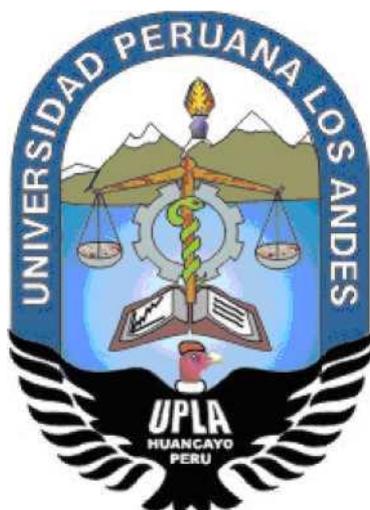


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“INFLUENCIA DE LAS TENSIONES  
GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE  
TALUD CARRETERA ACOSTAMBO  
IZCUCHACA”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MORI PALACIOS, ALEXANDER CARLOS EMILIO**

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

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Huancayo - Perú  
2020**

---

**ING. FABIAN BRAÑES ALCIDES LUIS  
ASESOR**

### **DEDICATORIA**

A Dios fuente de luz y sabiduría que nos encamina a lo largo de nuestra vida a mis padres por saberme guiar correctamente por ser la razón de nuestra existencia y apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Peruana Los Andes por darme la oportunidad de formarme como profesional.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería, por las enseñanzas que me brindaron durante mi formación profesional.

Al Ing. Brañes Fabian Alcides Luis por guiarme a lo largo de la ejecución de esta tesis.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS**

---

**DR. RUBÉN DARIO TAPIA SILGUERA  
PRESIDENTE**

**JURADO**

**JURADO**

**JURADO**

**Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA  
SECRETARIO DOCENTE**

## INDICE

DEDICATORIA  
AGRADECIMIENTO  
INDICE DE CONTENIDOS  
INDICE DE TABLAS  
INDICE DE FIGURAS  
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD  
RESUMEN  
ABSTRACT  
INTRODUCCION

CAPITULO I .....	16
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	16
1.1. Planteamiento del problema .....	16
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	17
1.3. Justificación .....	17
1.4. Delimitaciones .....	18
1.5. Limitaciones .....	19
1.6. Objetivos .....	19
CAPITULO II .....	21
MARCO TEORICO .....	21
2.1. Reseña Histórica .....	21
2.2. Antecedentes internacionales .....	22
2.3. Antecedentes nacionales .....	23
2.4. Normatividad .....	26
2.5. Marco conceptual .....	27
2.6. Definición de términos.....	28
2.7. Hipótesis .....	34

2.8. Variables .....	35
CAPITULO III .....	37
METODOLOGIA .....	37
3.1. Método de investigación .....	37
3.2. Tipo de investigación .....	37
3.3. Nivel de investigación .....	38
3.4. Diseño de investigación .....	38
3.5. Población y muestra.....	38
3.6. Técnicas, instrumentos de recolección de datos.....	38
3.7. Procesamiento de la información .....	39
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	39
CAPITULO IV .....	56
RESULTADOS .....	56
4.1. Resultado específicos .....	56
4.1. Resultado general .....	66
CAPITULO V .....	67
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	67
5.1. Discusiones específicos .....	67
5.2. Discusión General .....	69
CONCLUSIONES .....	71
RECOMENDACIONES .....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	74
ANEXOS .....	76

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla 01 Definición operacional de variable.....	36
Tabla 02 Formato para análisis granulométrico .....	40
Tabla 03 Formato para la clasificación granulométrica .....	41
Tabla 04 Formato para los limites de consistencia.....	41

Tabla 05 Formato para el ensayo de proctor modificado .....	41
Tabla 06 Formato para el ensayo de CBR .....	42
Tabla 07 Características de excavación de las calicatas .....	44
Tabla 08 Ubicación de calicatas .....	44
Tabla 09 Cantidad de muestra de suelo .....	44
Tabla 10 Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422 .....	53
Tabla 11 Clasificación granulométrica .....	54
Tabla 12 límites de consistencia.....	54
Tabla 13 Clasificación S.U.C.S.....	54
Tabla 14 Factor de seguridad del talud analizado .....	64

## INDICE DE FIGURAS

Figura 01 Carretera(3S) Huancayo – Huancavelica tramo Acostambo - Izcuchaca .....	40
Figura 02 Levantamiento topográfico.....	43
Figura 03 Sección 1 en AutoCAD talud en estudio .....	43
Figura 04 Excavación de la calicata 01 progresiva 0+22 .....	44
Figura 05 Excavación de la calicata 01 km 0+22 .....	45
Figura 06 Ensayo de granulometría .....	46
Figura 07 Equipos utilizados para el ensayo de límites de consistencia.....	48
Figura 08 Ensayo de proctor modificado.....	50
Figura 09 Ensayo de penetración .....	51
Figura 10 Análisis granulométrico por tamizado, calicata 01 .....	53
Figura 11 Balance hídrico- humedad del suelo (senamhi) .....	56
Figura 12 clasificación de susceptibilidad geológica .....	56
Figura 13 ZONIFICACIÓN SÍSMICA.....	57
Figura 14 TIPOS DE INTENSIDAD SÍSMICA ZONA DE IZCUCHACA .....	58
Figura 15 SUSCEPTIBILIDAD DE PARÁMETROS PASIVOS .....	58
Figura 16 susceptibilidad al deslizamiento por lluvias .....	59
Figura 17 susceptibilidad al deslizamiento por sismicidad .....	59
Figura 18 Grado de susceptibilidad al deslizamiento .....	60
Figura 19 Análisis Estático del talud .....	61
Figura 20 Factores de seguridad por el método de Janbu .....	61
Figura 21 zonas de mayor deslizamiento por el método de Janbu .....	62

Figura 22 cuña de falla por el método de Janbu .....	62
Figura 23 Factores de seguridad por el método de Bishop.....	62
Figura 24 zonas de mayor deslizamiento por el método de Bishop .....	63
Figura 25 cuña de falla por el método de Bishop .....	63

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>SUCS</b>	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS Unified Soil Classification System.
<b>AASHTO</b>	: American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>CBR</b>	: Relación de soporte California - California Bearing Ratio
<b>MDS</b>	: Máxima densidad seca
<b>IP</b>	: Índice de plasticidad
<b>LL</b>	: Límite líquido
<b>LP</b>	: Límite plástico
<b>MTC</b>	: Ministerio de transportes y comunicaciones
<b>NTP</b>	: Norma Técnica Peruana

## RESUMEN

La presente tesis llevara como título **“Influencias de las Tensiones Geostaticas en la Estabilidad de Talud carretera Acostambo Azcuchaca”**. Esta tesis fue desarrollada como parte del cierre de carrera bajo la asesoría del Ing. Brañes Fabian Alcides Luis, prestigioso docente de la Universidad Peruana los Andes.

El talud en estudio esta en la carretera interprovincial (3S) Huancayo- Huancavelica km -22 antes de llegar al Puente izcuchaca a más de 2939 msnm.

Para la realización de este estudio, los análisis se enfocaron en los taludes de suelos ubicados en la zona superficial del talud.

Como objetivo se propuso determinar los parámetros de las tensiones geostaticas que influyen en este talud que se construyó en el suelo. Este talud es considerado de gran altura debido a su misma composición del cerro, para tal fin, se analizó la estabilidad en condiciones estáticas y pseudoestaticas tomando en cuenta datos variables de poropresión ( $R_u$ ) para los suelos.

Para la realización de los análisis de estabilidad fue utilizando el método de equilibrio limite e ingresados al software slide v6.0. Gracias a los ensayos realizados en el laboratorio que costa de densidad y corte directo se identificaron los parámetros geotécnicos de estratos de suelos presentes en las secciones.

A partir de los resultados obtenidos, se definieron los parámetros mas óptimos de diseño del talud con el objetivo de minimizar posibles deslizamientos y evitar obstrucciones en la carretera interprovincial hacia Huancavelica.

## **ABSTRACT**

The present thesis will be entitled "Influences of Geostatic Tensions on the Stability of the Acostambo Azcuchaca Highway Slope". This thesis was developed as part of the closing of the degree under the advice of Eng. Brañes Fabian Alcides Luis, a prestigious professor at the Universidad Peruana los Andes.

The slope under study is on the interprovincial highway (3S) Huancayo-Huancavelica km -22 before reaching the Izcuchaca Bridge at more than 2939 meters above sea level.

To carry out this study, the analyzes focused on the soil slopes located in the surface area of the slope.

As an objective, it was proposed to determine the parameters of the geostatic stresses that influence this slope that was built on the ground. This slope is considered of great height due to its composition of the hill, for this purpose, the stability in static and pseudostatic conditions was analyzed taking into account variable data of poropression ( $R_u$ ) for the soils.

To carry out the stability analysis, the limit equilibrium method was used and the slide v6.0 software was entered. Thanks to the tests carried out in the laboratory that cost density and direct cut, the geotechnical parameters of soil strata present in the sections were identified.

From the results obtained, the most optimal slope design parameters were defined in order to minimize possible landslides and avoid obstructions on the interprovincial highway to Huancavelica.

## INTRODUCCION

La presente tesis ha sido realizada durante los meses de Julio a noviembre del 2020 cumpliendo con todas las normas de bioseguridad ante el SARS-CoV-2 (Covid-19).

La inestabilidad de taludes es un proceso geológico muy recurrente en nuestro país principalmente en la sierra, donde lamentablemente no se previeron anticipadamente el 98 % de casos y en consecuencia ocurrieron deslizamientos de tierra mas conocidas como (Huaycos), causando pérdidas económicas, obstrucción de carreteras principales del país y pérdidas humanas en ciertos casos. La región de Huancavelica, no escapa a esta situación considerando que también posee registrados de estos fenómenos, teniendo entre sus principales causas la combinación de elementos internos como humedad de suelos, geología y topografía, entre otros. Entre los elementos externos fueron señalados el clima y los sismos, que en suma causan mayor incidencia en los desastres naturales, incrementando el impacto negativo en el contexto económico/social de la región y el país.

Por tanto, es determinante identificar, así como determinar las posibles causas, el estado y las medidas que deben tenerse en cuenta para prevenir oportunamente estos daños. Como punto de partida, se consideró las zonas de riesgo y los deslizamientos ocurridos en la carretera interprovincial (3S) que lleva a Huancavelica, identificándose el sector de Izcuchaca exactamente km -22, como la zona más susceptible de esta carretera, donde se observan muchos deslizamientos de masas.

Es así como, el presente estudio se realizó cumpliendo las exigencias del método de investigación científica, comenzando por identificar y diagnosticar el estado geográfico, definiendo también, las variables de estudio de los cuales lo sometemos a métodos de análisis. La investigación comprende 5 capítulos, tal como se describe en las líneas siguientes:

En el capítulo I, concerniente al problema de investigación, se fundamentara la sistematización y formulación del planteamiento del problema, considerando el problema general y los problemas específicos, también se desarrollara la justificación, las delimitaciones, y limitaciones; además se plantearan los objetivos, teniendo en

cuenta el objetivo general y los objetivos específicos.

En el capítulo II, referente al marco teórico, en el que se considera a la reseña histórica, antecedentes tanto nacionales como internacionales, definición de términos, normatividad y el marco conceptual, además de plantear la hipótesis general e hipótesis específicas, también se definirá a las variables, y finalmente se realizará la definición operacional de las variables.

En el capítulo III, correspondiente a la metodología, en el cual se plantea el método de investigación, el nivel y diseño de investigación, tipo de investigación, también se determina la población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos y seguidamente, el análisis y procesamiento de datos considerando la fase de pre campo, fase de campo y la fase de gabinete.

En el capítulo IV, correspondiente a los resultados, se mencionarán los resultados que se obtuvieron de acuerdo a los ensayos de laboratorio, teniendo en cuenta los objetivos generales y los objetivos específicos de la presente investigación.

En el capítulo V, correspondiente a la discusión de resultados, en este capítulo se contrastará la interpretación de resultados, con la hipótesis y los antecedentes de la presente.

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

Alexander Carlos Emilio Mori Palacios.

Investigador

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

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

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

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

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

En la carretera Interprovincial Mariscal Cáceres Huancayo – Huancavelica tramo Acostambo Izcuchaca el problema que se evidencia constantemente es el deslizamiento de rocas y material suelto lo cual viene generando diversos accidentes de tránsito y retraso en los viajes.

## **1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General**

- a) ¿Cómo influye las tensiones geostáticas en la estabilidad de talud carretera Acostambo Izcuchaca 2020?

### **1.2.2. Problema específico**

- a) ¿Cómo influye el espesor de las capas de suelo en la estabilidad de talud?
- b) ¿Cómo influye la presión lateral en la estabilidad de talud?
- c) ¿Cuál es el efecto del nivel freático en la estabilidad de talud?

## **1.3. Justificación**

### **Social**

La investigación se justifica en la parte práctica ya que con la aplicación de los conocimientos de la ingeniería se presente solucionar el problema de colapso de taludes que se tiene en diferentes carreteras de nuestro país.

### **Metodológica**

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

#### **1.4. Delimitaciones**

##### **Espacial**

La investigación, se realizó en la región Junin, Provincia de Huancavelica, Distrito de Izcuchaca, Carretera Acostambo – Izcuchaca km-22 carretera (3S)

##### **Temporal**

La investigación se realizó en el presente año 2020, específicamente entre los meses de Julio a noviembre.

##### **Económica**

Para el desarrollo de la presente investigación: Influencia de las tensiones geostaticas en la estabilidad de talud carretera Acostambo Izcuchaca. Es financiado por el tesista en su totalidad: Bach. Alexander Carlos Emilio Mori Palacios.

#### **1.5. Limitaciones**

##### **Económica**

Para la presente investigación, se tiene una limitación económica, por las pruebas de laboratorio ya que, si se quiere emplear estas técnicas en otra provincia o región, requieren de estudios y costos adicionales.

##### **Temporal**

La presente investigación, se realizo en el presente año 2021, En la carretera Acostambo Izcuchaca km-22.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

- a) Determinar la influencia de las tensiones geostaticas de talud carretera Acostambo Izcuchaca 2020.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Cuanto influye el espesor de las capas del suelo para la estabilidad del talud.
- b) La presión lateral tiene una influencia directa sobre el talud.
- c) Identificar la influencia del nivel freático en la estabilidad de talud

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Reseña Histórica**

El conocimiento de la ocurrencia de deslizamientos en el pasado en el área de interés constituye un buen punto de partida para la detección y evaluación de potenciales deslizamientos en el futuro. En general, las áreas donde estos fenómenos ya han ocurrido en el pasado son altamente susceptibles a que los mismos se repitan. Entre las fuentes de información para conocer sobre deslizamientos en el pasado, están las reseñas de deslizamientos publicados en periódicos locales, revistas nacionales o internacionales especializadas en el tema, mapas de zonificación de casos ocurridos de inestabilidad geológica, inventarios de riesgos geológicos, entre otros.

A nivel regional, la geología controla los aspectos genéricos del relieve y la topografía de un área lo cual permite estimar su susceptibilidad al movimiento. En general, los deslizamientos pueden ocurrir en cualquier tipo de relieve si las condiciones están dadas. Sin embargo, la experiencia de trabajar y observar distintos tipos de terrenos ha demostrado que los deslizamientos son más comunes en ciertos tipos de geografía y menos comunes en otros. Una breve descripción de las características de estos relieves se incluye a continuación.

La falla de taludes y licuefacción de suelos constituyen uno de los principales efectos causados por los sismos, que puede afectar de modo desfavorable obras hechas por el hombre generando grandes pérdidas materiales y hasta humanas. La gran mayoría de las fallas de taludes durante sismos se deben al fenómeno de licuefacción en

suelos no-cohesivos. Sin embargo, fallas en suelos cohesivos también han sido observadas durante eventos sísmicos. (Organización panamericana de la salud, 1998). (1)

## 2.2. Antecedentes internacionales

**Tesis: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCAS. SIMULACIÓN CON LS-DYNA Y COMPARACIÓN CON SLIDE"**". Del Bach Ramos Vasquez sustento en el año 2017, en La Universidad Politécnica De Madrid – Departamento De Ingeniería Geológica y Minera, Escuela Técnica Superior De Ingenieros de Minas y Energía; Con la finalidad de optar el Título de Master Universitario En Ingeniería Geológica. que consistió en:

Evaluar la determinación de la estabilidad de los taludes de una mina a cielo abierto utilizando el programa LS-DYNA teniendo especial atención en cómo afecta el incremento de presiones la deformación plástica efectiva del talud, además de los esfuerzos cortantes y los desplazamientos. A partir de la relación entre la resistencia a cortante de los macizos rocosos, obtenida a partir de un análisis estructural y los resultados de simulación, que representan el estado de esfuerzos de los macizos, se obtuvieron los factores de seguridad estos se comparan con los resultados obtenidos de una simulación paralela, en el programa SLIDE de ROESCIENCE, un programa comercial utilizando comúnmente en la industria para con este fin y con la cual se pudieron apreciar los beneficios de la utilización de programas LS-DYNA.

