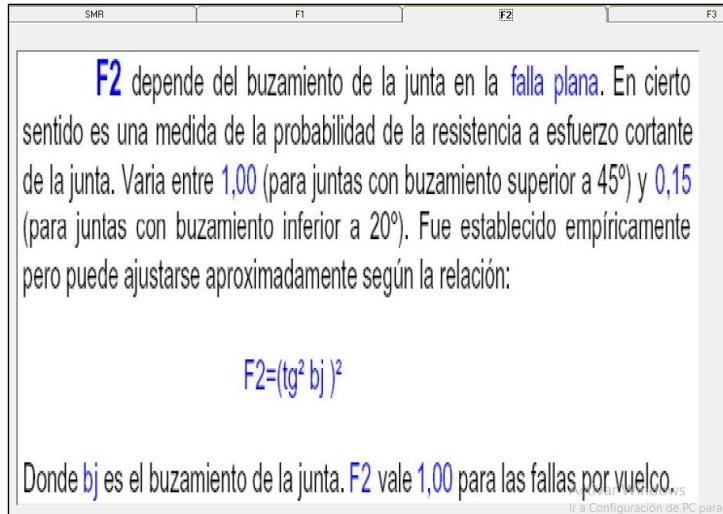


FIGURA 76 Factor de ajuste (F2)

“Factor de ajuste de las discontinuidades (F2), depende del buzamiento de la discontinuidad en la rotura plana”.

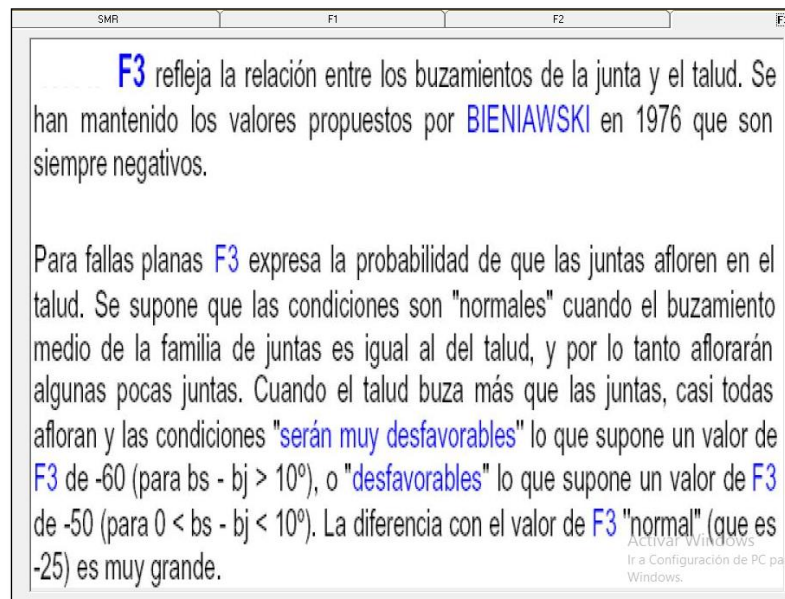


FIGURA 77 Factor de ajuste (F3)

“Factor de ajuste de las discontinuidades (F3), Refleja la relación entre los buzamientos de la discontinuidad y del talud”.



Regresar Convertidor Salir

Correlaciones y Conceptos Generales **MRMR** Q de Barton GSI SMR

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

Ingresar Parámetros

RMR: 61 Ver cuadro de factor de ajustes de junta

F1: 1

F2: 1

F3: 6

F4: +10

Calcular SMR

Limpiar

Cálculo de F1 y F2

aj: [ ]

as: [ ]

bj: [ ]

Calcular

Limpiar

SMR: **65**

Valores límite encontrados para cada forma de falla

Fallas Planas  Fallos en cuña  Fallos por vuelco  Fallos circulares

FALLAS PLANAS	
SMR > 60	Ninguna
60 > SMR > 40	Importantes
40 > SMR > 15	Muy grandes

Clase N°	II
SMR	61 - 80
Descripción	Buena
Estabilidad	Estable
Fallas	Algunos bloques
Tratamiento	Ocasional

FIGURA 78 Calculo de Índice SMR

“El índice SMR para la clasificación de taludes se obtiene del Índice RMR básico”.

Factor de ajuste para las juntas (Romaña, 1985)

CASO		Muy Favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy Desfavorable
P	aj-as	> 30°	30° - 20°	20° - 10°	10° - 5°	< 5°
T	aj-as-180°					
P/T	F1	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
P	bj	< 20°	20° - 30°	30° - 35°	35° - 45°	> 45°
T	F2	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
P	bj-bs	> 10°	10° - 0°	0°	0° (-10°)	< 10°
T	bj-bs	< 110°	110° - 120°	> 120°		.....
P/T	F3	0	-6	-25	-50	-60

**Leyenda:**

P = Falla Plana.  
T = Falla por Vuelco.  
as = Dirección de Buzamiento del talud.  
bs = Buzamiento del talud.  
aj = Dirección de Buzamiento de las juntas.  
bj = Buzamiento de las juntas.

FIGURA 79 Angulo de Fricción

Se observa que el Angulo de fricción es estable y se encuentra dentro del límite aceptable.

## CAPITULO V

### DISCUSION DE RESULTADOS

Habiendo realizado el análisis de la evaluación geo mecánica se define que influye directamente para el análisis de la estabilidad de talud, basándonos a los resultados del modelamiento de las discontinuidades de tres (03) familias:

**Familia 01** se realizó el análisis de 95 discontinuidades: buzamiento de 40°, dirección de 126°, espaciamiento de (3 = 0.2 - 0.6 m), persistencia de (5 = > 20m long.), apertura de (5 = > 5 mm), rugosidad de (3 = Lig. Rug.), relleno de (5 = Suave > 5 mm), alteración de (3 = Mod. Alterada), agua de (2 = Húmedo).

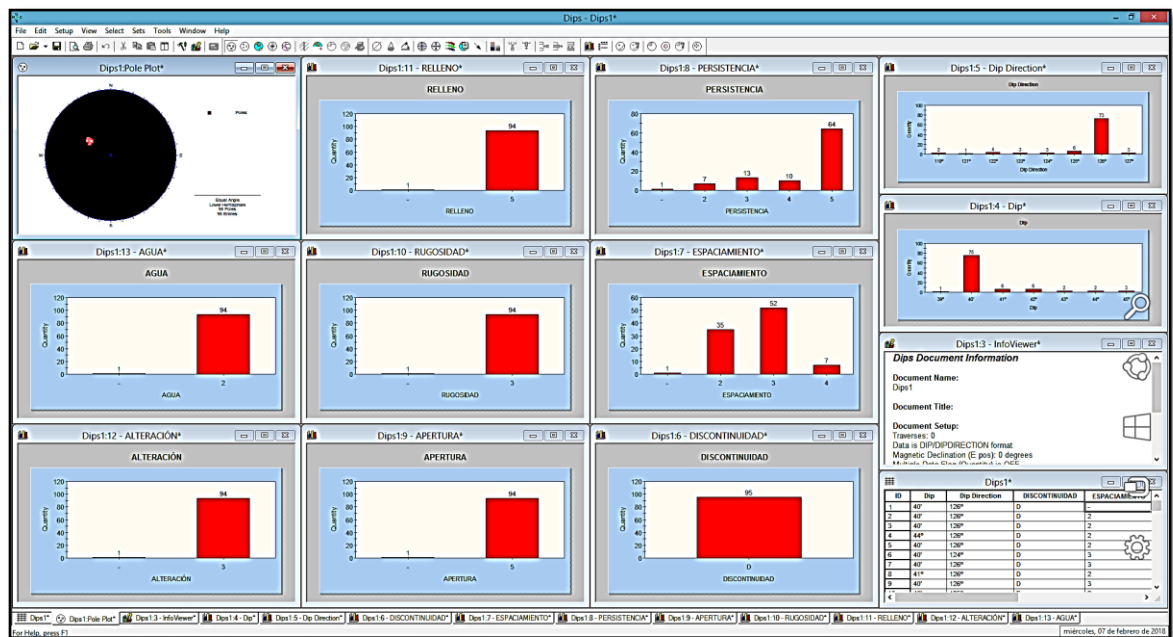


FIGURA 80 Resultados del análisis de discontinuidades Familia 01

**Familia 02** se realizó el análisis de 13 discontinuidades: buzamiento de 50°, dirección de 126°, espaciamiento de (2 = 0.6 - 2 m), persistencia de (3 = 3 - 10 m long.), apertura de (5 = > 5 mm), rugosidad de (3 = Lig. Rug.), relleno de (5 = Suave > 5 mm), alteración de (3 = Mod. Alterada), agua de (2 = Humedo).

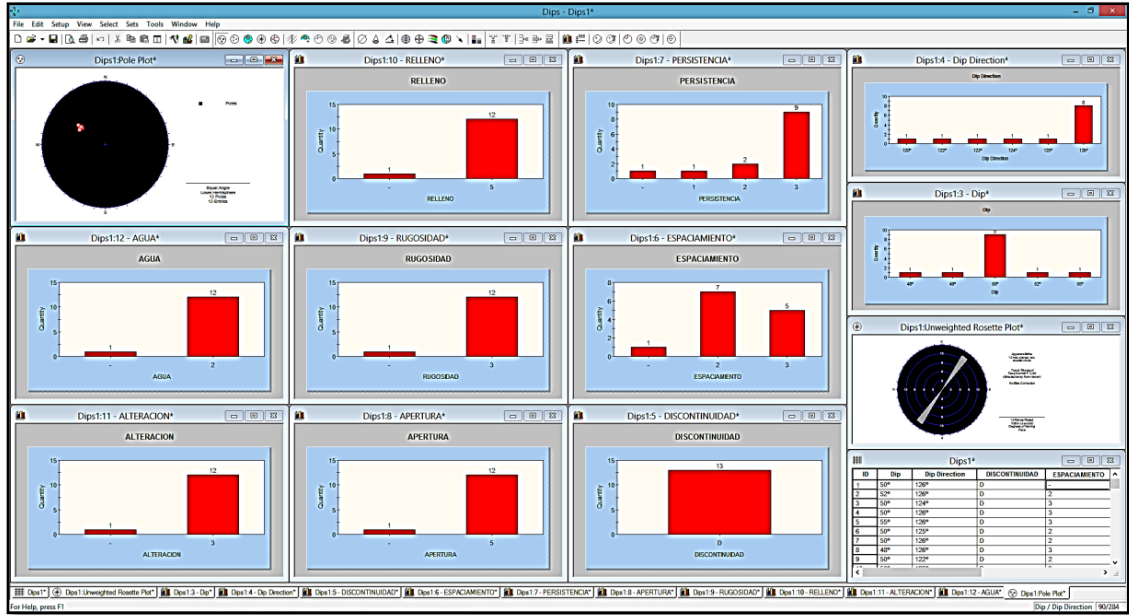


FIGURA 81 Resultados del análisis de discontinuidades Familia 02

**Familia 03** se realizó el análisis de 6 discontinuidades: buzamiento de 45°, dirección de 225°, espaciamiento de (3 = 0.2 - 0.6 m), persistencia de (5 = > 20m long.), apertura de (5 = > 5 mm), rugosidad de (3 = Lig. Rug.), relleno de (5 = Suave > 5 mm), alteración de (3 = Mod. Alterada), agua de (2 = Humedo).

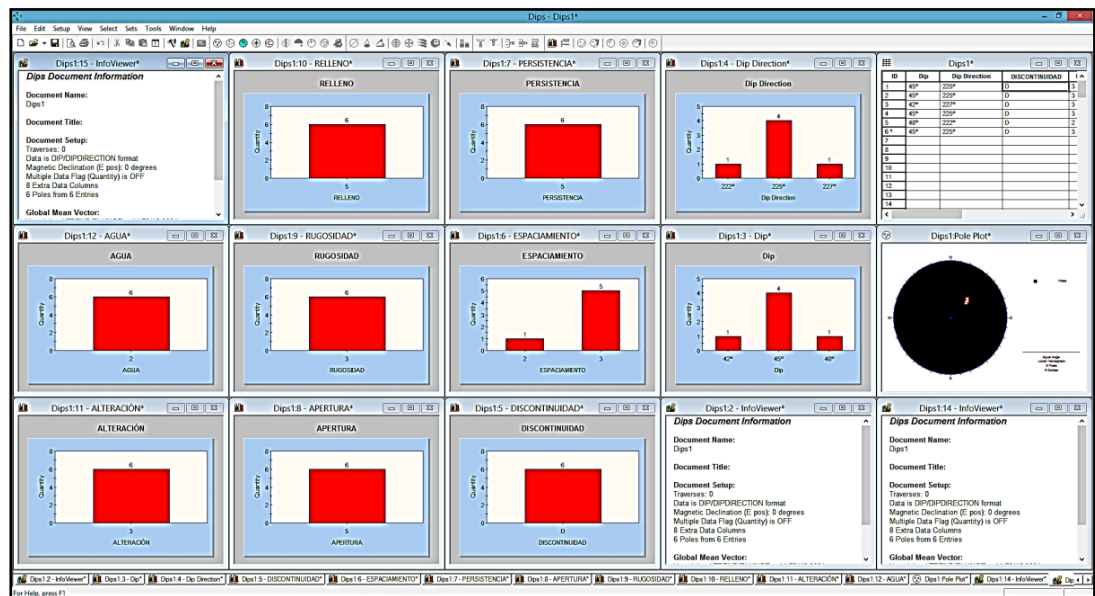


FIGURA 82 Resultados del análisis de discontinuidades Familia 03

Para poder obtener la clasificación geomecánica RMR fue necesario el cálculo del índice de calidad de la roca RQD, usando el parámetro de juntas/metro lineal aplicado en la siguiente formula.