En la actualidad para el análisis de estabilidad de taludes, se recurre a métodos de equilibrio límite especialmente los métodos de rebanadas. Estos métodos son eficientes en problemas sencillos, siendo sus resultados semejantes a los de modelos numéricos, además, estos simplifican el tratamiento de datos, análisis de sensibilidad y estadísticos.

Los métodos que satisfacen las condiciones de equilibrio, proporcionan coeficientes de seguridad que no difieren más de un 5% del valor exacto.

**Tesis: “Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra del Proyecto PACALORI”**, Del Bach Espinoza Duran, y otros, 2013 en Universidad de Cuenca - Facultad de Ingeniería, escuela de Ingeniería Civil; Donde el trabajo experimental concluye:

El contenido de agua presente en la masa del suelo contribuye a la disminución de la estabilidad de taludes, ya que saturan los suelos disminuyendo la cohesión de sus partículas. Esto es observable en la marcada diferencia del factor de seguridad entre el estado de carga final de construcción y operación. No existe un procedimiento que proporcione un factor de seguridad totalmente confiable, por lo que se realizó el análisis de estabilidad usando varios métodos, para obtener un rango de valores en los que el más conservador fue derivado del método de Janbu y el más alto fue otorgado por el método de Bishop, por ende, el resto de factores se encuentran en este intervalo. Debido a sus características geométricas, Macul 1 es una presa de Categoría III por lo que, los factores de seguridad admitidos se encuentran entre 1.10 – 1.20 así, el factor de seguridad mínimo calculado fue de  $FS=1.279$  (Janbu) para el estado de carga operación, pudiendo de esta manera concluir que la presa estudiada es estable y segura. Debido a que el estado de carga operación presenta los factores de seguridad más críticos, éste debe ser el que gobierne la elección de las pendientes que tendrán los taludes. Para el estado de carga final de construcción se ha realizado el análisis de estabilidad en el talud más empinado (aguas abajo); encontrando que es estable y seguro ( $FS=2,104$ ), por lo que se puede concluir que el talud aguas arriba también lo será debido a que es más tendido.

### **2.3. Antecedentes nacionales**

**Tesis: “ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE SUELOS DE GRAN ALTURA EN LA MINA ANTAPACCAY”**, el Bach. Mendoza Loayza, sustento su trabajo de tesis en el año 2016, en La Pontificia Universidad Católica del Perú- Facultad de Ciencias E Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, donde determina:

De todos los análisis realizados, se eligió aquella sección que superaba ligeramente los criterios de aceptabilidad,  $FS>1.3$  en condiciones estáticas y  $FS> 1.0$  en condiciones pseudoestáticas. Las características de dicha sección era:  $37^\circ$  de ángulo

de banco, 28° de ángulo global, 10 m. de altura de banco y 4.2 m de ancho de banco, además se incluyó una plataforma de 20 m de ancho a mitad del talud. Los factores de seguridad mínimo a nivel de banco resultan 1.937 y 1.419 a nivel global en condiciones estáticas; mientras que, en condiciones pseudoestáticas 1.525 a nivel de banco y 1.084 global. Todos elegidos de los tres métodos de cálculo de factores de seguridad Por otro lado, se puede afirmar que el análisis en el que se consideran todos estratos presentes en el talud era realmente necesario. Por este motivo, no bastaba con asumir que todo el suelo era un estrato único tal como se hizo durante la elaboración de fases de minado. El análisis de la sección con estas condiciones no cumple ni con los criterios de aceptabilidad para las condiciones estáticas. El FS en el mejor de los casos, realizando los retaludamientos, resulta 1.002. En cuanto los métodos para determinar los factores de seguridad se puede concluir que, si bien es cierto se obtiene FS distintos, los valores son muy cercanos. Para una misma sección, la gran mayoría de FS no existen variaciones mayores al 5 % entre los valores más altos y más bajos obtenidos. Excepcionalmente, se presentan algunas variaciones de 7%. Por tal motivo, puede afirmar que el grado de precisión entre los tres métodos es similar.

**Tesis “INESTABILIDAD DE TALUDES EN EL SECTOR DE SANTA BÁRBARA DE LA CIUDAD DE HUANCVELICA”**, el Bach. Ochoa Quispe, sustento en el año 2016, en La Universidad Peruana Los Andes - Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. Donde estudia:

Los sub sectores de Yuraccrumi, Asequia Alta, Motoy Huaycco, Manzanayocc, Arbolitos y Puchccoc bajo los parámetros pasivos o internos( Pendiente, Humedad del suelo, Litológico) poseen una susceptibilidad media, bajo los parámetros pasivos + + lluvia poseen una susceptibilidad media, bajo los parámetros pasivos + sismo poseen una susceptibilidad mediana y bajo los parámetros pasivos y activo (lluvia y sismo) una susceptibilidad mediana.

Del análisis estático los sub sectores de Yuraccrumi Manzanayocc, Arbolitos y Puchccoc son estables por tener  $FS > 1$ , por el contrario los sub sectores de Asequia Alta y Motoy Huaycco son inestables por tener  $FS < 1$ . Del análisis Dinámico para un sismo de 6.7 la variación de los factores de seguridad obtenidos en esta tesis los taludes de los taludes FS nunca bajo de 1.25.

Para los sub sectores de Yuraccrumi, Manzanayocc, Arbolitos y Puchccoc considerándolos de esta manera como estable, por su parte los sub sectores de Asequia Alta y Motoy Huaycco son inestables al tener varias fluctuaciones por debajo de 1.25.

Los factores internos determinantes que tienen más ponderaría para la inestabilidad de taludes en nuestra área de estudio son la pendiente por presentar pendientes de 30 a 140% y la litología.

De los dos factores externos analizados se pudo observar que las precipitaciones no tienen gran implicancia para la inestabilidad de taludes, cabe recalcar en estos ítems que no se realizó análisis de acumulación de lluvias, por su parte el factor sismo tiene una gran ponderación ya que en su ocurrencia existe una probabilidad de falla de los taludes inestables.

El modelo de estabilización más eficiente para la estabilización es el sistema flexible de mallas de acero y pernos de anclaje el cual si garantiza la estabilidad de los taludes **al incrementar su factor de seguridad.**

## 2.4. Normatividad

La presente investigación, se desarrollará teniendo en cuenta:

Normal Técnica CE.020 de estabilización de suelos y taludes. Aprobado con Resolución Directoral N° 142-2018-VIVIENDA/VMCS-DGPRCS con fecha 14 de agosto del 2018. La norma técnica establece las consideraciones técnicas mínimas, para el mejoramiento requerido de la resistencia de los suelos y de la estabilidad de taludes, mediante métodos químicos mecánicos o de modificación topográfica. (Norma CE.020, 2018). (8)

El Manual de Ensayo de Materiales, tiene por finalidad estandarizar los procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio, que son utilizados en los proyectos de infraestructura vial, con el objetivo es garantizar su

comportamiento, y que se alcance los estándares de calidad propuestos en los estudios, para las obras y actividades de mantenimiento vial. (Manual de ensayos de laboratorio, 2016) (9)

El Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su Sección Suelos y Pavimentos, forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC, el cual propone como una guía y herramienta para los Ingenieros relacionados al tipos de suelos que soportan los taludes, tomando en cuenta la experiencia y estudio sísmico y las características y comportamiento de los materiales encontrado en situ y de acuerdo a las condiciones específicas de los diversos factores que inciden en el desempeño de los suelos y taludes,. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013). (10)

Manual de carreteras. Aprobado por Resolución Directoral N° 17-2013-MTC/14 con fecha lima 10 de Junio 2013, la conservación de carreteras incluye las actividades de conservación de la plataforma de los taludes, de las calzadas, de las bermas , del drenaje superficial , del drenaje subterráneo , de los muros , delos túneles ,de los puentes, de las señalización vial, de las obras complementarias y del derecho de vía , las actividades de conservación vial serán denominadas secciones, con el de asegurar la estabilidad, durabilidad, el uso racional de los recursos naturales . (Manual de carreteras, 2013). (11)

## **2.5. Marco conceptual**

### **Teorías de investigación**

Para resolver un problema de estabilidad es necesario tener en cuenta las ecuaciones de campo y los vínculos constitutivos. Las primeras tienen que ver con el equilibrio, mientras que los vínculos describen el comportamiento del terreno. Tales ecuaciones son particularmente complejas ya que los terrenos son sistemas multifase, que se pueden convertir en sistemas monofase solo en condiciones de terreno seco ,o de análisis en condiciones drenadas, pero en la mayor parte de los casos nos encontramos con suelos que además de saturados , son también bifase, lo que vuelve notoriamente complicado el análisis de las ecuaciones de equilibrio.

Según el método de bishop (1955) con este método se toman en cuenta todas las fuerzas actuantes en los bloques. fue el primero en describir los problemas relacionados con los métodos convencionales.

El método de Jambu (1967), extendió el método de bishop a superficies de deslizamiento de cualquier forma. Cuando se tratan superficies de deslizamiento de cualquier forma el brazo de las fuerzas cambia (en el caso de las superficies circulares queda constante e igual al radio), por este motivo es mejor valorar la ecuación del momento respecto al Angulo de cada bloque.

Y el método de Bell (1968), nos dice que las fuerzas sobre el cuerpo resbaladizo incluyen el peso efectivo del terreno  $W$ , las fuerzas sísmicas pseudo estáticas horizontales y verticales  $K_x, W_e, K_y, W$ , las fuerzas horizontales y verticales  $X$  y  $Z$  ampliadas externamente al perfil de talud, en fin, el resultado de los esfuerzos totales normales y agentes en la potencial superficie de deslizamiento, el esfuerzo total normal puede incluir un exceso de presión de los poros uo que se debe especificar con las introducción de los parámetros de fuerza eficaz. Prácticamente este método se puede considerar como una extensión del método del circulo de rozamiento en secciones homogéneas anteriormente descrita por Taylos. De acuerdo con la ley de la resistencia de Mohr-Coulomb en términos de tensión efectiva.

## **2.6. Definición de términos**

### **Suelo**

Son agregados naturales compuestos de partículas de uno o más minerales, con fuertes uniones cohesivas permanentes, que constituyen masas geológicamente independientes y cartografiables. (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 8)

### **Análisis mecánico de suelos**

El análisis mecánico es la determinación de la gama de tamaños de partículas presentes en un suelo, expresados como un porcentaje del peso seco total (o masa). Generalmente se utilizan dos métodos para encontrar la distribución de tamaño de

partícula de suelo: (1) análisis de tamiz para tamaños de partículas mayor de 0.075 mm de diámetro, y (2) análisis de hidrómetro para tamaños de partículas más pequeñas que 0.075 mm de diámetro. (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 33)

Los principios básicos del análisis de tamiz y el análisis de hidrómetro serán descritos a continuación:

### **Forma de la partícula**

Es de suma importancia considerar la forma de las partículas que se encuentran en la masa de un terreno, ya que ejercen una influencia considerable en las propiedades físicas del mismo, considerándose un dato tan útil como lo es la distribución de tamaño de partícula, aun cuando representa un proceso complejo realizar su medición. Puede dividirse la Forma de la Partícula en tres importantes categorías: 1. Voluminosa, 2. Escamosa y 3. Nodulosa. En cuanto a las partículas voluminosas son formadas generalmente por intemperismo mecánico. Otros términos tales como subangular, angular, redondeada y subredondeada, son usados por los geólogos para referirse a la forma de las partículas voluminosas. Dichas formas se observan en la figura 2.22. (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 45).

### **Consistencia del suelo**

La naturaleza del comportamiento del suelo se sustenta sobre una base arbitraria, según la cual dependiendo del contenido de humedad se influenciará su consistencia. Por ejemplo, la combinación de humedad y materiales de arcilla en el suelo de grano fino, causará remoción del mismo según la proporción de agua. De acuerdo al desarrollo del científico sueco Albert Mauritz Atterberg (1900), cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido, sin embargo, cuando un contenido de humedad muy bajo, el suelo será más sólido y quebradizo, este fue estudio permitió además dividir la consistencia del suelo en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 64).

### **Limite liquido (LL)**

Este mecanismo reside en una copa de latón y una base de goma dura. La copa de

latón podrá soltarse sobre la base por una leva operada por una manivela. Adicionalmente, para realizar la prueba de límite líquido, será colocada una pasta de suelo en la copa y se hará un corte en el centro de la pasta de suelo, empleando un utensilio de ranurado estándar (figura). Luego la copa se elevará con la leva accionada por la manivela y se dejará caer desde una altura de 10 mm. El contenido de humedad, en porcentaje, necesario para cerrar una distancia de 12.7 mm a lo largo de la parte inferior de la ranura (ver las figuras 3.9c y 3.9d) después de 25 golpes, es definido como el límite líquido (LL). (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 67).

### **Límite plástico (PL)**

Hace referencia al porcentaje del contenido de humedad presente en el suelo que al enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro se desmorona. También se define como el límite inferior del escenario plástico del suelo. Es una prueba sencilla realizada mediante rodados repetidos por parte de una masa de tierra de tamaño elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado.

Por otra parte, el índice de plasticidad (PI) corresponde a la diferencia establecida entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (PL) de un suelo. Para realizar la prueba de límite plástico se debe seguir el procedimiento establecido en la norma ASTM, Designación ASTM D-4318 (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 65).

### **Límite de contracción (SL)**

Es cuando se contrae la masa de suelo mientras que éste va perdiendo humedad lentamente. Conforme progresa dicha pérdida de humedad se alcanzará un estado de equilibrio, hasta el punto en el que más pérdida de humedad no dará lugar a ningún cambio de volumen adicional (figura 3.16). De igual manera, se puede definir el Límite de Contracción (SL) como el porcentaje de contenido de humedad en el que el cambio de volumen de la masa de suelo acaba.

Las pruebas de SL) se realizan en un laboratorio con un plato de porcelana de 44 mm de diámetro y aproximadamente 13 mm de altura, de acuerdo al siguiente orden: el interior de la cápsula se recubre con gelatina de petróleo y luego se llena completamente con el suelo mojado, posteriormente, se retira el exceso de suelo por encima del borde de la placa con ayuda de una regla y se registra la masa del suelo húmedo en el interior del plato y finalmente, la porción del suelo en el plato es secada

en un horno, es importante destacar que el volumen de la porción de tierra secado al horno se determinará según el desplazamiento de mercurio. Sin embargo, por los peligros asociados al manejo de mercurio este procedimiento (Designación ASTM D-427) fue descontinuado en el año 2008. De acuerdo a la Designación ASTM D-4943 puntualiza un método de inmersión de la porción de suelo secado en el horno en una olla de cera fundida, donde al enfriarse la porción de suelo encerado se determinará su volumen sumergiéndola en agua (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 70).

## **Plasticidad**

Los límites líquido y plástico se obtienen mediante análisis de laboratorios básicamente simples brindando datos relevantes respecto a la naturaleza de los suelos cohesivos. Dichas pruebas representan una herramienta útil para ingenieros y personal técnico ya que permiten correlacionar diversos parámetros físicos del suelo, así mismo, favorece la identificación del suelo. Por otra parte, Casagrande (1932) realizó estudios afines a la razón del índice de plasticidad con el límite líquido, dentro de gran diversidad de terrenos o suelos naturales y de acuerdo a sus resultados presentó una carta de plasticidad, la cual proporcionó información de significativo valor, siendo considerada actualmente como la referencia básica para clasificar los suelos en el Sistema de Clasificación Unificado de Suelos. Ver figura 3.19. La propiedad más resaltante de este cuadro está en la línea A empírica que está dada por la ecuación  $PI = 0.73 (LL - 20)$ . La línea A separa las arcillas inorgánicas de los limos inorgánicos. Por otra parte, las gráficas de los índices de plasticidad contra límites líquidos de arcillas inorgánicas se observan por encima de la línea A, y las de limos inorgánicos se observan por debajo de esta línea. Los limos orgánicos se grafican en la misma región (por debajo de la línea A y con LL que va de 30 a 50), como los limos inorgánicos de compresibilidad media. Finalmente, las arcillas orgánicas se grafican en la misma región que los limos inorgánicos de alta compresibilidad (por debajo de la línea A y LL mayor de 50). (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 73)

## **Compactación del suelo**

Se define como la consolidación o fijación del suelo originada al suprimir el aire, empleando para ello la energía mecánica. Para conocer el nivel de compactación del

suelo debe considerarse los términos de su peso unitario seco. En ese sentido, al añadir cantidades de agua a la tierra mientras se realiza la compactación causará que se suavicen las partículas del suelo, posteriormente se deslizarán y moverán unas sobre las otras tomando forma de empaque denso. Es así como el peso unitario seco aumentará después de la compactación como primera fase, pero a medida que se aumenta el contenido de humedad tiende a reducir (figura 5.1), esto ocurre ya que el agua llenará los espacios que fueron ocupados por partículas sólidas. Adicional a ello, se estableció como contenido de humedad óptimo, el nivel de contenido de humedad obtenido al alcanzar el peso unitario seco máximo. (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 73)

### **Las sobrecargas estáticas y las cargas dinámicas**

Las cargas estáticas recaen sobre los taludes alterando la distribución de energía, causando en consecuencia, una inestabilidad de alto riesgo. Ejemplos de ello, son el peso que ejercen los edificios, la carga de vehículos pesados, así como también los rellenos. Al ocurrir todo esto en la cumbre de los taludes, representa una fuerza mayor a su capacidad, por lo tanto se convierte en aumento de cargas desproporcionadas.

En relación a las cargas dinámicas, son causadas en su mayoría por sismos, ya sean naturales o provocados, así como también, por vibraciones originadas por voladuras cercanas al talud. Los efectos o consecuencias más relevantes son fracturas, desprendimientos de rocas y poca resistencia. Cuando ocurren movimientos telúricos de mayor escala, podría causarse de forma inmediata la rotura general en el talud si existe predisposición por antecedentes de inestabilidad (Vallejo, 2004 págs. 438-439).

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

Es el total de agua contenida en un elemento determinado o material, entre ellos están el suelo, la cerámica, rocas, o madera, los cuales son medidos sobre la base de análisis volumétricos o gravimétricos. Esta medición es utilizada ampliamente por distintas áreas tanto técnicas como científicas, siendo expresada en una escala que va desde cero 0 (seca) hasta el punto de saturación, donde se obtiene el valor de la porosidad de los materiales (Lambe, y otros, 1996).

### **CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)**

El valor CBR, se puede obtener al calcular la relación entre la carga unitaria (lbs./pulg<sup>2</sup>.) requerida para alcanzar cierto nivel de profundidad de penetración del pistón (19.4 cm<sup>2</sup>), una vez dentro de la muestra de suelo compactado, contra el contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs./pulg<sup>2</sup>) necesaria para conseguir la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material. (Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, 2013). (10)

### **Grado de saturación**

Equivale al grado o porción de presencia de fluidos, como agua, petróleo o gas en los espacios libres o vacíos de una roca o suelo, siendo generalmente expresado en forma de porcentaje en relación con el volumen total de espacios vacíos, técnicamente representado de la siguiente manera: Relación porcentual entre (a) el volumen de agua en una masa de suelo y roca, y (b) el volumen total de espacios intergranulares (vacíos). (Duque, 2017)

### **Porosidad**

Es una característica de disparidad o rugosidad visible en una superficie determinada, representando discontinuidades que pueden contribuir a elevar o disminuir la resistencia de los elementos frente a una fuerza externa aplicada (Suarez, 2013).

### **Relación de vacíos**

Expresa 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 inicia en una escala menor a 1 y puede obtener progresivamente altos valores. (Duque, 2003).

### **Gravedad específica**

Es la relación entre el peso y volumen de un material determinado, con el peso de igual volumen de otro elemento que será usado de forma estandarizada. Un ejemplo de ello es el uso de agua ( $H_2O=1$ ) como elemento estándar para líquidos y sólidos, mientras que para gases, el elemento estándar es usualmente el aire ( $air=1$ ).

(Duque, 2003).

## **talud**

Perfil obtenido luego de realizar el terraplenado o excavaciones, que posee una inclinación o ángulo de contención con la horizontal, conocido como ángulo de talud. (RNE, 2014).

### **Partes de un talud**

- **Pie:** También es llamado base o pata. Es el área de forma cóncava y pronunciada de la pendiente, que como su nombre lo indica, está ubicado en la parte inferior o base del talud.
- **Cabeza:** Corresponde al cambio brusco de la parte alta del talud, siendo mayormente de forma convexa. Otros nombres que posee son: Cresta, escarpe o cima. En caso de tratarse de una alta pendiente o pendiente semivertical, se les llama escarpe, los cuales podrían coincidir con coronas de deslizamientos.
- **La Altura:** Está comprendida por la distancia existente entre sus principales partes: pie y cabeza, medida verticalmente. Dicho valor puede definirse en taludes artificiales sin inconvenientes, sin embargo, es compleja para cuantificar la altura en las laderas debido a que el pie y la cabeza no poseen características topográficas muy marcadas.
- **Altura de nivel freático:** Es el trecho (vertical) que va desde la base del talud hasta el nivel de agua o presión atmosférica. Para calcular su valor, es frecuente medirla por debajo de la cabeza del talud.
- **Pendiente:** equivale a grado o nivel de inclinación que posee la superficie del talud. Los suelos más firmes formarán taludes de grandes pendientes y en caso de ser suelos de poca fuerza o blandos, tendrán taludes de pequeña pendiente. Su medición puede ser en porcentaje, grados o por relación m:1, donde m es la distancia horizontal correspondiente a una unidad de distancia vertical. Ejemplo:  $45^\circ = 100\% = 1H:1V$  (Corrales, 2013).

## **Tipos de talud**

- Naturales: corresponde a formaciones creadas de forma natural, mediante cambios geológicos ocurridos a través de la historia.
- Artificiales: Son aquellos en los que ha intervenido la acción del hombre para crearlos, siendo necesarios para construir represas, vías y carreteras, ferrocarriles, entre otros, pueden ser llamados Terraplenes, taludes o cortes (NSR-10 Cap H.1).

## **Estabilidad de taludes**

Para garantizar la estabilidad de un talud cuando ha sufrido una rotura o deformación que afecten su estructura, es necesario tomar acciones de estabilización, tales como análisis geológicos e hidrogeológicos, de rigor, realizar las investigaciones insitu para identificar las fallas con mayor detalle, respaldado con ensayos de laboratorio para definir los parámetros geotécnicos de la masa, y analizar factores humanos y ambientales relacionados al hecho.

Igualmente, es ineludible aplicar medidas de estabilización cuando requiera excavarse un talud que posea mayor ángulo del correspondiente a la propia firmeza del suelo, ya sea por razones medioambientales, de construcción, económicas o de cualquier otra índole (Luis I. González de Vallejo, 2004 pág. 471).

## **Inestabilidad de taludes**

Un talud puede presentar inestabilidad al producirse un desnivel, el cual tiene su origen de acuerdo a las siguientes causas:

- Fallas geológicas: probable inconsistencias en laderas, estratificación, meteorización y orografía acusada, entre otros.
- Variación del nivel freático: Este tipo de inestabilidad es causada por acción del hombre al realizar obras de construcción y afines, y adicionalmente, por situaciones estacionales.

Tomando en cuenta que los taludes pueden ser de tierra o roca, su estabilidad debe ser estudiada de distinta forma, ya que el material del que estén compuestos es clave para determinar su resistencia. Asimismo, se debe considerar las discontinuidades así como los empujes a los que se ven expuestos (Luis I. González de Vallejo, 2004).

### **Tipos de rotura en suelos**

En suelos, los taludes tienden a romperse en sentido de superficies curvas, de distintas formas, según su tipo de morfología y estratigrafía, puede ser:

- aproximadamente circular : Es el tipo de rotura más recurrente, originado por deslizamiento de la base o pie, debido a que el talud está formado por un suelo homogéneo o por varias capas de propiedades geotécnicas homogéneas.
- casi circular (ocurre por debajo de la base o pie del talud). Corresponde a un deslizamiento de gran profundidad que origina la inestabilidad en el talud.

La presencia de capas de diferente capacidad es una de las condiciones que predispone la inestabilidad del talud, dando lugar a una rotura orientada sobre una superficie plana o sobre una superficie poligonal, conformada de ciertas capas planas.

Adicional a ello, hay roturas de taludes en terrenos sobre un único plano paralelo al talud, aun cuando son menos frecuentes pueden ser un ejemplo válido para los casos de rotura, en laderas naturales que poseen capas de suelos sobre rocas o puede ser también, el caso de taludes de material rocoso, donde existen porosidades paralelas al talud, las cuales generalmente no logran alcanzar la cima o cabecera del talud.

El Modelo de talud “Infinito” con relación al grosor del suelo que rompe, sucede cuando la longitud del talud o ladera puede aplicarse en muchas laderas naturales, siendo la superficie de rotura determinada por el contacto, usualmente paralelo al talud, entre el suelo superficial (o coluvial) y la roca subyacente. (BRAJA M. DAS, 2015 pág. 210).

## **Factor de Seguridad (F.S.)**

Este elemento de seguridad que permite a los ingenieros conocer el nivel de riesgo y amenaza para un talud bajo las más extremas situaciones en función de evaluar su comportamiento y resistencia, de acuerdo a los objetivos para el cual fue diseñado. El factor de seguridad fue definido por (Fellenius, 1922) como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que intentan producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla.

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

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

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

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

## **2.7. Hipótesis**

### **2.7.1. Hipótesis general**

- a) Las tensiones geostáticas influyen en la estabilidad del talud de la carretera Acostambo Izcuchaca 2020.

### **2.7.2. Hipótesis específico**

- a) La determinación del espesor de las capas de suelo mediante un estudio de suelos sirve para determinar la influencia en la estabilidad de talud.
- b) La determinación del valor de la presión lateral permite el análisis de la estabilidad de talud.
- c) El cálculo del nivel freático mediante un agujero barrenado en el suelo permite establecer la influencia en la estabilidad de talud.

## **2.8. Variables**

### **2.8.1. Definición conceptual de variable**

#### **Variable independiente (X): Tensiones Geostaticas**

Es el aumento de presión y se basa en la presión ejercida por la existencia de las capas de suelo suprayacentes

#### **Variable dependiente (Y): 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.

## 2.8.2. Definición operacional de variable

**Tabla 01**

*Definición operacional de variable.*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
<b>Variable independiente:</b> <b>Tensiones Geostaticas.</b>	Es el aumento de presión y se basa en la presión ejercida por la existencia de las capas de suelo suprayacentes	El análisis de tensión se basa en la existencia de las capas de suelo especificadas .	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesor de la capa de suelo</li> <li>• Presión lateral</li> <li>• Nivel freático</li> <li>• Densidad</li> <li>• Porosidad</li> </ul>	M MPa S/U g/cm <sup>3</sup> %
<b>Variable dependiente:</b> <b>Talud.</b>	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.	Se realizó la excavación de 01 calicata, para obtener las muestras de suelo.  Se realizó los ensayos de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angulo de talud</li> <li>• Angulo de reposo</li> <li>• Geometría del talud</li> </ul>	Grados (°) Grados (°) m

**Fuente:** Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1. Método de investigación**

Para el desarrollo de la investigación se utilizará el método científico basado en un procedimiento que se realiza en forma ordenada tanto para la toma de datos como para el procesamiento e interpretación de resultados. El tipo de investigación es aplicada, ya que busca solucionar los problemas que se presentan en la inestabilidad de taludes. Perteneció al nivel de investigación explicativo – correlacional porque por medio del presente estudio se pretende explicar y analizar la relación que existe entre la variable independiente y la variable dependiente y el diseño es cuasi experimental describiendo el procedimiento de la toma de datos y el procesamiento de la información con la finalidad de buscar la relación de las variables. El pilar básico del método científico es la reproducibilidad, es decir, la capacidad de repetir un determinado experimento. (Sampieri, Fernández Collao, & Baptista Lucio, 1997).

#### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación corresponde según su finalidad a una investigación Aplicada, según su énfasis es cuantitativa. Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. (Vargas Cordero, 2009).

### **3.3. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es explicativo correlacional, porque por medio del presente estudio se pretende explicar y analizar la relación que existe entre la variable independiente y la variable dependiente.

El diseño de la investigación para la presente tesis es cuasi experimental ya que describe el procedimiento de la toma de datos, así como el registro de toda la información con la finalidad de buscar la relación de las variablea.

### **Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población para la presente investigación está constituida por los pobladores de carretera Interprovincial Mariscal Cáceres – Huancayo – Huancavelica.

#### **3.5.2. Muestra**

La investigación toma una muestra no probabilística por lo tanto no aleatoria y está conformada por 500 metros de la carretera Interprovincial Mariscal Cáceres – Huancayo – Huancavelica comprendida entre la progresiva km 20 al km 26 Izcuchaca.

### **3.4. Técnicas, instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos**

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

## **Instrumentos:**

- > Formatos de ensayos de laboratorio.
- > Fichas de registro de datos.
- > Guía de observación o de campo

### **3.5. Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de datos se utilizó los softwares tales como civil 3D, slide v6.0, Geotable , Hojas de Exel y Word.

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

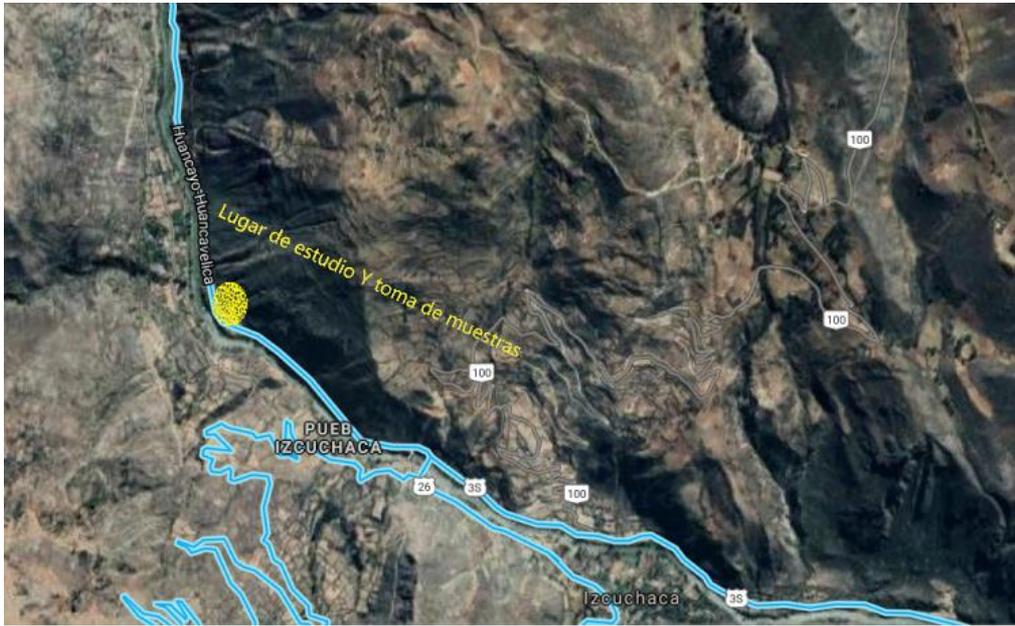
La tabulación, análisis e interpretación de datos se realizó con la herramienta de cálculo Excel y la simulación de este mismos en Slide v6.0. También se contrastaron los resultados obtenidos con la norma técnica CE.020 de Estabilización de Suelos y Taludes.

#### **3.8.1. Fase de pre campo**

Se realizó la revisión bibliográfica de diferentes tesis, que servirán como información preliminar para la presente investigación.

También se revisaron revistas, artículos científicos y guías, relacionado a la estabilización de taludes y estabilidad geostática y su comportamiento ; además se revisó normas y manuales referidos a la estabilización, como: Manual de carreteras, Manual de ensayos de laboratorio, Manual de carreteras suelo, geología, geotecnia y pavimentos, norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes, con el fin de aplicar los conocimientos previos a la realización de la presente investigación.

Se ha seleccionado la vía carretera Acostambo - Izcuchaca (3S) km 22.



**Figura 01.** Carretera(35) Huancayo – Huancavelica tramo Acostambo - Izcuchaca

También se elaboró instrumentos de recolección de datos, tales como:

### Análisis granulométrico

**Tabla 02**

*Formato para el análisis granulométrico*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO		
TAMIZ	ABERTURA (MM)	% QUE PASA
3"	75.000	
2"	50.000	
1 1/2"	37.500	
1"	25.000	
3/4"	19.000	
3/8"	9.500	
N°4	4.750	
N°10	2.000	
N°20	0.850	
N°40	0.425	
N°60	0.250	
N°140	0.106	
N°200	0.075	

**Fuente:** Elaboración propia.

## Distribución granulométrica

**Tabla 03**

Formato para la clasificación granulométrica.

MUESTRA	PORCENTAJES		
	% GRAVA	GG %	
		GF %	
	% ARENA	AG %	
		AM %	
		AF %	
	% FINOS		
	TAMAÑO MÁXIMO DE GRAVA (PUG)		
	FORMA DEL SUELO GRUESO		
	PORCENTAJE RETENIDO EN LA MALLA 3"		
	COEFICIENTE DE CURVATURA		
	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD		

Fuente: Elaboración propia.