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.10\lambda + 1)$$

$\lambda = 1/x$ ; donde  $x$  es el espaciado promedio en m.

FIGURA 83 Formula para RQD.

Del calculo se obtiene como resultado que el RQD (%) = 98.439 % para lo cual se usara la relación de 900% - 100% que se trabaja con un valor de rating = 20, de acuerdo a la clasificación según el Rock mass quality (Calidad de la masa de roca)

RQD	Rock mass quality(Calidad de la masa de roca)
<25%	muy pobre
25-50%	pobre
50-75%	regular
75-90%	bueno
90-100%	muy bueno

Así mismo también para la obtener la resistencia de la roca, se realizó la prueba de Índice de carga puntual (MPa) en laboratorio, obteniendo ICP=10.05 MPa por lo tanto, el valor utilizado para el modelamiento es de >10MPa, según la siguiente tabla:

**Resistencia de la Roca Inalterada**

Indice de Carga Puntual [MPa]     > 10MPa     4-10MPa     2-4MPa     1-2MPa

FIGURA 84 Resultado de Índice de Carga Puntual.

De los datos anterior mente obtenidos se procedió al calculo del RMR (Rock Mass Rating: calidad del macizo rocoso), el valor obtenido es de RMR=61, por lo cual tiene una valoración de 80-61, Numero de clase II: tiempo de auto sostenimiento 1año span 10m, la cohesión de la masa rocosa es de 300-400 KPa, el Angulo de fricción es de 35<sup>a</sup> – 45<sup>a</sup>, por los resultados mostrados se determina que es una Roca buena, pero dentro del tramo de la muestra se encuentra puntos críticos que necesitan sostenimiento.

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

FIGURA 85 Rango de evaluación de RMR

- a) Las características físicas determinan las propiedades para la estabilidad de talud basándonos a su contenido de humedad es de 20.81%, el grado de saturación 49.99%, con una porosidad de 37.87%, y la densidad de 1.82 gr/cm<sup>3</sup>, el contenido de humedad es alto debido a que se encuentra gran cantidad de fracturas.
- b) Las propiedades mecánicas inciden directamente en la resistencia de la estabilidad de talud, analizando que para la deformabilidad de la roca (caliza) solo está sometida a esfuerzos gravitatorios mas no a esfuerzos de superficie externa, sobre la resistencia se realizó el ensayo de Índice de Carga Puntual (MPa) en laboratorio, obteniendo ICP=10.05 MPa esto debe a la composición mineralógica de la roca (caliza) está compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) generalmente calcita debido a esto su grado de resistencia.
- c) Se analizó las causantes de la meteorización física que son provocadas por ser una zona de lluvias constantes y el cambio de temperatura brusco que se da producto de las heladas ayuda a la fracturación de la roca

(caliza), otro causante de meteorización física es la abundante vegetación que se encuentra en la zona ya que con el transcurso del tiempo los vegetales se vuelven más robustos llegan a fracturar a la roca (caliza).

- d) Las causantes de meteorización química se dan por el proceso de disolución cuando las lluvias acidas entran en contacto directo con la superficie de la roca produce el ensanchamiento de los poros como también se produce la abertura de grietas, todo esto hace que cambie la composición mineralógica de la roca (caliza).

## CONCLUSIONES

1. El resultado de la evaluación geo mecánica según el SMR= 65, la roca es de calidad buena, por lo que el talud es estable (ver tabla 07), mostrando fallas en algunos bloques por lo cual se propone realizar un tratamiento puntual haciendo uso del Shotcrete  $e=50\text{mm}$ , Pernos de 3.00 m con espaciado de 2.50m con malla de alambre (ver figura 69), específicamente en los siguientes tramos: tramo 01, prog. 139+628 hasta la prog. 139+651, tramo 02 prog. 139+715 hasta la prog. 139+800.
2. Las propiedades físicas analizadas en laboratorio muestran los siguientes resultados: el contenido de humedad es de 20.81%, el grado de saturación 49.99%, con una porosidad de 37.87%, y la densidad de 1.82 gr/cm<sup>3</sup>, los cuales influyen en el grado de alterabilidad mediante el grado de fracturación y meteorización de la roca caliza (ver tabla 08).
3. De acuerdo a los datos obtenido en laboratorio, mediante el ensayo de resistencia a la carga puntual el resultado de resistencia de la roca caliza es de 10.05 MPa, para lo cual en el modelamiento se trabaja con el valor de >10 Mpa. (ver figura 81).
4. La desintegración mecánica producto del constante cambio que se viene dando entre los principales factores como son el cambio de temperatura, las heladas, generando en la roca cuña de helada la cual forma un agrietamiento; respecto al intemperismo químico que viene alterando a las rocas calizas se forma por la presencia del ácido carbónico generado por las aguas acidas que constantemente están disolviendo a las rocas carbonatadas, entiéndase que este proceso natural y se da en forma constante en el planeta.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer un tratamiento especial en las zonas consideradas como tramos críticos o puntuales, el tratamiento planteado para el sostenimiento del talud estará en el rango de uso de pernos de roca de 20mm de diámetro, pernos de 3m en la corona, espaciados a 2.5m con malla de alambre; así mismo la aplicación de shotcrete de espesor de 5cm donde sea requerido.
2. se recomienda que para mayor exactitud en el cálculo de las propiedades (humedad, grado de saturación, porosidad, densidad), de la roca (caliza) tomar muestras que no se encuentren alteradas por esfuerzos artificiales si no que estas sean por esfuerzos naturales.
3. se recomienda seguir con rigurosidad la aplicación de la norma ASTM C880 en todo el proceso del ensayo resistencia a la carga puntual lo cual nos permitirá tener una mayor precisión al momento de la recolección de datos ya que esto es un factor muy importante para la determinación del RMR Y SMR.
4. se recomienda que para el cálculo de las propiedades de las discontinuidades se tenga presente que el planeta tierra está en constante cambio debido a varios factores como es el intemperismo físico y químico.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Eduardo Alonso Pérez de Ágreda Estabilidad de Taludes - Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica E.T.S. d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports Universitat Politècnica de Catalunya Edición 2005
2. Contramestre H. y Gonzáles O. (2007). Análisis comparativo de sistemas de estabilización de taludes bajo el concepto de suelos reforzados, comparando los sistemas tierra armada y terramesh System para un talud ubicado en Granjerías de la Trinidad, Caracas, Edo. Miranda. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
3. Gonzáles V., Ferrer M., Ortuño L. y Oteló C. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid, España: Pearson.
4. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Estudios y Proyectos Técnicos Industriales S.A. (EPTISA) (1986). Manual de taludes. Madrid, España.
5. Obregón C. (Ingeniero Geólogo). (2017). Análisis de estabilidad de taludes en suelos mediante el uso del programa Slide 6.0 (Skype) Huancayo, Perú.
6. Rucks, García, Kaplán, Ponce de León y Hill (2004) Propiedades físicas del suelo. Montevideo, Uruguay.

## **ANEXOS**

**ANEXOS**  
**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### ESTABILIZACIÓN DE TALUD MEDIANTE LA EVALUACIÓN GEOMECÁNICA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b> ¿Cómo influye el resultado de la evaluación geomecánica con fines de estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo - Huancavelica?</p> <p><b>Problemas específicos</b> a) ¿De qué manera influye las propiedades físicas de la roca para fines de estabilidad de talud? b) ¿Por qué motivo las propiedades mecánicas de las rocas influyen en la estabilidad de talud? c) ¿De qué modo influye la meteorización física y química en el macizo rocoso con fines de estabilidad de talud?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Determinar cómo influye el resultado de la evaluación geomecánica del macizo rocoso con fines de estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> a) Evaluar la influencia de las propiedades físicas de la roca con fines de estabilidad de talud b) Analizar la influencia de las propiedades mecánicas de la roca con fines de estabilidad de talud c) a) Determinar la influencia de la meteorización física y química en el macizo rocoso con fines de estabilidad de talud</p>	<p><b>Hipótesis General</b> El resultado de la evaluación geomecánica influye directamente para el análisis de la estabilidad de talud en la carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b> a) Las propiedades físicas influyen en la resistencia de la roca con fines de estabilidad de talud. b) Las propiedades mecánicas inciden en el cálculo del cálculo del ángulo de talud c) La meteorización física y química actúa alterando las propiedades de las rocas del talud.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Evaluación geo – mecánica</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades Físicas</li> <li>• Propiedades Químicas</li> <li>• Propiedades Mecánicas</li> </ul> <p><b>Variable dependiente</b> Estabilidad de Talud</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades Físicas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Porosidad</li> <li>• Humedad</li> <li>• Densidad</li> <li>• Peso específico</li> </ul> </li> <li>• Propiedades Químicas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disolución</li> <li>• Oxidación</li> <li>• P.H del agua</li> </ul> </li> <li>• Propiedades Mecánicas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la comprensión axial.</li> <li>• Resistencia a la comprensión a carga puntual.</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Metodo de investigación</b> - Científico</p> <p><b>Tipo de Investigación</b> - Aplicado</p> <p><b>Nivel de Investigación</b> -Descriptivo - Correlacional</p> <p><b>Diseño de Investigación</b> - Cuasi - Experimental</p> <p><b>Población y Muestra</b></p> <p><b>Universo</b> - carretera Mariscal Castilla - Huancayo – Huancavelica.</p> <p><b>Población.</b> - progresivas 137 + 260 al 141 + 210.</p> <p><b>Muestra</b> - la progresiva 139+620 al 139+720</p>

**ANEXO**  
**PANEL FOTOGRAFICO**

## Panel fotográfico



*FIGURA 83 Identificación del macizo rocoso en estudio*



*FIGURA 84 Levantamiento topográfico en la cumbre del talud.*



*FIGURA 85 Levantamiento topográfico en el pie del talud.*



*FIGURA 86 Medición de bloques con peligro de desprendimiento.*



*FIGURA 87 Medición del Rumbo de las discontinuidades del macizo rocoso.*



*FIGURA 88 Medición del Buzamiento de las discontinuidades del macizo rocoso.*





*FIGURA 89 Toma de muestra para realizar el ensayo en laboratorio.*



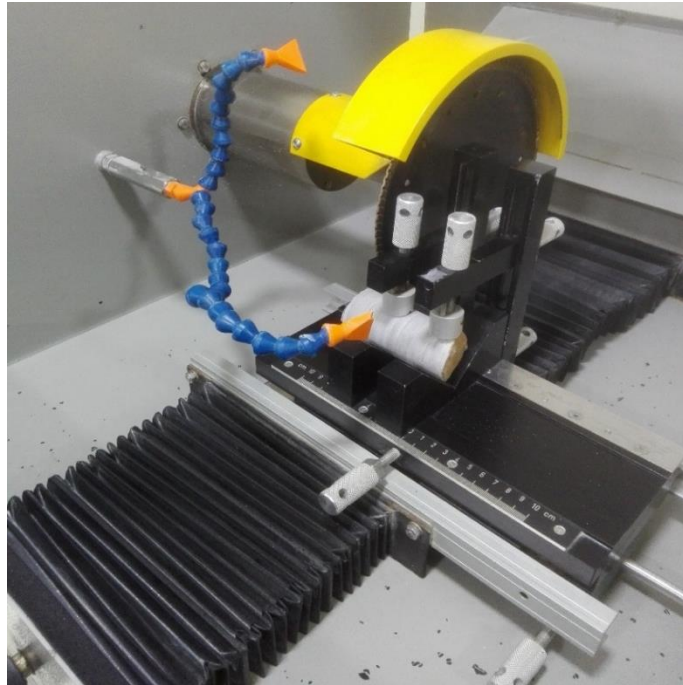
*FIGURA 90 se extrae un testado de diámetro de 52 mm.*



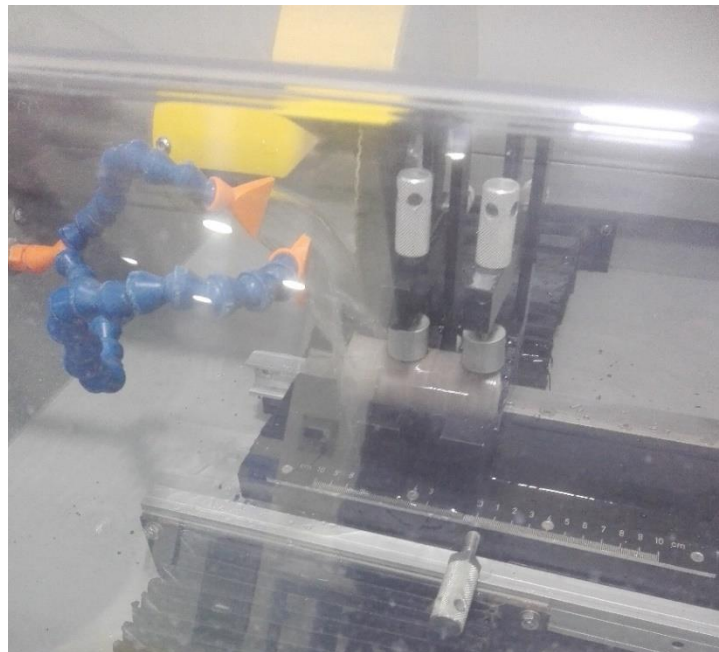
FIGURA 91 Se muestra la roca trabajada en el proceso de extracción de testigo.



FIGURA 92 se observa al grupo cortador y esmerilador de testigos.