## Límites de consistencia

**Tabla 04**

Formato para los límites de consistencia.

MUESTRA	PORCENTAJE	
	LIMITE LIQUIDO	
	LIMITE PLÁSTICO	
	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	

Fuente: Elaboración propia.

## Proctor modificado

**Tabla 05**

Formato para el ensayo de proctor modificado

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO - MÉTODO A				
VOLUMEN DEL MOLDE				
PESO SUELO + MOLDE				
PESO DEL MOLDE				
PESO SUELO HÚMEDO COMPACTADO				
PESO VOLUMÉTRICO HÚMEDO				
RECIPIENTE N°				
PESO SUELO HÚMEDO + TARA				
PESO SUELO SECO + TARA				
TARA				
PESO DEL AGUA				
PESO SUELO SECO				
CONTENIDO DE AGUA %				
PESO VOLUMÉTRICO SECO				

Fuente: Elaboración propia, marzo 2020 *Ensayo de relación de soporte californiana CBR*

**Tabla 06**  
*Formato para el ensayo de CBR*

ENSAYO DE CBR						
ESPÉCIME N	Nº DE GOLPES	DENSIDAD SECA (GR/CM <sup>3</sup> )	EXPANSIÓN %	PENETRACIÓN (PULG)	% M.D.S	CBR %

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.2. Fase de campo

#### Levantamiento topográfico

Se realizó un recorrido por la Carretera Mariscal Cáceres (3s) del kilometro 20 hasta el kilometro 26, recorriendo un total de 600 metros, con el fin de conocer las características del talud en estudio .

Se realizó el levantamiento topográfico de la carretera Mariscal caceres tramo Acostambo -izcuchaca , teniendo en cuenta las características de la carretera (3s), pendientes, cotas y distancias, además de representar las características propias de la vía en estudio.

#### Estación Total Leica NOVA TM50

El levantamiento topográfico se realizó con estación total de marca Leyca, modelo NOVA TM50, un trípode, 01 prisma, flexometro, gps.

Primer paso, se estaciono el equipo, luego se anotó las coordenadas obtenidas del GPS, seguidamente se introdujeron los datos requeridos por la estación total.

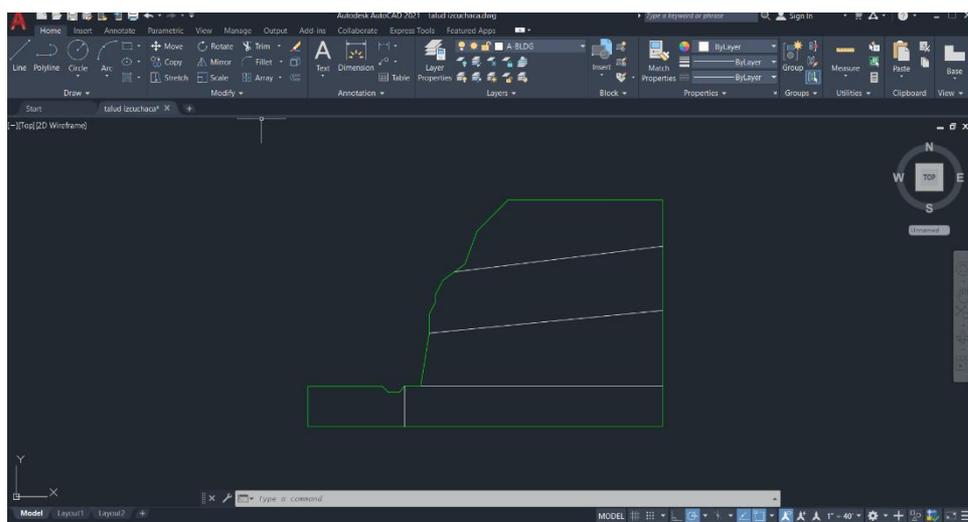
Segundo paso, se procedió a realizar el levantamiento topográfico visando los puntos más relevantes de la carretera en estudio como el eje de vía ancho de vía, canal pluvial, pontón, esquinas de terrenos colindantes a la vía en estudio.

Tercer paso, se procedió a realizar el levantamiento topográfico visando los puntos más relevantes de la vía en estudio.



**Figura 02.** Levantamiento Topográfico.

Cuarto paso, se obtuvieron los datos de la estación total, luego se exportaron los coordenadas al autocad civil, y finalmente se hacen los trasos del talud en estudio para poder así exportarlo al programa slide v6.0.



**Figura 03.** Sección 1 en AutoCAD talud en estudio.

**Calicatas y obtención de muestras de suelos** Se seleccionó el lugar donde se harán las calicatas, para obtener las muestras de sub-rasante, que posteriormente serán analizados en el laboratorio de suelos.

Para la presente investigación se realizaron 01 calicatas, en el km22 de la

carretera ACOSTAMBO-IZCUCHACA. las calicata tienen las siguientes características:

**Tabla 07**

*Características de excavación de las calicatas.*

CALICATA	PROGRESIV	LARGO (M)	ANCHO (M)	PROFUNDIDAD
<b>O1</b>	0+200	1.00	1.00	1.70

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 08**

*Ubicación de calicatas.*

Calicata	Norte	Este	Altitud
<b>O1</b>	8618796.71	499573.37	2939 msnm

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 09**

*Cantidad de muestra de suelo.*

Calicata	Cantidad
<b>O1</b>	53 kg

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 04.** Excavación de la calicata 01 progresiva 0+22



**Figura 05.** Excavación de la calicata 01 km 0+22

### 3.8.3. Fase de gabinete

#### **Ensayos de laboratorio**

**a) Ensayo de análisis granulométrico** Para determinar el análisis granulométrico se tendrá como referencia, la norma técnica peruana (NTP 339.128).

#### **Equipos:**

- ✓ Cuarteador.
- ✓ Balanza de 0.1.
- ✓ Juego de tamices 3", 2", 1 ½", 1", 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200.
- ✓ Horno de temperatura constante de 110 °C.
- ✓ Bandejas.
- ✓ brochas para limpieza de mallas.

#### **Procedimiento:**

- Tomar 50 kg aprox. de la calicata.
- Cuartear la muestra.
- Secar en el horno la muestra por 24 horas (a una temperatura de 110

°C),

- Enfriar la muestra a temperatura ambiente y separar la cantidad exacta para el ensayo.
- Disgregar los grumos (terrones) presentes en el material con la ayuda de un martillo (de goma).
- En seguida el material pasará por los tamices, realizando movimientos circulares y horizontales.
- Se anotará el peso del material retenido en cada uno de los tamices.



**Figura 06.** Ensayo de granulometría.

## **b) Ensayos para determinar límites de consistencia**

### **Límite Líquido**

Para determinar el límite líquido se tendrá como referencia, la norma técnica peruana (NTP 339.129).

### **Equipos:**

- Capsula de evaporación
- Espátula
- Copa casa grande
- Acanalador
- Calibrador
- Taras

- Estufas

**Procedimiento:**

- Se toma la muestra de suelo que pasa por la malla N° 40.
- Se deposita en una tara se le agrega agua y se procede a mezclar.
- Se coloca una porción de suelo mezclado con la espátula.
- Se procede a realizar el N° de golpes con la manivela hasta que la parte inferior de las dos porciones del suelo separadas por el acanalador se unan.
- Se toma la muestra y se vuelve a agregar agua, seguidamente se procede a realizar los pasos anteriores.
- Luego se determina cual es la humedad para 25 golpes y ese valor es el límite líquido (LL).

Los cálculos a realizarse, utilizando la siguiente formula:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

**Límite plástico e índice de plasticidad**

Para determinar el límite plástico e índice de plasticidad, se tendrá como referencia, la norma técnica peruana (NTP 339.129).

**Equipos:**

- Espátula.
- Capsula para evaporación.
- Balanza.
- Horno
- Tamiz.
- Vidrios de reloj.
- Agua destilada.

### Procedimiento:

- Se toma 50 gr aprox. de muestra q paso el tamiz N° 40, se amasa con el agua destilada, se forma una esfera y se toma unos 6 gr como muestra del ensayo.
- Seguidamente se forma esferas con la muestra y estas al ser aplastada con los dedos no debe de apegarse. En caso se va secando se añade agua.
- Luego sobre la plancha de vidrio, se forman unos pequeños cilindros.
- Si dicho cilindro llega a 3.2 mm y no se ha desmoronado se realiza lo mismo hasta lograr que se desmorone.
- Luego se junta las muestras hasta reunir un aproximado de 5 gr y se determina la humedad.

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo con la siguiente ecuación matemática:

$$I.P. = L.L. - L.P.$$



**Figura 07.** Equipos utilizados para el ensayo de límites de consistencia.

### c) Compactación proctor modificado

Para realizar el ensayo de proctor modificado se tiene como referencia normas ASTM D-1557, MTC E 115

**Equipos:**

- Molde de 6 pulgadas.
- Pisón o martillo.
- Probeta graduada de 500 cm<sup>3</sup>.
- Balanza con una aproximación de 1 gramo.
- Horno.
- Una regla metálica.
- Tamices de 3/4, 3/8 y N° 4.
- Herramientas de mezcla (bandejas, taras, cucharas, espátula).

**Procedimiento:**

- Secar el material si este estuviera húmedo, puede ser al aire libre o al horno.
- Disgregar los terrones de material fino pasando el rodillo sobre una superficie plana.
- Tamizar a través de las mallas 3/4, 3/8, y N° 4 para determinar el método de prueba (aprox. 6 kg de muestra de suelo).
- Preparar 4 muestras de 6 kg cada una.
- Agregar agua en varios porcentajes, para cada una de las muestras.
- Colocar la primera capa en el molde y aplicar 56 golpes con el pisón.
- Los golpes deben ser aplicados en toda el área, girando el pisón adecuadamente, cada golpe debe ser aplicado en caída libre, soltar el pisón en el tope, hasta completar las 3 capas.
- La última capa debe quedarse en el collarín de tal forma que luego pueda enrasarse el molde con una regla metálica quitando previamente el collarín.
- Retirar la base y registrar el peso del suelo más molde.
- Luego de pesado, extraer el suelo y tomar una muestra para el contenido de humedad, como mínimo 500 gr. Para material granular tomar la parte central del molde.
- Llevar las muestras al horno para determinar el contenido de humedad.



**Figura 08.** Ensayo de proctor modificado

#### **d) Ensayo de CBR**

Para determinar el ensayo de CBR, se tendrá como referencia ASTM D - 1883.

#### **Equipos:**

- Molde metálico cilíndrico de compactación de 15.24 cm de diámetro interior y 17.78 cm de altura interior. Debe tener un collarín de extensión metálica de 5.08 cm de altura y una placa base metálica de 9.5 mm de espesor, con perforaciones de diámetro igual o menor a los 1.5 mm.
- Martillo de compactación proctor estándar modificado.
- Máquina CBR equipada con pistón de penetración (diámetro de 4.953 cm, con sección transversal de 19.4 cm<sup>2</sup>) y capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/min y con anillo de carga de 50 KN.
- Papel filtro circular.
- Horno
- Herramientas u accesorios, recipientes llenos de agua y tamices de %, y N° 4.

### Procedimiento:

- Se preparó 6.00 kg de suelo de grano fino menor que el tamiz N° 4 de material con partículas menores de 19 mm (3/4"). Esta muestra debe de estar seca y los terrones se deben de disgregar evitando reducir el tamaño natural de las partículas.
- Pesar el molde sin su base.
- Compactar el suelo de acuerdo con la norma ASTM D 698 o D 1557.
- quitar el collarín y enrasar la muestra suavemente hasta nivelarla, llenar con suelos finos los pequeños huecos que se hayan podido formar en la operación anterior de nivelación de la muestra.
- Retirar la base, pesar el molde con el suelo compactado y determinar el peso unitario total del suelo. Nota este procedimiento es para determinar el CBR al 100% de compactación. Si se deseara realizar a distintos porcentajes de compactación se utilizarán números de golpes de 56, 25 y 10 para cada muestra.
- Se lleva la muestra a la máquina de ensayo y se colocan sobre ella una cantidad de pesas para producir una sobrecarga igual a la que supuestamente ejercerá el material de base y pavimento del camino proyectado.
- Se coloca el pisón de penetración hasta que haga contacto con la muestra.
- Finalmente se retira el total de la muestra de suelo del molde.



**Figura 09.** Ensayo de penetración.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Resultados específicos**

- a) Las características físicas que presenta el suelo de pie del talud**, son los siguientes:

Se realizaron 01 calicatas en las progresivas km+22 la calicata fue a 1.70 metros de profundidad; además se obtuvo 50 kg de muestra de la calicata.

Luego se realizaron los ensayos de granulometría, se determinó los límites de consistencia y finalmente se realizó la clasificación de suelos.

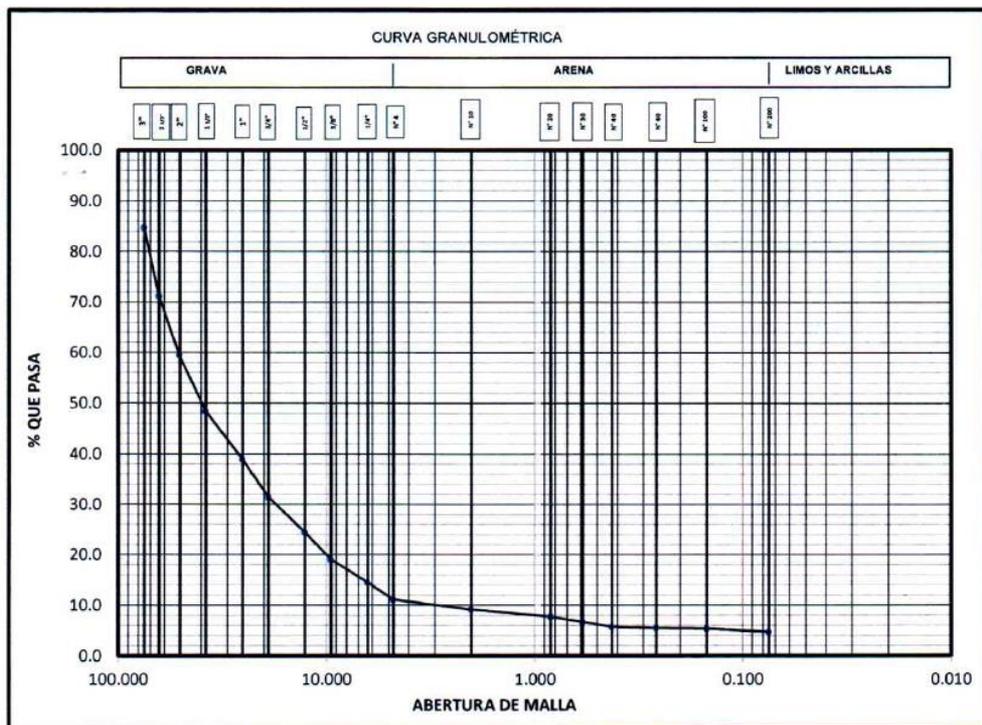
Las características físicas que presenta el suelo de pie del talud:

**Tabla 10**

*Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422.*

Calicata	Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
O1	3"	75.000	84.72
	2 1/2"	63.500	71.21
	2"	50.000	59.47
	1 1/2"	37.500	48.42
	1"	25.000	38.98
	3/4"	19.000	31.40
	1/2"	12.700	24.43
	3/8"	9.500	19.04
	1/4"	6.350	14.59
	N°4	4.750	11.09
	N°10	2.000	9.12
	N°20	0.850	7.68
	N°30	0.590	6.65
	N°40	0.425	5.67
	N°60	0.250	5.48
	N°100	0.106	5.32
N°200	0.075	4.72	

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura10.** Análisis granulométrico por tamizado, calicata 01

**Tabla 11***Clasificación granulométrica.*

calicata	Fino	Arena	Grava
<b>O1</b>	4.72%	6.37%	88.91%

**Fuente:** Elaboración propia.

De la clasificación granulométrica de la muestra de la calicata 01, se determinó que contiene 4.72% de finos, 6.37% de arena y 88.91% de grava.

De la muestra de suelo de pie del talud, se determinó que contienen un alto porcentaje de grava, haciendo que este tipo de suelo en el pie del talud sea un buen suelo para que este asentado el talud .

**Tabla 12***Límites de consistencia. ASTM D4318*

calicata	Porcentaje	
<b>O1</b>	% LIMITE LIQUIDO	N. P
	% LIMITE PLASTICO	N. P
	% INDICE PLASTICO	N. P

**Fuente:** Elaboración propia.

En cuanto a los límites de consistencia de la muestra de la calicata 01, presenta un límite líquido de 37%, un límite plástico de 25% y un índice de plasticidad de 12%, esto hace que el material sea cohesivo, permitiéndole mantener junto sus partículas y aglomerar. Mientras que la muestra de la calicata 02 no presenta límites de consistencia, ya que es un material clasificado como arena limosa, por lo cual este tipo de suelo no presenta cohesión y este tipo de suelo en la subrasante es inestable.

**Tabla 13***Clasificación (S.U.C.S ASTM D-2487 - A.A.S.H.T.O ASTM D-3282)*

calicata	Clasificación del Suelo	
<b>1</b>	S.U.C.S ASTM D-2487	GP
<b>1</b>	A.A.S.H.T.O ASTM D-3282	A-1 a (a)
<b>1</b>	NOMBRE DE GRUPO	Grava mal graduada

**Fuente:** Elaboración propia.

Las propiedades físicas que se obtuvieron de las calicatas de acuerdo con los ensayos de laboratorio son los siguientes: De la clasificación de suelos, se

determinó que el tipo de suelo es grava mal graduada (GP), conforme a los resultados obtenidos según la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.). Según la clasificación granulométrica, la calicata 01 presenta 4.72 % de finos, 6.37% de arena y 88.91 % de grava. En cuanto a los límites de consistencia la calicata 01 no presenta límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y contenido de Humedad es de 4.5%.

**b) Factor de pendiente (sp):**

De acuerdo al resultado del levantamiento topográfico del área de estudio se obtuvo curvas de nivel a cada 25m con la cual pudo generar un modelo 3D en referencia a su altura sobre el nivel del mar para después contrastar esta información y clasificarla de acuerdo a su pendiente.

El mapa de pendientes se ha realizado a partir del DEM con malla de 30 m, utilizando curvas de nivel a cada 25m. En éste se asignan los pesos de forma lineal a los valores de pendiente, correspondiendo el 0 y el 55 respectivamente.

**c) Factor de humedad del suelo (SH):**

Para cuantificar el factor Humedad del Suelo (**Sh**), se recurrió a la estación meteorológica HUANCVELICA/000649/DRE-11 obteniendo de esta las precipitaciones mensuales con un registro de 24 años (1988-2011).

De acuerdo a estos resultados se establecieron rangos del factor humedad del suelo de acuerdo a la metodología Mora Vahrson en el cual se establece que precipitaciones inferiores a 125 mm no conduce a un aumento de humedad en el terreno, por el contrario precipitaciones entre 125 y 250 mm si las incrementa, del presente enunciado se estableció un balance hídrico simplificado según muestra la siguiente tabla:

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1988	131.4	109.6	130.0	95.3	13.7	2.0	0.0	0.0	30.7	40.1	43.4	143.1
1989	201.6	79.4	220.4	112.2	8.1	33.3	2.2	13.1	14.3	47.2	41.8	26.1
1990	132.3	41.1	112.1	26.9	21.1	70.9	9.5	18.7	43.3	113.2	89.3	148.2
1991	74.1	78.1	90.3	104.3	30.4	4.0	0.0	0.0	36.1	90.6	78.7	116.3
1992	9.0	63.8	122.9	30.4	6.1	36.5	25.2	17.5	23.0	94.3	10.8	70.3
1993	184.1	184.6	188.4	111.1	67.2	59.4	30.8	81.4	142.1	222.6	269.8	269.0
1994	229.3	187.9	200.5	92.1	22.1	9.2	8.6	14.6	69.8	61.2	51.0	108.4
1995	225.8	153.6	238.7	76.4	18.3	2.4	9.8	0.0	78.3	51.1	81.4	39.9
1996	129.7	186.1	77.8	26.1	9.2	5.2	13.8	49.7	43.2	33.1	30.0	130.0
1997	74.2	108.2	74.3	46.3	17.2	10.1	0.0	55.3	58.0	69.8	110.0	129.1
1998	166.5	124.4	121.2	61.3	1.9	9.6	0.0	26.0	23.0	74.0	46.6	95.9
1999	161.0	223.8	109.4	107.6	39.5	5.0	12.3	8.1	63.3	58.5	46.5	105.2
2000	161.5	157.1	120.5	54.6	17.7	6.9	35.1	27.1	25.8	97.1	49.2	86.9
2001	164.5	128.0	249.7	42.3	35.9	0.0	36.8	35.9	72.9	59.9	127.8	84.0
2002	115.8	238.4	314.9	79.2	18.2	5.8	91.1	90.3	119.1	109.0	197.1	135.6
2003	193.9	456.8	332.4	117.5	8.9	0.0	7.4	75.0	35.3	43.3	24.8	194.0
2004	40.7	164.4	167.4	30.2	4.2	35.3	49.3	40.2	55.0	38.8	45.6	211.4
2005	124.7	121.2	165.1	74.5	11.7	3.8	2.1	2.3	47.5	59.2	41.5	90.5
2006	143.6	111.3	138.6	132.9	0.0	23.6	0.0	33.8	24.1	79.0	75.0	86.9
2007	95.5	66.6	222.4	43.8	21.0	0.0	4.2	3.6	46.1	74.2	52.2	78.5
2008	154.5	166.0	100.7	7.4	3.9	7.0	11.2	18.3	23.6	73.0	29.6	96.6
2009	283.2	288.2	153.3	83.7	21.5	2.1	28.2	8.8	60.8	77.6	154.1	202.2
2010	289.2	118.9	162.0	56.1	7.6	3.9	0.0	10.1	14.4	73.9	66.0	167.5
2011	240.5	218.6	196.5	78.6	12.3	1.1	10.3	8.2	47.8	48.5	100.9	94.9
PROMEDIO	155.28	157.34	167.06	70.45	17.40	14.05	16.16	26.58	49.89	74.55	77.63	121.27
VALOR ASIGNADO	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUMA DE VALORES												3.0

Figura11: Balance hídrico- humedad del suelo (senamhi)

**d) Factor geológico – litológico (si)**

Respecto a la valoración cualitativa del factor litológico (SI), se partió de la descripción de las unidades litológicas y sus características geotécnicas, en las cuales se identificó las formaciones geológicas de Fm. Chulec-Pariatambo, Fm. Goyllarisquisga y Deposito Aluvial, lo que significa según la clasificación de Mora Vahrson nuestra área de estudio se encuentra en nivel de susceptibilidad geológica 4 y 5 lo cual indica la alta susceptibilidad del factor para el desencadenamiento de un deslizamiento.

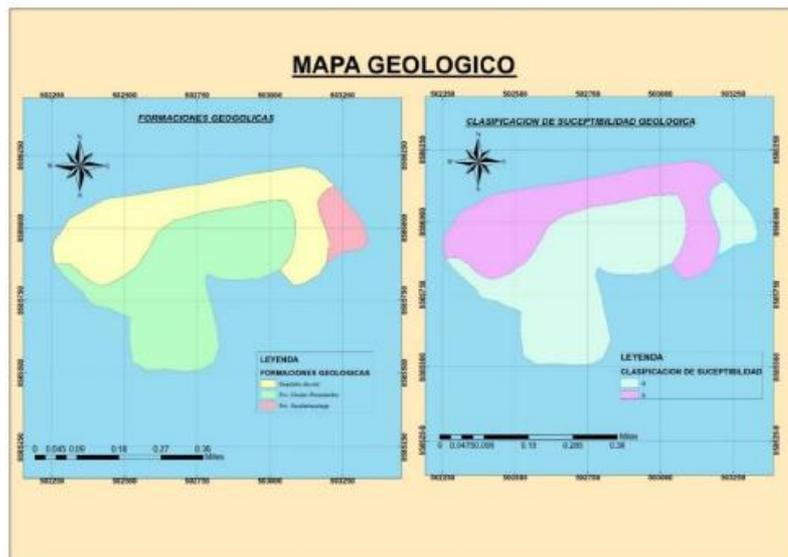


Figura12: clasificación de susceptibilidad geológica (informe técnico geológico ambiental)

### e) SISMOLOGÍA

Para obtener los datos relacionados a la intensidad sísmica del área de estudio, se tuvo en consideración el mapa de intensidad sísmica INDECI PNUD PER/02/051-00014426, en el cual se identificaron los registros de intensidad sísmica de VI, VII y VIII dispuestos al azar en el Departamento de Huancavelica, esto da a demostrar que el área de estudio en su totalidad registra una intensidad Sísmica de VII, según Mora Vahrson este calificativo se encuentra en nivel de susceptibilidad sísmica medio con un valor ponderado de 05.

Según la norma E030 Diseño Sismoresistente(2 016) del Reglamento Nacional de Edificaciones, la zona de estudio se encuentra en la zona 3 con valor de Z máximo de 0.35g, donde g es la aceleración de la gravedad.

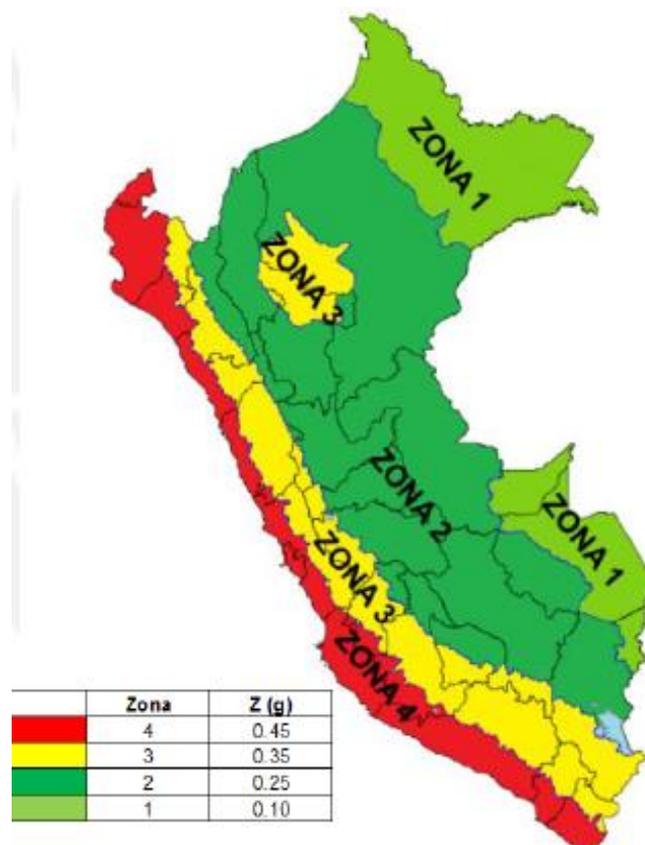


Figura13: zonificación sísmica (norma E030)

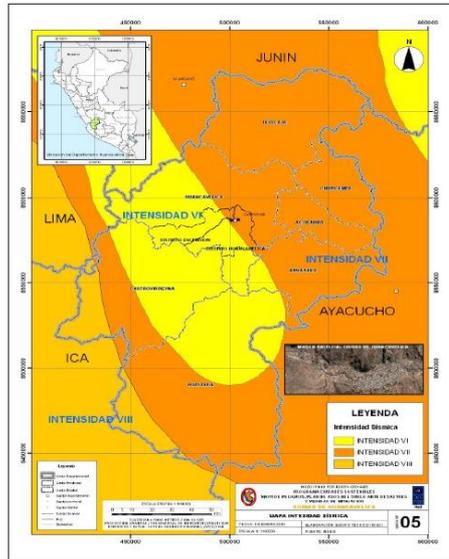


Figura14: tipos de intensidad sísmica zona de izcuchaca (sismología para ingenieros)

### f) COBERTURA VEGETAL

El área seleccionada para el estudio comprende una dominante presencia de árboles y distintas plantas naturales, en su mayoría de eucalipto, por lo que representan una vasta cobertura vegetal.

### g) SUSCEPTIBILIDAD

- **SUSCEPTIBILIDAD DE PARÁMETROS PASIVOS:**

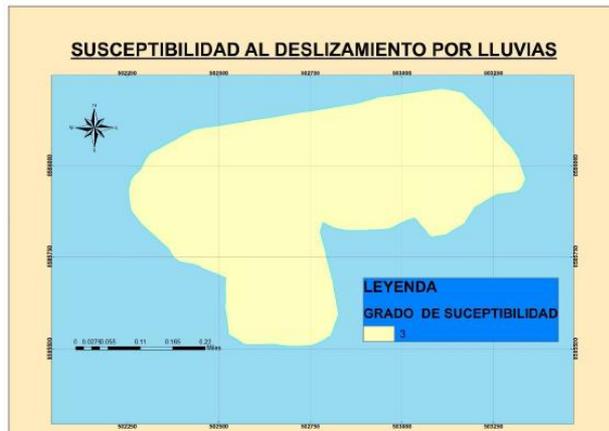
Los elementos pasivos están comprendidos como medidas de litológico, humedad del terreno y pendiente, que siendo calculados adecuadamente bajo la metodología Mora & Vahrson, demostraron una susceptibilidad **MEDIANA** de acuerdo a la siguiente formula  $EP = Sl \times Sh \times Sp$  tal como muestra el siguiente mapa.



Figura15: Susceptibilidad de parámetros pasivos (sismología para ingenieros)

- **SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO POR LLUVIAS:**

Los parámetros pasivos al ser combinados con el parámetro lluvias como señala la fórmula siguiente:  $HII (DII) : Sh \times Sp) \times$  demostrará como resultado una susceptibilidad mediana de acuerdo a lo refleja la siguiente imagen:



**Figura16:** susceptibilidad al deslizamiento por lluvias (sismología para ingenieros)

- **SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO POR SISMICIDAD:**

Los elementos internos al ser combinados con el elemento sismo incrementan su susceptibilidad de mediano a medio, evidenciando que este parámetro tiene una incidencia alta, haciendo necesario ejecutar un análisis dinámico.

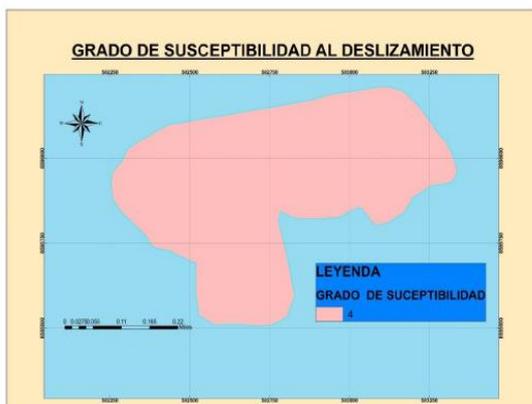


**Figura17:** susceptibilidad al deslizamiento por sismicidad (sismología para ingenieros)

- **GRADO DE SUSCEPTIBILIDAD AL DESLIZAMIENTO:**

Al combinar elementos externos e internos del mapa 13, se obtendrá una susceptibilidad de grado IV con un calificativo a la susceptibilidad de medio,

evidenciándose la existencia de eventos de probabilidad de deslizamiento menor al 50% en el área en estudio, por tanto de presentarse sismos o lluvias significativas, será necesario identificar el factor de seguridad de los taludes ubicados en dicha área.



**Figura 18:** Grado de susceptibilidad al deslizamiento (sismología para ingenieros)

#### **H) Análisis de estabilidad con el software slide V6.0.**

Se importó la sección al programa slide v6.0 y se definieron los materiales presentes. La parte inferior se puso como suelo con un peso específico de 25KN/m<sup>3</sup>, cohesión de 00.00 KPA y Angulo de fricción de 29.19°, este estrato de suelo es una gava mal graduada según el estudio de suelos la roca representa al talud con un altura de 350 metros aproximadamente.

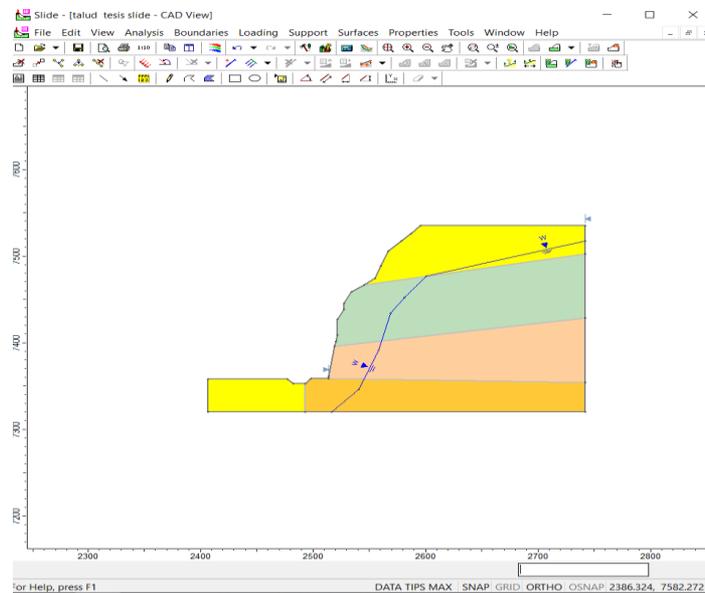
Se ejecuta los análisis en condiciones estáticas y saturación para una misma variación con dos diferentes métodos de Bishop y Janbu.