*FIGURA 93 se observa el corte del testigo para la obtención de una superficie plana.*



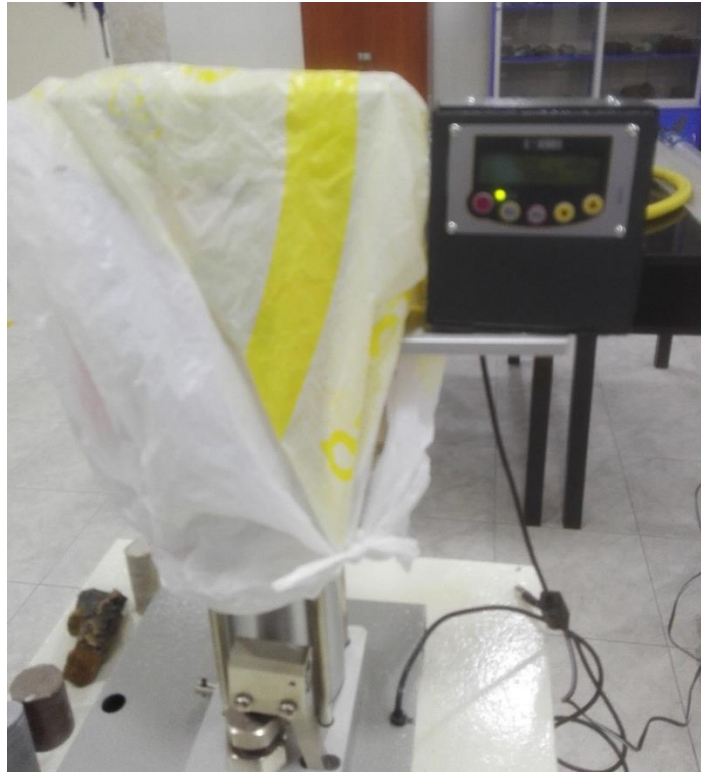
*FIGURA 94 se observa el trabajo del esmerilador del testigo para la obtención de un cuerpo liso..*



FIGURA 95 se comprueba que el diámetro del testigo sea de 52 mm.



FIGURA 96 se observa el testigo sometido a la carga puntual.



*FIGURA 97 se recubre el equipo para que no cause ningún daño colateral.*



*FIGURA 98 se observa el equipo fallado cuando fue sometido a su máxima resistencia.*



FIGURA 98 se observa el resultado del ensayo que tiene un valor de 10.05 Mpa.

**ANEXOS**  
**ENSAYO DE CARGA PUNTUAL**

2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

# ENSAYO ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL



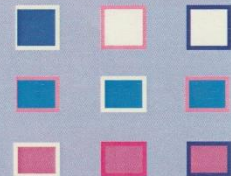
**TESIS: EVALUACIÓN GEOMECANICA CON  
FINES DE ESTABILIDAD DE TALUD  
CARRETERA MARISCAL CASTILLA  
HUANCAYO – HUANCAVELICA**

SOLICITANTE: FREDY CUYUTUPA MOSCOSO

ABRIL-2019



LABORATORIO DE  
MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y ROCAS  
GEOLUMAS SAC







ENSAYO ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL

TESIS : TESIS: EVALUACIÓN GEOMECANICA CON FINES DE ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA MARISCAL CASTILLA HUANCAYO – HUANCAVELICA

SOLICITADO : FREDY CUYUTUPA MOSCOSO

FECHA DE EMISIÓN: ABRIL DEL 2019

ELEMENTO	DIAM.	AREA	CARGA	CARGA	TENSION	TENSION	MUESTRA	
N°	FECHA DE ENSAYO	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	MAXIMA	MAXIMA	MAXIMA		
				(N)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Mpa)	
1	ABRIL.2019	54.00	490.88	493400	50327	102.52	10.05	ROCAS SEDIMENTARIA CALIZA

NOTA :

LA ROCA ENSAYADA TIENE UNA RESISTENCIA DE 10.05 Mpa

EL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL SE UTILIZA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DE LA ROCA (CAPACIDAD PORTANTE), SEGÚN NORMA ASTM D5731-95, DETERMINA EL ÍNDICE DE RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL DE LA ROCA.

CUANDO EL TIPO DE SUELO ES ROCOSO EL UNICO ENSAYO PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD PORTANTE O RESISTENCIA DEL TERRENO (ROCA), SE DETERMINA MEDIANTE EL ENSAYO DE CARGA PUNTUAL, QUE NOS DA LA RESISTENCIA O CAPACIDAD PORTANTE DE LA ROCA.

**GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

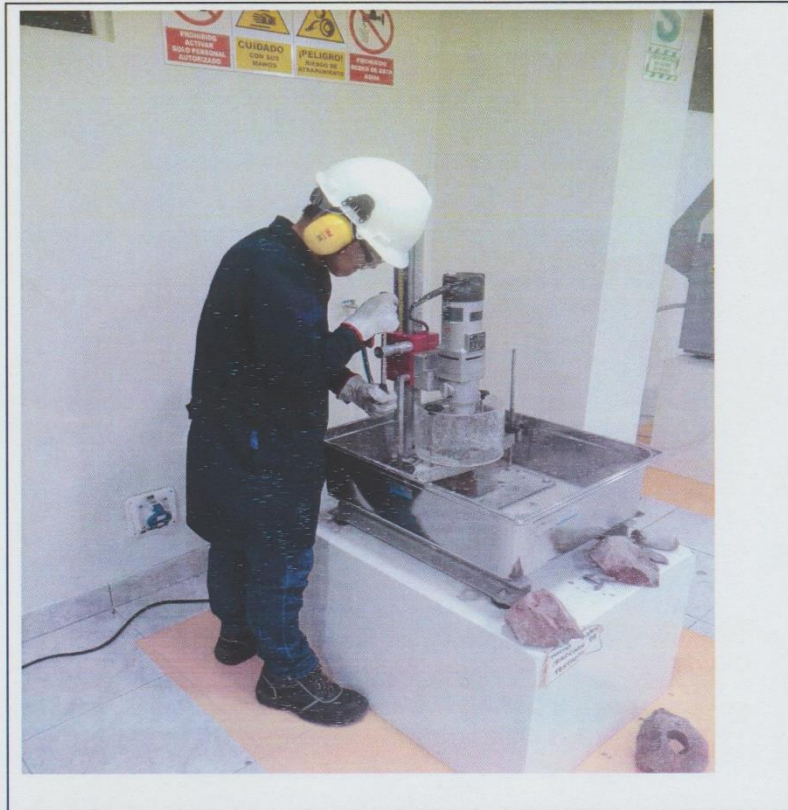


FOTO. 01.- ENSAYO ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
-----  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145418  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