Los factores de seguridad fueron calculados a nivel de banco y global por otro lado, en todos los análisis el ángulo de banco se mantuvo constante de 29.19°.

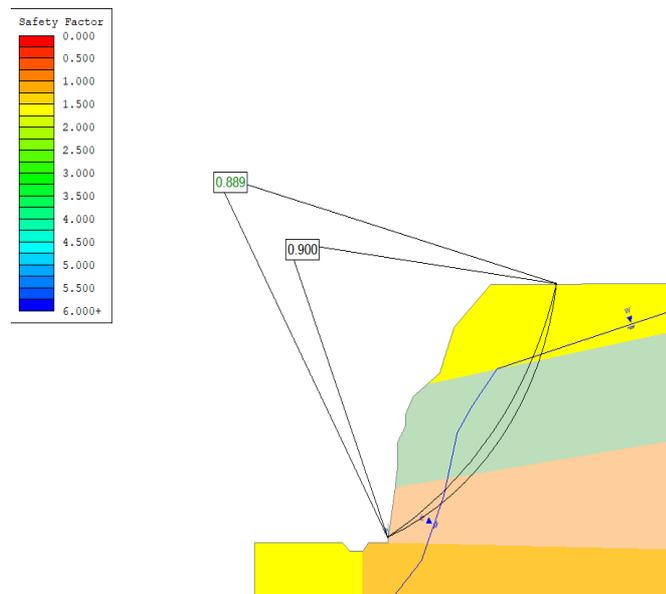
Para simular el caso de los suelos parcialmente saturados se ejecutaron los análisis de estabilidad introduciendo valores de razón de porosidad,  $R_u$ , variables. En los análisis efectuados se consideró  $R_u$  variables de 0.1, 0.15

y 0.2 para representa runa condición optimista, intermedia y conservadora respectivamente. Cuando se presenten lluvias intensas se convierte en una zona de peligro tomando en cuenta que la curva piezométrica se eleva y que la zona de contacto roca suelo podría hacerse permeable.

El valor de  $Ru = 0.1$  o  $0.15$  simularía aproximadamente el caso 2 o 3 de la Figura38, respectivamente. Sin embargo, también se ejecutó el análisis más conservador con un  $Ru = 0.2$ . Lo que se busca incrementando el  $Ru$  es garantizar la presencia de agua en el pie de talud.



**Figura19:** Análisis Estático del talud (slide v 6.0)



**Figura 20:** Factores de seguridad por el método de Janbu (slide v 6.0)

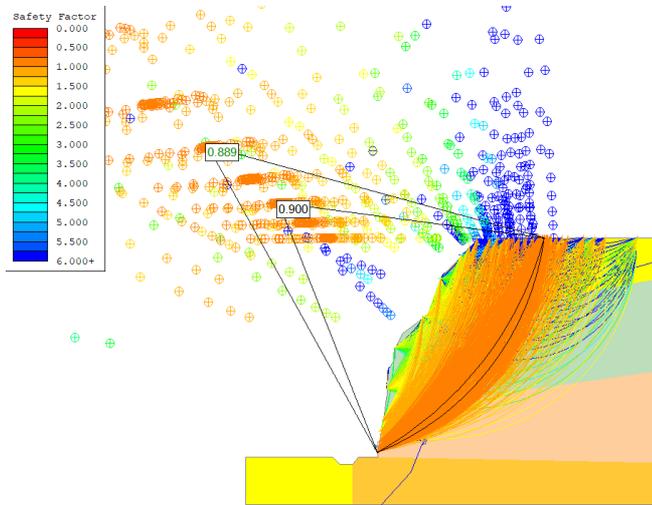


Figura 21: zonas de mayor deslizamiento por el método de Janbu (slide v 6.0)

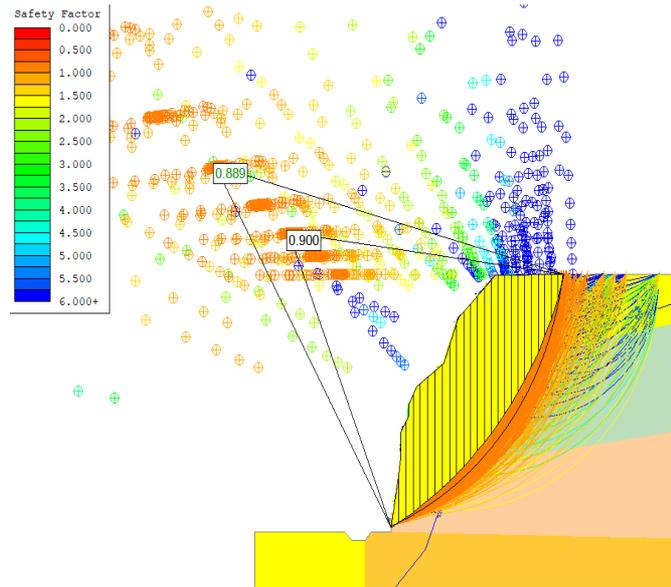


Figura 22: cuña de falla por el método de Janbu (slide v 6.0)

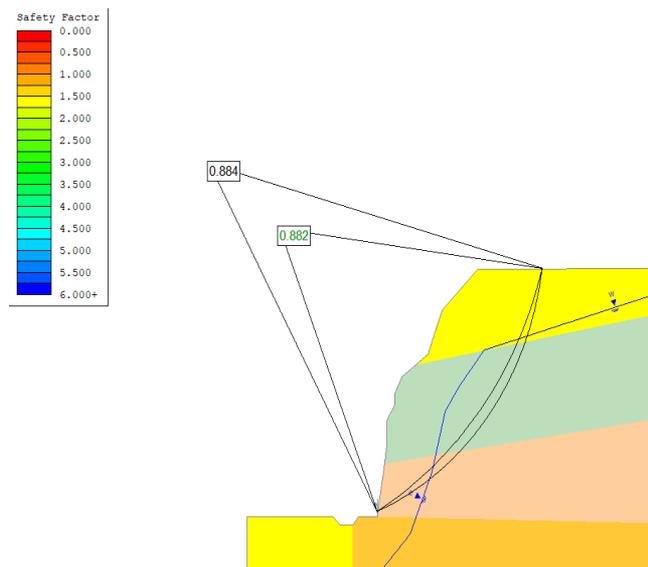
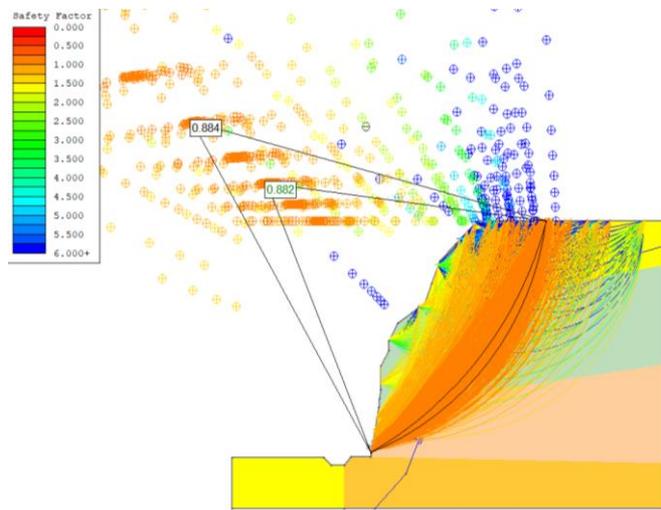
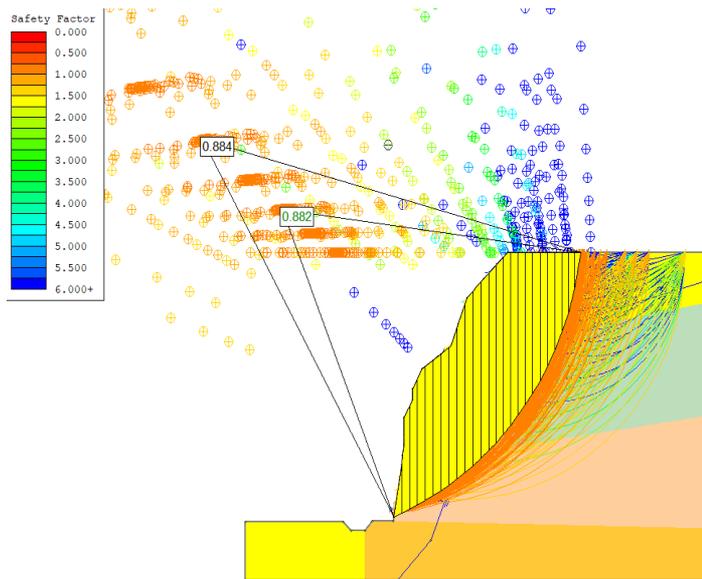


Figura 23: Factores de seguridad por el método de Bishop (slide v 6.0)



**Figura 24:** zonas de mayor deslizamiento por el método de Bishop (slide v 6.0)



**Figura 25:** cuña de falla por el método de Bishop (slide v 6.0)

**a) la estabilidad de este talud se desarrollo con el programa slide V6.0y los resultados obtenidos, son los siguientes:**

Durante el estudio del talud se empleó el método de BISHOP y Janbu, tomando en consideración tanto el equilibrio normal y tangencial como también el equilibrio de momentos en cada etapa del análisis, haciendo más confiable este método, acercándolo más a la realidad, por lo expuesto anteriormente se empleó la metodología del programa slide v6.0. a continuación se presenta los factores de seguridad obtenidos del análisis del talud km+22 de la carretera izcuchaca acostambo.

**Tabla 14***Factor de Seguridad del talud analizado.*

SECTOR DE ESTUDIO	MÉTODO UTILIZADOS CON LE PROGRAMA (SLIDE V6.0)		CONCLUSIONES
	JAMBU	BISHOP	
Km+22	0.802	0,900	<b>INESTABLE</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Viendo los resultados que obtuvimos del análisis se nota que son inestables porque su factor de seguridad es menor a 1, por tal motivo se planteará una solución para seguir evitando deslizamientos en el futuro.

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Discusiones específicas**

- Convencimiento de acuerdo a la teoría, los taludes pueden ser estables o inestables, siendo los estables, aquellos cuentan con un coeficiente de seguridad superior a 1 y en consecuencia, no se han caído. Por otro lado, los taludes inestables, han fallado en su estructura por lo tanto se ha caído total o parcialmente, estos poseen un coeficiente de seguridad inferior a 1. Sin embargo en la práctica, no se evidencia tal dicotomía, ya que los taludes no seden repentinamente cuando su coeficiente de seguridad disminuye de 1.01 a 0.99. Por tanto, la rotura de un talud obedece a procesos relativamente largos, que comienzan con deformaciones y fracturas parciales que finalizan, eventualmente, en una rotura general.

- Los factores de seguridad hallados por el programa slide V6.0 son menores a los factores mínimos para la estabilidad de taludes con el método de **BISHOP SIMPLIFIED** se obtiene el resultado de 0.802 y con el método de **JUNBA SIMPLIFIED** se obtiene 0.900 y se ve que este talud es inestable la influencia geostática que ejerce el talud al suelo es distribuida por lo cual no se asentara además los suelos en estudio tiene bajo porcentaje de nivel freático.

## 5.2. Discusión General

- Las discrepancias entre los factores de seguridad se basan en la concentración de energías de corte que acontecen en esta zona del talud investigado, variaciones respecto a la posición de la superficie de la falla analizada sobre la zona de concentración de esfuerzos. Sin embargo dicha concentración de energía no se refleja en los estudios que fueron sometidos y con los datos que se recopilaron en situ, por lo cual se origina la diferencia de los resultados, causando de igual manera

## CONCLUSIONES

Considerando los resultados logrados del análisis de suelos y la estabilidad de talud se concluye que:

- Que en el sector seleccionado k+22 de la carretera Izcuchaca Acostambo los parámetros pasivos o internos ( pendiente , humedad , litología del suelo) pose una susceptibilidad media , bajo los parámetros pasivos + lluvia pose una susceptibilidad alta , bajo los parámetros pasivos + sismo pose una susceptibilidad media y bajo los parámetros pasivos y activos ( lluvia y sismo) una susceptibilidad mediana.
- Respecto al análisis geostático del sector km+22 de la carretera Izcuchaca Acostambo son estables por tener  $FS > 1$  y geodinámico para un sismo de 6.7 la variación es de 1.25.
- para este sector donde está ubicado el talud se considera poco estable por tener varias fluctuaciones por debajo de 1.25 , por su parte el suelo es de bueno así que no se sentará o filtrará agua del suelo que afecte la estructura del talud.
- Los factores internos determinantes de mayor relevancia respecto a la inestabilidad de talud en el sector en estudio es la pendiente por que presenta una pendiente de 85 a 81 % y la litología.
- De acuerdo al análisis de los factores externos, se observó que las lluvias no representan gran impacto en cuanto a la inestabilidad de talud , sin embargo, es importante destacar que no fue realizado el análisis de acumulación de lluvias. Respecto al factor sísmico, se considera de significativa importancia debido a que este suceso incrementa la probabilidad de falla del talud inestable por el mismo corte del macizo rocoso y la erosión por el clima que es (viento, lluvia , procesos fluviales , marítimos y las acciones de los seres vivos)

- El modelo de estabilidad geostática más efectivo para la estabilidad del talud es el sistema flexible de malla de acero con pernos de anclaje, para así garantizar mayor estabilidad y seguridad en los taludes.

## RECOMENDACIONES

- Por juicios netamente económicos y técnicos así como de viabilidad de proceso constructivo y actuando en favor del medio ambiente, se recomienda emplear el sistema flexible de mallas de acero y pernos de anclaje, para estabilizar el revestimiento del sector km+22 ya que en este mismo se producen deslizamiento continuos.
- Al identificar el sector donde se trabajó la tesis una susceptibilidad media se sugiere la implementación de equipos en función de monitoriar la posibles activación de movimientos y sus respectivos registros para así tener un sistema de alerta temprana (SAT)
- También se solicita al gobierno regional de Huancavelica atender estos planteamientos para favorecer al sector km+22 de la carretera Izcuchaca Acostambo e implantar de manera efectiva las medidas de estabilización de taludes porque los deslizamiento son continuos en este tramo de la carretera y perjudica al libre tránsito de vehículos particulares de transporte interprovincial y de carga liviana, mediana y pesada que transita en esta parte de la carretera.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BRAJA M. DAS. 2015.** *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA.* S.L. : CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A, 2015.
- Ayuda en línea geo5** <https://www.finesoftware.es/ayuda-en-linea/geo5/es/tension-geoestatica-aumento-de-presion-01/>
- BRAJA M. DAS. 2015.** *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA.* S.L. : CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A, 2015.
- BRAJA M. DAS. 2015 2015.** *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA - CUARTA EDICIÓN.* S.L. : CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A, 2015.
- BRAJA M. DAS. 2015.** *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA - CUARTA EDICIÓN.* S.L. : CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A, 2015.
- BRAJA M. DAS. 2015 .** *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA - CUARTA EDICIÓN.* S.L. : CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A, 2015.
- BRAJA M. DAS. 2015. .** *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA - CUARTA EDICIÓN.* S.L. : R CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A, 2015.
- BRAJA M. DAS. 2015 .** *INGENIERIA GEOLOGICA INGENIERÍA GEOTÉCNICA.* S.L. : CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A., 2015.
- CORRALES, CARLOS. 2013.** ESTABILIDAD DE TALUDES. [EN LÍNEA] 2013. [HTTPS://ESTABILIDAD-DE-TALUDES7.WEBNODE.ES/NEWS/MARCO-TEORICO/](https://estabilidad-de-taludes7.webnode.es/news/marco-teorico/).
- DAS, BRAJA M. 2015.** *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA.* S.L. : CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A, 2015.
- BRAJA M. DAS. 2015. 2015.** *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA.* S.L. : CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A, 2015.
- DUQUE, ESCOBAR. 2017.** *MANUAL DE GEOLOGÍA PARA INGENIERIOS.* S.L. : BDIGITAL, 2017.
- DUQUE, GONZALO. 2003.** *RELACIONES DE FASE EN LA INGENIEÍA GEOTÉCNICA MODERNA.* 2003.
- ESPINOZA DURAN, CARLOS EDUARDO Y TAPIA BARBOZA, LEANDRO ENRIQUE. 2013.** *ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS MÉTODOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES APLICADOS A LAS PRESAS DE TIERRA DEL*

*PROYECTO PACALORI. UNIVERSIDAD DE CUENCA, ECUADOR : 2013.*

**FELLENIOUS, W. 1922.** *STATENS JARNJVGARS GEOTEKNNISKA COMMISSION.* STOCKHOLM : SWEDEN, 1922.

**HERRERA, FERNANDO. 2000.** *GEOTECNIA.* S.L. : ISEAD, 2000.

**LAMBE, WILIAM Y WHITMAN, ROBERT. 1996.** *SOIL MECHANICS.* S.L. : PRIMERA EDICIÓN, 1996.

**LUIS I. GONZÁLEZ DE VALLEJO. 2004.** *INGENIERIA GEOLOGICA.* S.L. : PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2004.

**MENDOZA LOAYZA, JOEL ARTURO. 2016.** *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE SUELOS DE GRAN ALTURA EN LA MINA ANTAPACCAY.* PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, LIMA : 2016.

**NSR-10 CAP H.1, ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.** *INGENIERIA REAL.* [EN LÍNEA] [HTTPS://INGENIERIAREAL.COM/TALUD-CLASIFICACION-DISENO/](https://ingenieriareal.com/talud-clasificacion-diseno/).

**OCHOA QUISPE, LISBETH YURFA. 2016.** *INESTABILIDAD DE TALUDES EN EL SECTOR DESANTA BÁRBARA DE LA CIUDAD DE HUANCABELICA.* UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES, HUANCAYO : 2016.

**RAMOS VASQUEZ, ABEL ANTONIO. 2017.** *ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCAS. SIMULACIÓN CON LS-DYNA Y COMPARACIÓN CON SLIDE.* UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, MADRID : 2017.

**RNE. 2014.** *NORMA CE.020 SUELOS Y TALUDES.* S.L. : MACRO, 2014.

**SUÁREZ, JAIME. 2009.** *DESLIZAMIENTOS - ANÁLISIS GEOTÉCNICO - VOL 1.* S.L. : INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE EROSIÓN Y DESLIZAMIENTOS, 2009.

**VALLEJO, LUIS I. GONZÁLEZ DE. 2004.** *PEARSON EDUCACIÓN, S.A. S.L. :* PEARSON EDUCACIÓN, S.A., 2004.

## ANEXOS

Matriz de consistencia: “INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA”

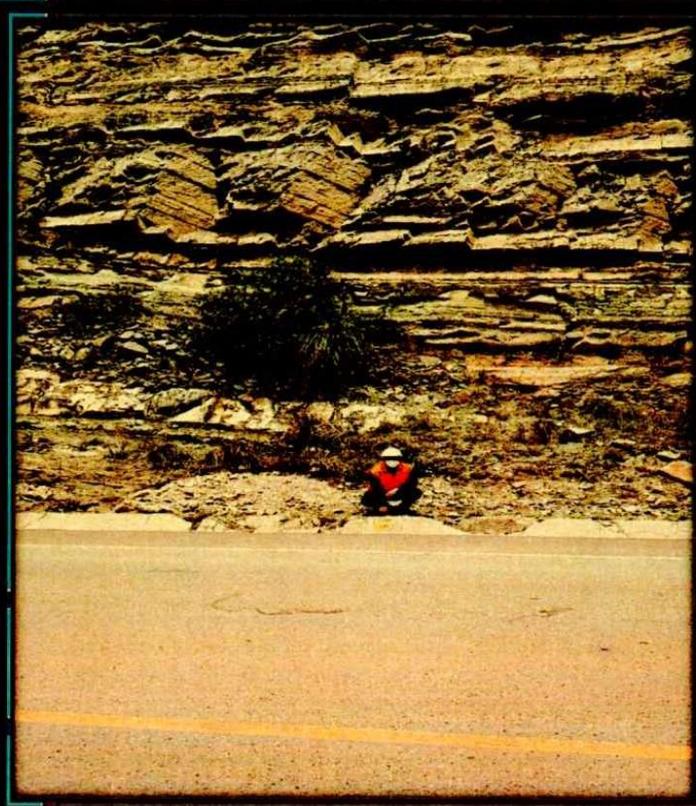
PROBLEMAS	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENCIONES	INDICADORES	DISEÑO	POBLACION Y MUESTRA
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo influye las tensiones geostaticas en la estabilidad de talud carretera Acostambo Izcuchaca 2020?</p>	<p><b>Objetivos generales:</b> Determinar la influencia de las tensiones geostaticas de talud carretera Acostambo Izcuchaca 2020.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> Las tensiones geostaticas influyen en la estabilidad del talud de la carretera Acostambo Izcuchaca 2020.</p>	<p><b>Variable independiente:</b> Tensiones Geostaticas.</p>	<p>Espesor de la capa de suelo</p> <p>Presión lateral</p> <p>Nivel freático</p> <p>Densidad</p> <p>porosidad</p>	<p>M</p> <p>MPA</p> <p>S/U</p> <p>G/CM<sup>3</sup></p> <p>%</p>	<p>Descriptivo Experimental</p>	<p><b>Población:</b> La población en estudio está conformada por la población que pasan por la carretera ACOSTAMBO IZCUCHACA</p> <p><b>Muestra:</b> no probabilística será intencional a la población que pasan por la carretera ACOSTAMBO IZCUCHACA</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo influye el espesor de las capas de suelo en la estabilidad de talud?</li> <li>¿Cómo influye la presión lateral en la estabilidad de talud?</li> <li>¿Cuál es el efecto del nivel freático en la estabilidad de talud?</li> </ul>	<p><b>Objetivo específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuanto influye el espesor de las capas del suelo para la estabilidad del talud.</li> <li>La presión lateral tiene una influencia directa sobre el talud.</li> <li>Identificar la influencia del nivel feratico en la estabilidad de tadud</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específica:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La determinación del espesor de las capas de suelo mediante un estudio de suelos sirve para determinar la influencia en la estabilidad de talud.</li> <li>La determinación del valor de la presión lateral permite el análisis de la estabilidad de talud.</li> <li>El cálculo del nivel freático mediante un agujero barrenado en el suelo permite establecer la influencia en la estabilidad de talud.</li> </ul>	<p><b>Variable dependiente:</b> taludes</p>	<p>DIMENCIONES</p> <p>Angulo de talud</p> <p>Angulo de reposo</p> <p>Geometria del talud</p>	<p><b>Indicadores de V.D</b></p> <p>Grados (°)</p> <p>Grados (°)</p> <p>M</p>	<p><b>tipo</b></p> <p>Aplicada</p>	<p><b>Técnicas y instrumentos</b></p> <p>Los análisis de suelos y el talud se utilizaron: software slide v6.0, autocad, civil 3d y el excel, para la prueba de laboratorio se llevara la muestra de campo obtenido en situ del suelo del talud en estudio además el laboratorio debe de estar certificado por el INACAL.</p>



KLAFER S.A.C.

2021

**“INFLUENCIA DE LAS TENSIONES  
GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE  
TALUD CARRETERA ACOSTAMBO  
IZCUCHACA”**



**ENSAYO DE CAPACIDAD  
PORTANTE**



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y  
ASFALTO

PROYECTO:

"INFLUENCIA DE LAS TENSIONES  
GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD  
DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO  
IZCUCHACA"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
LIMITES DE CONSISTENCIA  
● PERFIL ESTRATIGRÁFICO

HUANCAYO

2021

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/bSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

**KLA FER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 066.2021  
ESTUDIO : FEBRERO  
ATENCIÓN : Bach. MORI PALACIOS, ALEXANDER CARLOS EMILIO  
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"  
UBICACIÓN : CARRETERA IZCUCHACA KM 200, DISTRITO DE IZCUCHACA, PROVINCIA DE HUANCAMELICA, DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA.  
FECHA DE EMISIÓN : 13 DE FEBRERO DEL 2021  
FECHA DE EMISIÓN : 18 DE FEBRERO DEL 2021

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

CALICATA	C-01	ESTE	499573.37
MUESTRA	M-1	NORTE	8618796.71
PROF. (m)	1.20		

TAMIZ	ABERTURA (mm)	% QUE PASA
3"	75.000	84.72
2 1/2"	63.500	71.21
2"	50.800	59.47
1 1/2"	38.100	48.42
1"	25.400	38.98
3/4"	19.000	31.40
1/2"	12.700	24.43
3/8"	9.500	19.04
1/4"	6.350	14.59
N°4	4.750	11.09
N°10	2.000	9.12
N°20	0.840	7.68
N°30	0.590	6.65
N°40	0.425	5.67
N°60	0.250	5.48
N°100	0.149	5.32
N°200	0.075	4.72

**% DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

4.57%

**PORCENTAJES**

% CRYVA	88.9%
% ARENA	6.37%
% FINO	4.72%
	100.00%

**LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318**

% LIMITE LIQUIDO	N.P
% LIMITE PLASTICO	N.P
INDICE PLASTICO	N.P

**CLASIFICACIÓN DEL SUELO**

SUCS ASTM D-3487	GP
AASHTO ASTM D-3282	A-1 a(0)
NOMBRE DE GRUPO	GRAVA MAL GRADUADA

KLA FER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Mario Peña Dueñas  
ASESOR TECNICO D.P. 78930  
Reg. Colegiado C. 1808  
Especialista en Mecánica de Suelos,  
Control y Geotecnia

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPÍ: GP004: 1993)

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/bSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

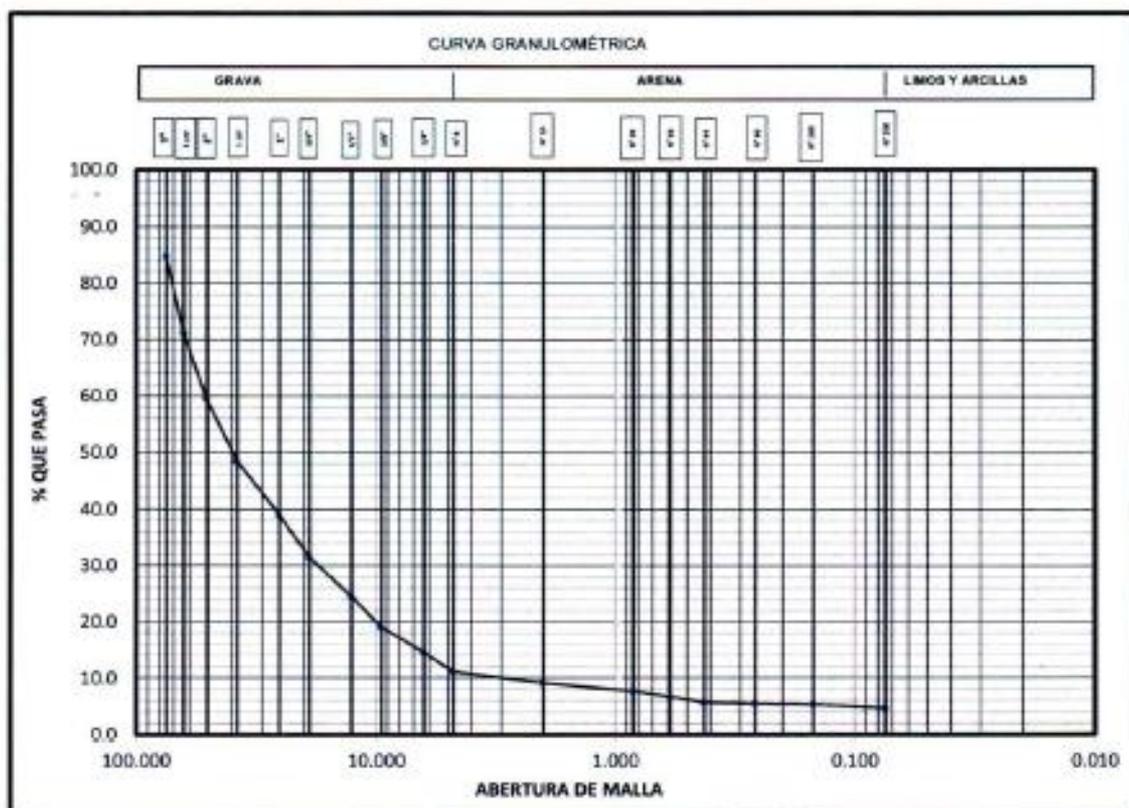
**KLA FER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 066.2021  
 ESTUDIO : FEBRERO  
 ATENCIÓN : Bach. MORI PALACIOS, ALEXANDER CARLOS EMILIO  
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"  
 UBICACIÓN : CARRETERA IZCUCHACA KM 200, DISTRITO DE IZCUCHACA, PROVINCIA DE HUANCARELICA, DEPARTAMENTO DE HUANCARELICA.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE FEBRERO DEL 2021  
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE FEBRERO DEL 2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

CALICATA	C-01	ESTE	499573.37
MUESTRA	M-1	NORTE	8618796.71
PROF. (m)	1.70		



% GRAVA	88.91%	% ARENA	6.37%	% FINO	4.72%
---------	--------	---------	-------	--------	-------

**OBSERVACIÓN** : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD Y EN SU LENGUAJE ORIGINAL. PERUANA INDECOPI: (IP:004: 1995)

KLA FER S.A.C.  
 INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS  
 Ing. María Peña Duchas  
 ASesor TECNICO CIVIL 2805  
 Ing. Carlos C. Mori  
 Especialista en Mecánica de Suelos  
 Civil y Geotécnica

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASPALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGRÉGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

**KLAFER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPEDIENTE N° : 066.2021  
ESTUDIO : FEBRERO  
ATENCIÓN : Bach. MORI PALACIOS, ALEXANDER CARLOS EMILIO  
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"  
UBICACIÓN : CARRETERA IZCUCHACA KM 200, DISTRITO DE IZCUCHACA, PROVINCIA DE HUANCAMELICA, DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE FEBRERO DEL 2021  
FECHA DE EMISIÓN : 18 DE FEBRERO DEL 2021

**PERFIL ESTRATIGRAFICO**

CALCATA :	C-01	DIMENSIONES :	0.60 x 1.00 x 1.70
NAPA FREÁTICA :	N.P.	MÉTODO DE EXCAV. :	MANUAL
ESTE :	499573.37	NORTE :	9618796.71

PROF. (m)	GRÁFICA	SIMBOLOGÍA		Forma del material granular, color, contenido de humedad, material orgánico, porcentaje estimado de boleros / castos, etc.
		SUCS	AASHTO	
0.10		GP	A-1 (0)	GRAVA MAL GRADUADA DE COLOR BLANCO CON PRESENCIA DE ROCAS MAYORES A 4". EN ESTADO SECO Y CON DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN.
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				

**OBSERVACIÓN** : Muestra recibida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD IGUÁ  
PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993

KLAFER S.A.C.  
UNIDAD TECNOLÓGICA DE SUELOS  
Ing. Martín Peña Dueñas  
ASESOR TÉCNICO DISEÑO 19438  
Ing. Civil C. 5988  
Especialista en Mecánica de Suelos  
Construcción Geotécnica

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO : PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y ASFALTO**

**PROYECTO:**

**“INFLUENCIA DE LAS TENSIONES  
GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD  
DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO  
IZCUCHACA”**

**CORTE DIRECTO**

**HUANCAYO**

2021

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

**KLA FER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

**II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)  
CALICATA : C-1

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.670	1.670	1.670
Densidad seca inicial (gr/cm <sup>3</sup> )	1.550	1.550	1.550
Cont. de humedad inicial (%)	4.57	4.57	4.57
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.061	1.985	1.939
Altura final de muestra (cm)	2.063	2.008	1.962
Densidad húmeda final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.370	2.640	2.689
Densidad seca final (gr/cm <sup>3</sup> )	2.085	2.322	2.363
Cont. de humedad final (%)	13.67	13.72	13.78
Esfuerzo normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte maximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.350	0.414	0.908
Angulo de fricción interna :	<b>29.14 °</b>		
Cohesion (Kg/cm <sup>2</sup> ) :	<b>0.000</b>		

KLA FER S.A.C.  
UNIDAD INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS  
Ing. Marino Peña Dueñas  
ASESOR TECNICO DEL INAOE  
Reg. Único de Chile  
Especialista en Mecánica de Suelos  
Geotecnia Geología

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRAULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

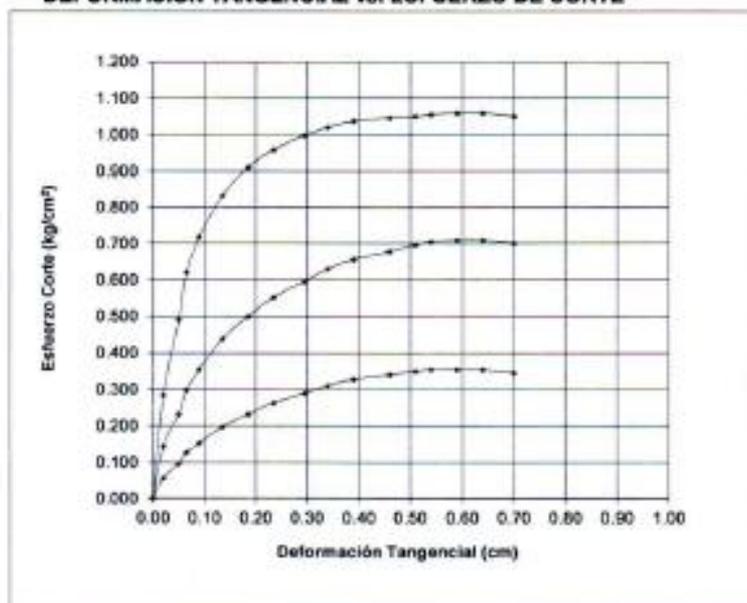
**KLA FER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

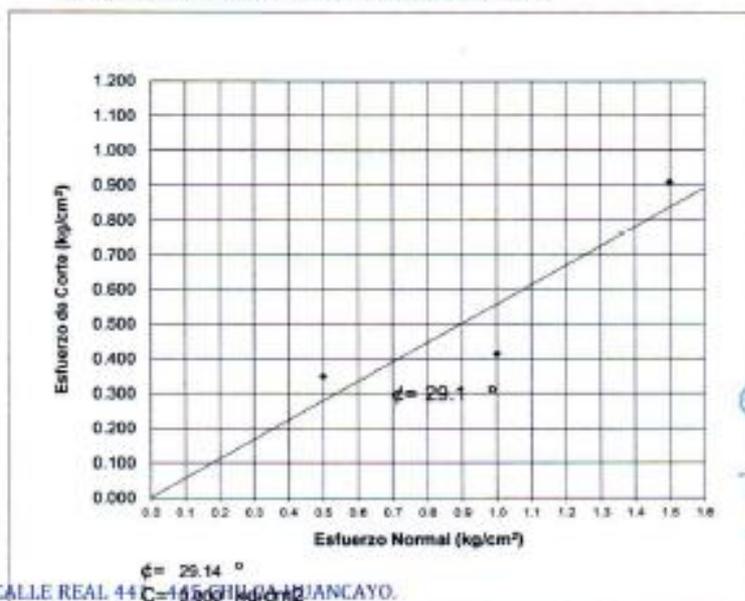
PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"  
UBICACIÓN : CARRETERA IZCUCHACA KM 200, DISTRITO DE IZCUCHACA, PROVINCIA DE HUANCAMELICA, DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE FEBRERO DEL 2021  
FECHA DE EMISIÓN : 18 DE FEBRERO DEL 2021  
**ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080**  
Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)

CALICATA : C-1

**DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



**ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE**



LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 44 C-14559 HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.