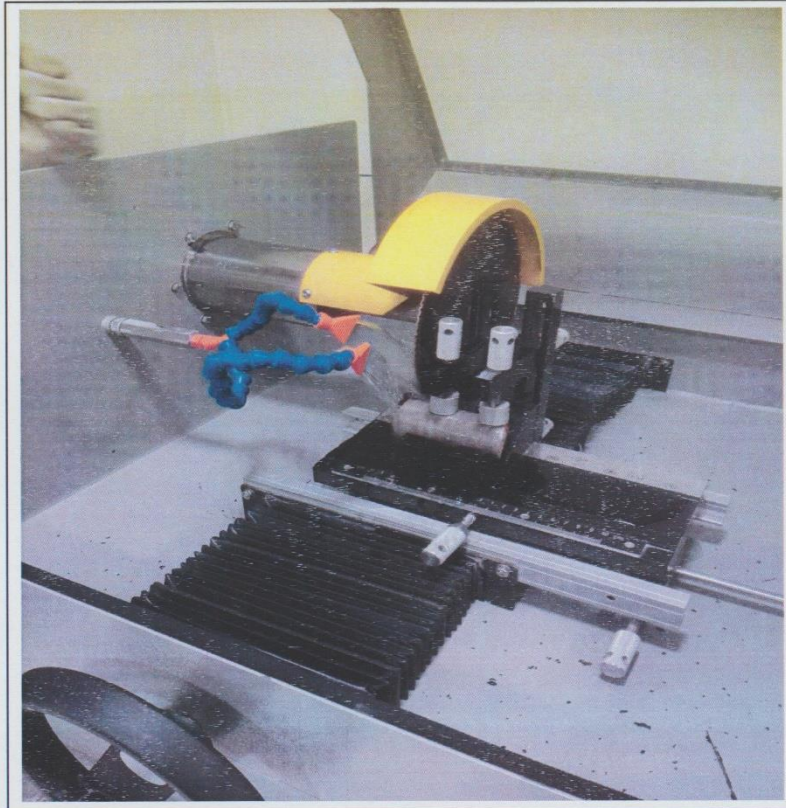


FOTO. 02.- ENSAYO ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS  
*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA



FOTO. 03.- ENSAYO ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

*Edwin Peña Dueñas*

**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

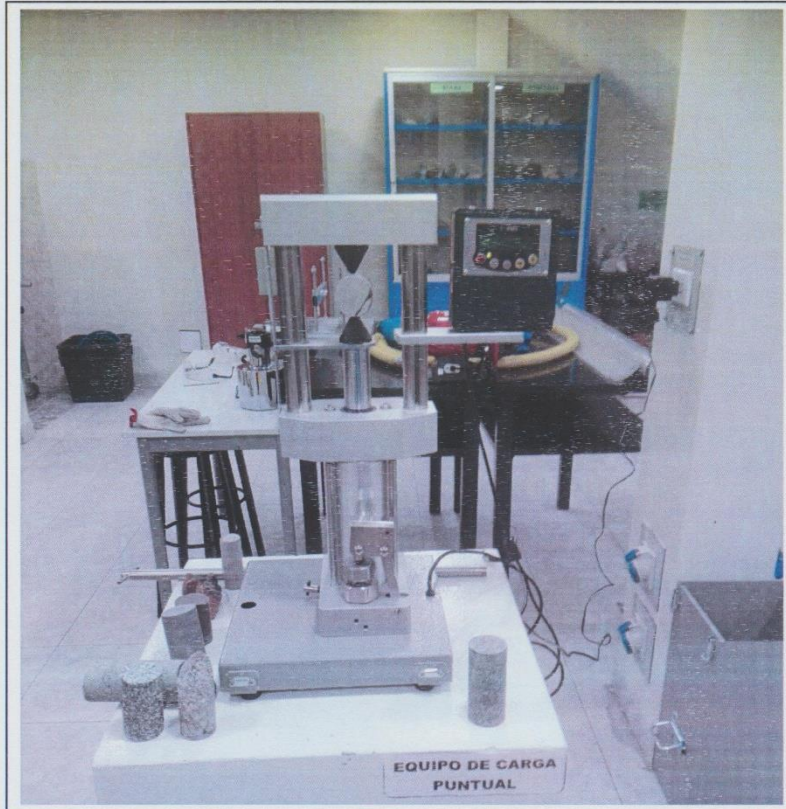



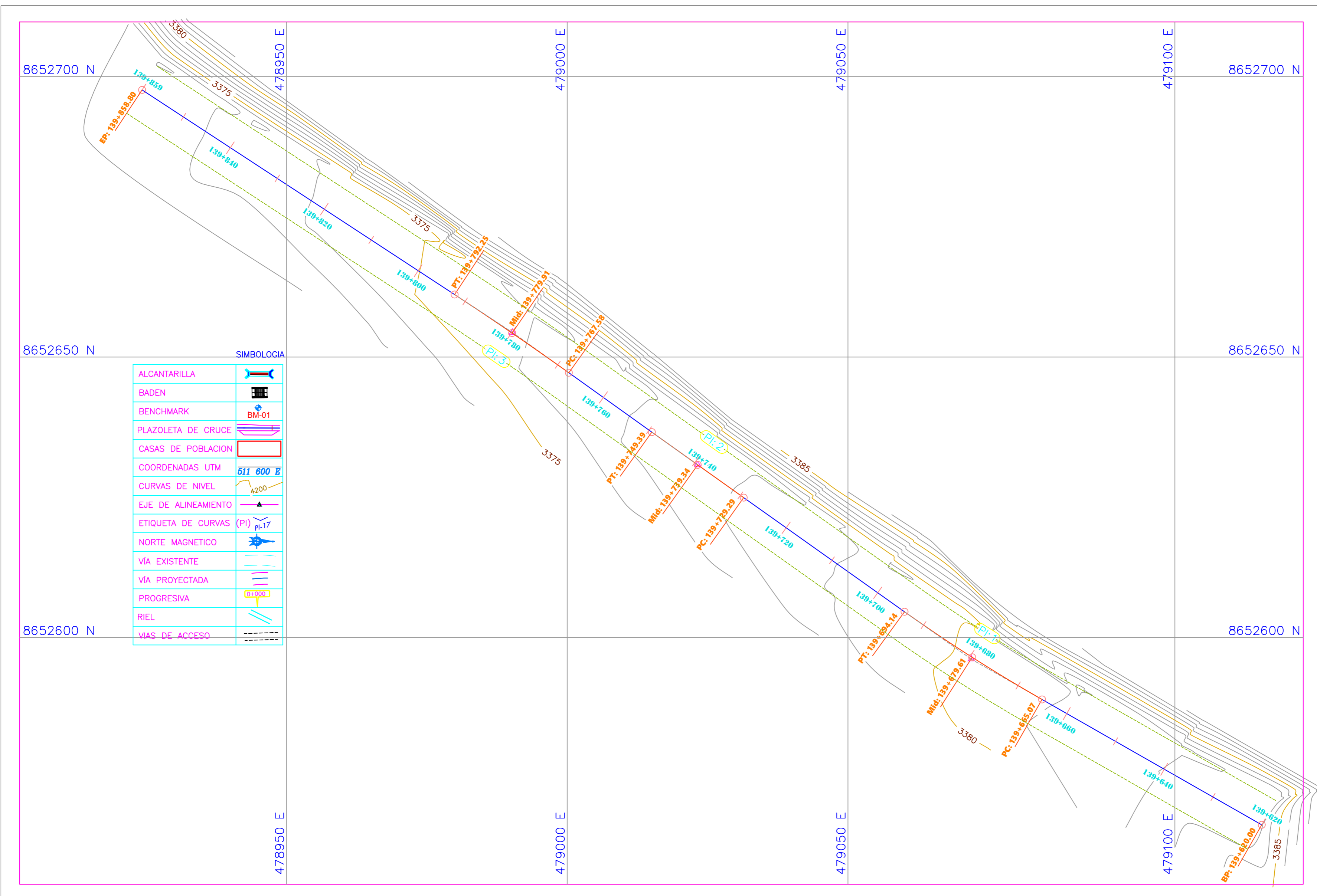
FOTO. 04.- ENSAYO ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL

 **GEOLUMAS SAC.**  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

*Edwin Peña Dueñas*  
**Ing. Civil Edwin Peña Dueñas**  
ASESOR TÉCNICO. CIP 145416  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

**ANEXOS**  
**PLANOS**





**SIMBOLOGIA**

ALCANTARILLA	
BADEN	
BENCHMARK	
PLAZOLETA DE CRUCE	
CASAS DE POBLACION	
COORDENADAS UTM	511 600 E
CURVAS DE NIVEL	
EJE DE ALINEAMIENTO	
ETIQUETA DE CURVAS (PI)	
NORTE MAGNETICO	
VIA EXISTENTE	
VIA PROYECTADA	
PROGRESIVA	
RIEL	
VIAS DE ACCESO	

**PLANO TOPOGRAFICO**  
ESCALA: 1/500

**DATOS DE GEOREFERENCIACION**

DATUM HORIZONTAL	WORLD GEODETIC SYSTEM 1984 (WGS-84) ZONA 18S
SISTEMA DE CUADRILATERO	SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM) CADA 200m.
CURVAS DE NIVEL	CADA 2m. CURVAS MENORES Y CADA 10m. CURVAS MAYORES

**TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA**

N° CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	T	L	LC	E	M	PI	PC	PT	PI NOTE	PI ESTE
PI:1	N57° 26' 29"W	5°39'40"	294.21	14.55	29.07	29.06	0.36	0.36	139+679.62	139+665.07	139+694.14	8652596.16	479071.94
PI:2	N54° 30' 05"W	0°13'08"	5262.07	10.05	20.10	20.10	0.01	0.01	139+739.34	139+729.29	139+749.39	8652630.76	479023.24
PI:3	N55° 34' 33"W	2°22'04"	596.98	12.34	24.67	24.67	0.13	0.13	139+779.91	139+767.58	139+792.25	8652654.38	478990.25

**PROYECTO :** "EVALUACION GEOMECANICA CON FINES DE ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA MARISCAL CASTILA HUANCAYO - HUANCAMELICA"

**ESTUDIANTE :** CUYUTUPA MOSCOSO FREDY. **CODIGO:** C01227B

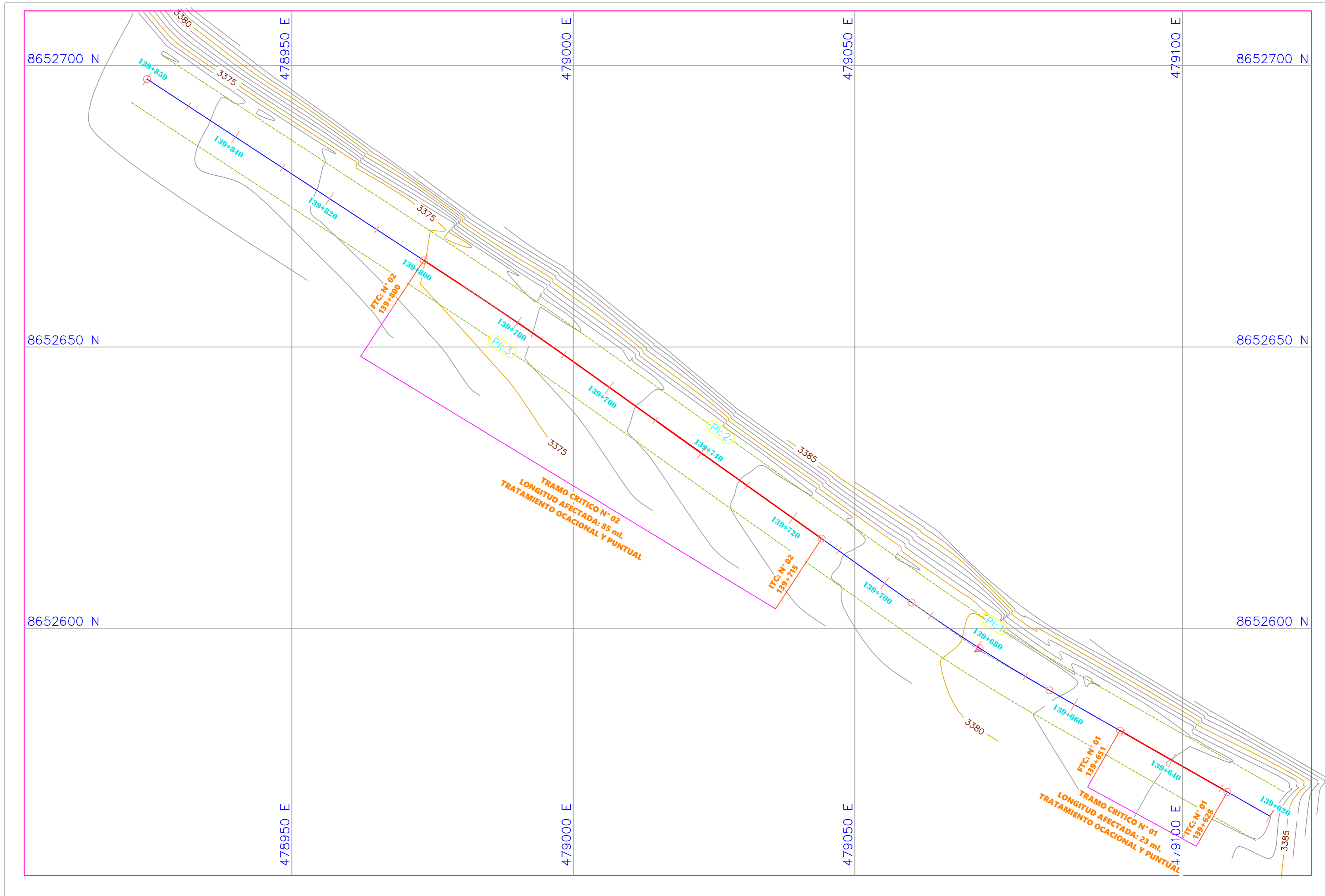
**UBICACION :** DEPARTAMENTO : JUNIN  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DISTRITO : HUACRAPUUIO  
ANEJO : HUACRAPUQUIO