KLA FER S.A.C.  
UNIDAD DE GEOTECNIA  
EN MECÁNICA DE SUELOS  
Ing. Marina Peña Duenas  
ASESOR TECNICO S.P.A.  
Reg. COMERCIAL N° 2011  
EXERCICIO DE PROFESION N° 1102  
Cajamarca - Peru

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y ASFALTO**

**PROYECTO:**

**“INFLUENCIA DE LAS TENSIONES  
GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD  
DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO  
IZCUCHACA”**

**CAPACIDAD PORTANTE**

**HUANCAYO**

2021

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



CERTIFICADO N° 00122965

**KLA FER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

TEORIA DE CAPACIDAD PORTANTE  
( KARL TERZAGHI )

**PROYECTO: "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD  
CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"**

**CALICATA: C-1**

**A. DATOS GENERALES:**

Angulo de fricción interna	29.14	grados
Cohesión	0.000	kg/cm2
Peso unitario de sobrecarga	1.67	gr/cm3
Peso unitario del suelo de cimentación	1.67	gr/cm3
Relación Ancho/Largo (B/L)	1	Forma:
Ancho de la base o diámetro de cimentación	1	m
Profundidad de fondo de cimentación	1.5	m
Profundidad de desplante	1.5	m
Factor de seguridad	3	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	GP	

**B. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA:**

Nc:	28.18
Nq:	16.72
Ny:	19.77

**C. FACTORES DE FORMA:**

Sc:	1.59319
Sq:	1.55755
Sy:	0.6

**D. CAPACIDAD ADMISIBLE**

Desplante Df(m)	PROF. REAL (m)	Cota Relativa	Ancho B(m)	FACTOR W W	quit (kg/cm2)	qadm (kg/cm2)
1.50	1.70	-1.50	0.5	1	4.90	1.63
1.50	1.70	-1.50	1	1	5.39	1.80
1.50	1.70	-1.50	1.2	1	5.59	1.86
1.50	1.70	-1.50	1.5	1	5.89	1.96

Podemos apreciar un rango de valores que se encuentran comprendido entre 1.63 kg/cm2 y 1.96 kg/cm2 valores que varían de acuerdo a la profundidad y geometría de la cimentación además a mayor profundidad notamos que se va ganando propiedades de resistencia

KLA FER S.A.C.  
UNIDAD INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS

Ing. Martín Peña Dueñas  
ABONADO CIP 18938  
ING. GEOMECANICA  
Especialista en Mecánica de Suelos  
CERO MIL Y OCHOVEINTA Y OCHO

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE  
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y ASFALTO**

**PROYECTO:**

**“INFLUENCIA DE LAS TENSIONES  
GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD  
DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO  
IZCUCHACA”**

**ASENTAMIENTO**

**HUANCAYO**

**2021**

**CÁLCULO DE ASENTAMIENTO**

EXPEDIENTE N° : 066.2021  
 ESTUDIO : FEBRERO  
 ATENCIÓN : Bach. MDRI PALACIOS, ALEXANDER CARLOS EMILIO  
 PROYECTO : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTÁTICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"  
 UBICACIÓN : CARRETERA IZCUCHACA KM 200, DISTRITO DE IZCUCHACA, PROVINCIA DE HUANCAYELICA, DEPARTAMENTO DE HUANCAYELICA.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 18 DE FEBRERO DEL 2021  
 FECHA DE EMISIÓN : 18 DE FEBRERO DEL 2021

Donde:

- $S_t$  = Asemtamientos Probable (cm)
- B = Ancho de la cimentación (m)
- L = Largo del rectángulo (m)
- $q_{ult.}$  = Presión de trabajo (ton/m<sup>2</sup>)
- $I_f$  = Factor de forma (cm/m)
- $E_s$  = Módulo de elasticidad de Young del suelo (ton/m<sup>2</sup>)
- $\mu$  = Relación de Poisson (-)
- Clasificación Granulométrica = Tipo de terreno
- Desplante = Profundidad de cálculo

$$S_t = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

CALICATA C - 01	
M - 01	
SI	0.4862
B	1.00
q ult.	53.90
$I_f$	82
$E_s$	9000
$\mu$	0.10
	GP
	1.50

KLA FER S.A.C.  
 LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELOS  
 Ing. María Piedad Dueñas  
 ASESORA TECNICA DEL LABORATORIO  
 Ing. Licencia N° 19889  
 ESTADISTICA Y MECANICA DE SUELOS  
 GEOTECNIA Y GEODINAMICA

Si el asentamiento diferencial sobrepasa la pulgada (2.54 cm.) podría comprometer la estructura, siendo el asentamiento máximo tolerable para estructuras convencionales

OBSERVACIÓN : Muestra recibida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.  
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-006-1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911  
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y ASFALTO**

**PROYECTO:**

**“INFLUENCIA DE LAS TENSIONES  
GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD  
DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO  
IZCUCHACA”**

**PANEL FOTOGRAFICO**

**HUANCAYO**

2021



FOTO N° 01.- UBICACIÓN DE LA CALICATA C-01 : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"



FOTO N° 02.- PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LA CALICATA C-01: "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

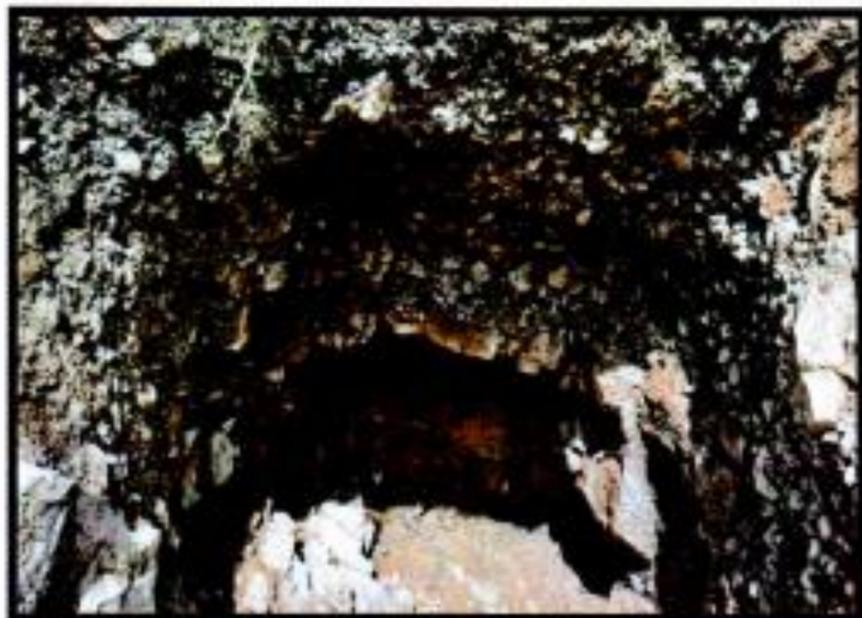


FOTO N° 03.- PROFUNDIDAD DE LA CALICATA C-01 : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"



 KLA FER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERIA  
EN MECANICA DE SUELOS

  
Inge. Martín Pedro Durán  
AGROPECUARIO EHP 19438  
Hoy. Avenida C. 5800  
Especialista en Mecánica de Suelos,  
Concreto y Geotecnia

FOTO N° 04.- CALICATA C-01 : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



FOTO N° 05.- CALICATA C-01 : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"

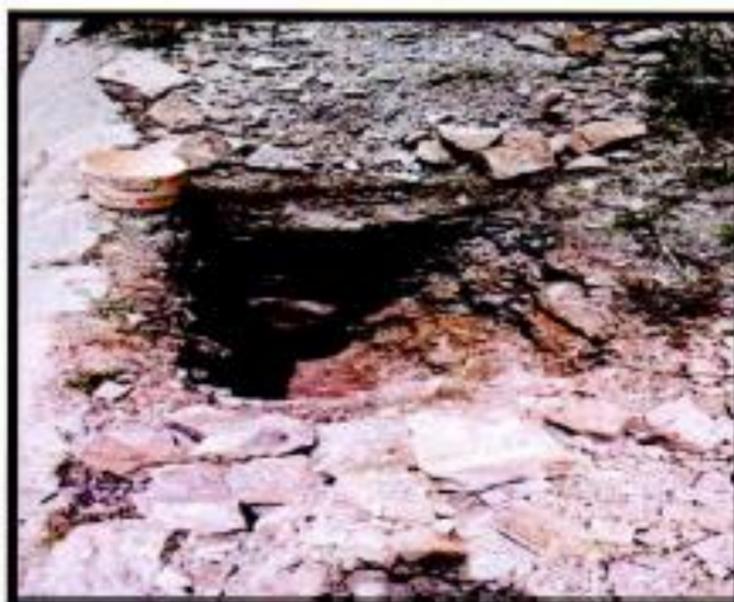


FOTO N° 06.- CALICATA C-01 : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"

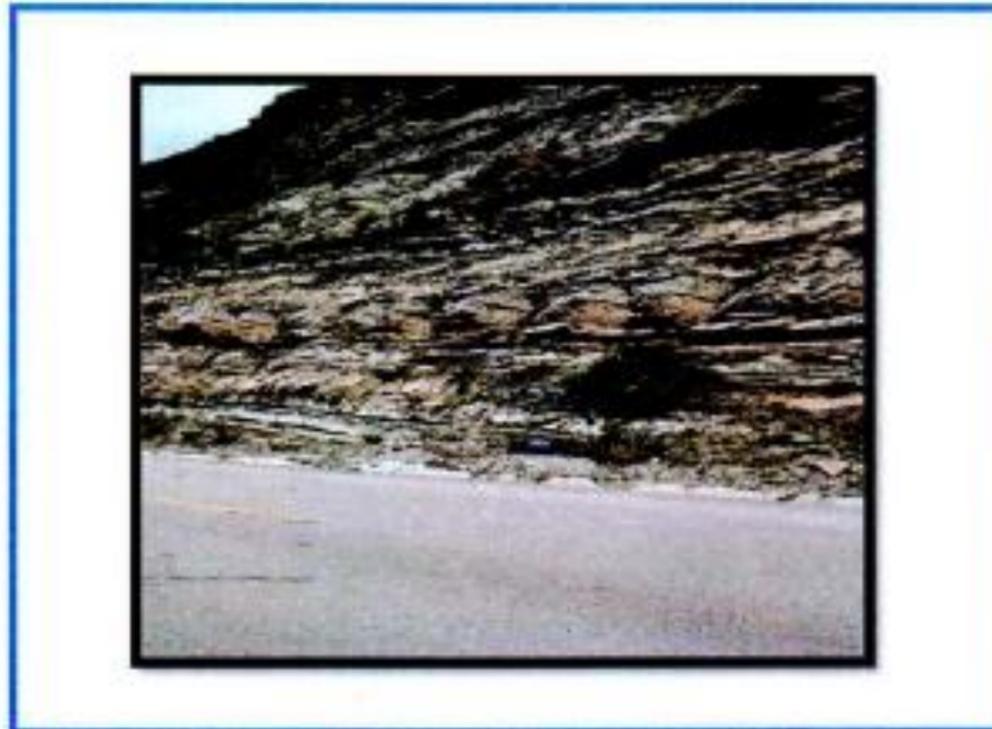


FOTO N° 07.- CALICATA C-01 : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"



FOTO N° 08.- CALICATA C-01 : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.



Ing. Mario Peña Dueñas  
Asesor Técnico N° 78908  
Ingeniero Civil N° 19885  
Especialista en Mecánica de Suelos  
Cimentación y Geotecnia

RUC 20487134911  
CEL. 945510108

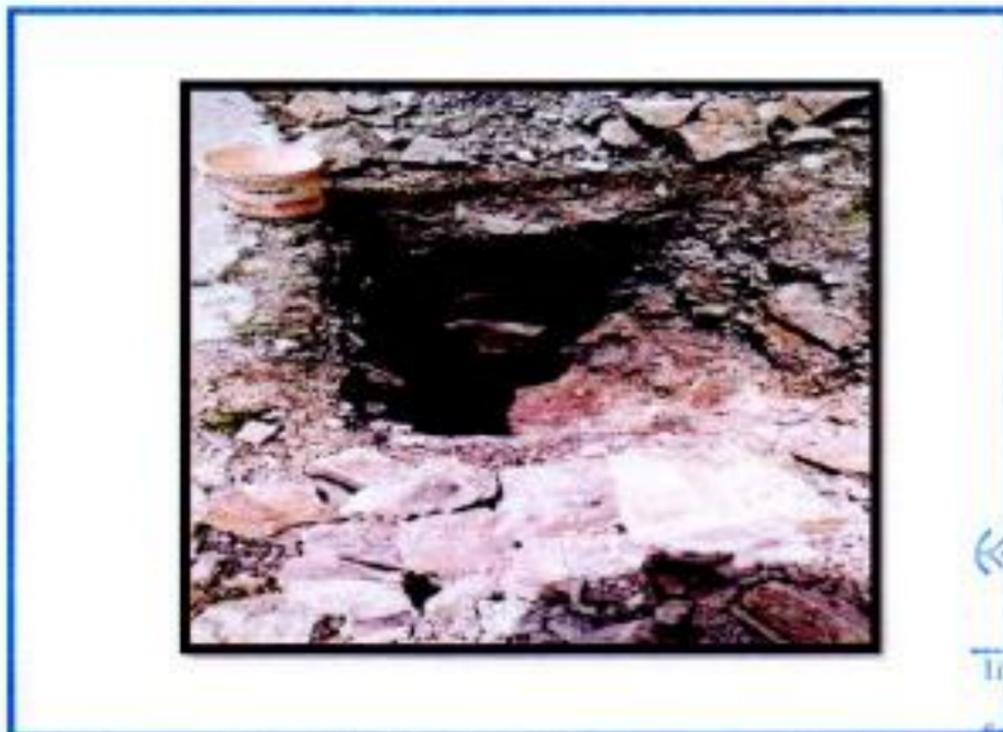
LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBO PSJE CAMPOS 143 FRENTE U.N.C.P.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELECTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.



FOTO N° 09.- CALICATA C-01 : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"



  
KLA FER S.A.C.  
LIMITADA  
EN MEZCLA DE SUELOS  
  
Tte. María Antonia Uzcátegui  
ASESOR TECNICO DEL INSTITUTO  
ING. Civil y Suelos  
Especialista en Mecánica de Suelos  
Concreto y Geotecnia

FOTO N° 10.- CALICATA C-01 : "INFLUENCIA DE LAS TENSIONES GEOSTATICAS EN LA ESTABILIDAD DE TALUD CARRETERA ACOSTAMBO IZCUCHACA"