**FIRMA:**

**LAMINA :** **PT-01**

**PARO :** **INDICADOS** **ESCALA :** **INDICADA** **DIBUJO :** **FCM.** **FECHA :** **JULIO - 2019**





**PLANO ZONAS CRITICAS**

ESCALA: 1/500

PROYECTO : "EVALUACION GEOMECANICA CON FINES DE ESTABILIDAD DE TALUD  
CARRETERA MARISCAL CASTILA HUANCAYO - HUANCVELICA"

ESTUDIANTE : CUYUTUPA MOSCOSO FREDY. CODIGO: C01227B

UBICACION :  
DEPARTAMENTO : JUNIN  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DISTRITO : HUACRAPUQUIO  
ANEJO : HUACRAPUQUIO

FIRMA :

LAMINA :  
  
**PC-01**

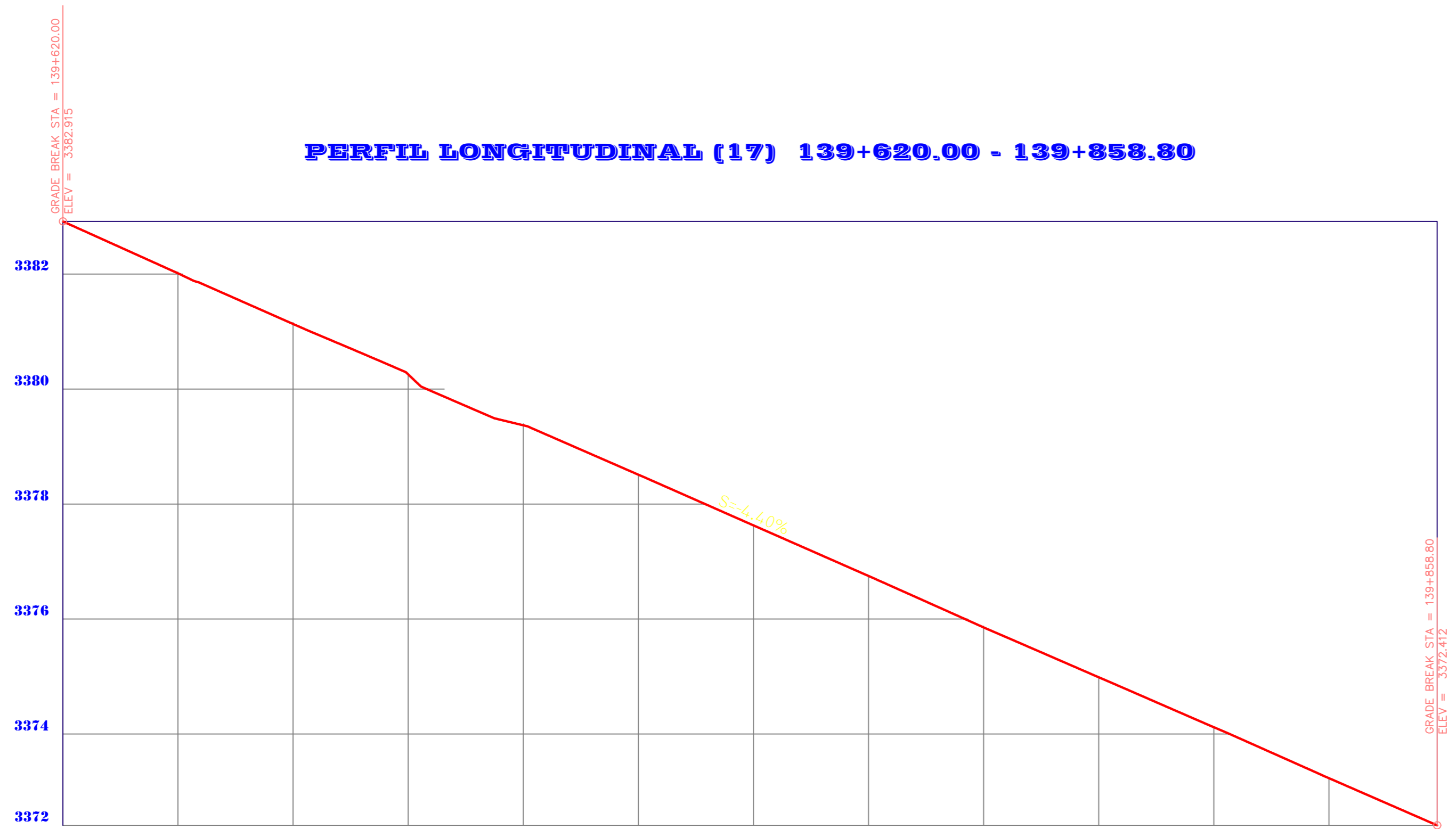
PLANO : **INDICADOS**

ESCALA : **INDICADA**

DIBUJO : **FCM.**

FECHA : **JULIO - 2019**

**PERFIL LONGITUDINAL (17) 139+620.00 - 139+858.80**



<b>PROGRESIVA</b>	139+620.00	139+648.00	139+666.00	139+688.00	139+708.00	139+728.00	139+748.00	139+768.00	139+788.00	139+808.00	139+828.00	139+848.00	139+858.80
<b>COTA TERRENO</b>	3382.92	3382.01	3381.13	3380.26	3379.37	3378.51	3377.63	3376.75	3375.85	3374.99	3374.12	3373.23	3372.41
<b>COTA RASANTE</b>	3382.92	3382.04	3381.16	3380.28	3379.40	3378.52	3377.64	3376.76	3375.88	3375.00	3374.12	3373.24	3372.41
<b>ALTURA DE CORTE</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>ALTURA DE RELLENO</b>	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00
<b>PENDIENTE</b>	-4.40% EN 238.80m												
<b>ALINEAMIENTO</b>	L=45.07m	L=29.07m R=294.21m PI=1	L=35.15m	L=20.10m R=5262.07m PI=2	L=18.19m	L=24.67m R=596.98m PI=3	L=66.56m						

**PLANO PERFIL LONGITUDINAL**  
ESCALA: 1/500

PROYECTO : "EVALUACION GEOMECANICA CON FINES DE ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA MARISCAL CASTILA HUANCAYO - HUANCVELICA"

ESTUDIANTE : CUYUTUPA MOSCOSO FREDY. CODIGO: C01227B

UBICACION :  
DEPARTAMENTO : JUNIN  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DISTRITO : HUACRAPUQUIO  
ANEXO : HUACRAPUQUIO

FIRMA:

LAMINA :  
**PL-01**

PLANO : **INDICADOS**

ESCALA : **INDICADA**

DIBUJO : **FCM.**

FECHA : **JULIO - 2019**