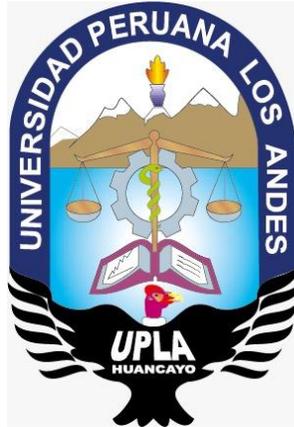


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, EMPLEANDO
MÉTODOS APROXIMADOS DE DOVELAS, EN DEPÓSITO
DE DESMONTE DE MINA EXCÉLSIOR - PASCO**

Línea de Investigación Institucional

Transporte y urbanismo

Línea de Investigación del Programa de Estudios

Estructuras

PRESENTADO POR:

Bach. CONDEZO LUNA, Mercedes Lucia

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2019

ASESORES

Ing. FABIAN BRAÑEZ, ALCIDES LUIS
ASESOR TEMÁTICO

Dr. VIERA PERALTA, DEYBE EVYN
ASESOR METODOLÓGICO

DEDICATORIA

A Dios, Por nunca dejarme sola y haberme dado a personas maravillosas, que son el motor y motivo para salir adelante, Mi Familia.

A mis padres, Por su amor y apoyo incondicional durante toda la carrera universitaria, aportando con sus consejos a mi formación profesional y como ser humano.

A mi hijo, por ser el que ilumina mis días durante toda mi vida, principal motivo para asumir este reto.

Mercedes Lucia Condezo Luna

AGRADECIMIENTO

A mis padres Víctor y Vilma, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

A mis asesores de tesis, por haberme guiado, en la elaboración de este trabajo de titulación.

Mercedes Lucia Condezo Luna

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ
PRESIDENTE

Ing. JULIO BUYU NAKANDAKARE SANTANA
JURADO

Ing. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO
JURADO

Ing. ANSHIE JOSSELYN WISMANN MANRIQUE
JURADO

Mg. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DE DOCENTE

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
ASESORES.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS.....	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Planteamiento del Problema	16
1.2. Formulación y sistematización del problema	18
1.2.1. Problema General	18
1.2.2. Problemas Específicos.....	18
1.3. Justificación.....	18
1.3.1. Practica o Social	18
1.3.2. Metodológica.....	19
1.4. Delimitaciones	19
1.4.1. Geográfica o Espacial	19
1.4.2. Temporal.....	20
1.4.3. Económica	20
1.5. Limitaciones.	20
1.5.1. Tecnológica	20
1.6. Objetivos	20
1.6.1. Objetivo General	20
1.6.2. Objetivos Específicos.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Internacionales.....	22
2.1.2. Nacionales	29

2.2. Marco Conceptual	35
2.2.1. Análisis de Estabilidad de taludes.	35
2.2.1.1. Factor de seguridad	36
2.2.2. Procedimientos de Investigación para el Análisis.	38
2.2.2.1. Tipología y Evolución de los Movimientos en taludes	38
a) Influencia del Tipo de Material	38
b) Tipos de Movimientos	40
c) Factores Condicionantes y Desencadenantes	44
d) Factores naturales	44
e) Tipología y peligrosidad	48
2.2.2.2. Investigación de detalle	48
a) Métodos de investigación.....	48
b) Ensayos en suelos.....	49
2.2.2.3. Caracterización geotécnica de materiales.....	49
a) Resistencia al corte de suelos.....	50
2.2.3. Métodos de dovelas	51
2.2.3.1. Métodos aproximados de dovelas	52
a) Método de Fellenius.....	54
b) Método de Bishop Simplificado	56
c) Método de Janbú	59
2.3. Marco normativo	62
2.4. Definición de Términos.....	63
2.5. Hipótesis	66
2.5.1. Hipótesis General	66
2.5.2. Hipótesis Especificas	66
2.6. Variables	66
2.6.1. Definición conceptual de la variable	66
2.6.1.1. Variable dependiente (Y)	66
2.6.1.2. Variable independiente (X)	66
2.6.2. Definición Operacional de la Variable	67
2.6.2.1. Operacionalización de las Variables	67
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	69
3.1. Método de Investigación.....	69
3.1.1. Método general de la investigación	69

3.1.2. Método específico de la investigación	69
3.2. Tipo de Investigación	70
3.3. Nivel de Investigación	70
3.4. Diseño de la Investigación.....	70
3.5. Población y Muestra.....	70
3.5.1. Población	70
3.5.2. Muestreo	70
3.5.3. Muestra.....	70
3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	71
3.6.1. Técnicas de recolección de datos	71
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	71
3.7. Procesamiento de la información	71
3.8. Aspectos éticos de la Investigación	71
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	72
4.1. Resultados	72
4.1.1. Influencia del tipo de material.....	72
4.1.2. Tipos de movimientos	73
4.1.3. Factores condicionantes y desencadenantes.....	74
4.1.3.1. Factores naturales	74
4.1.4. Tipología y peligrosidad	76
4.1.4.1. Pendiente	76
4.1.4.2. Nivel de riesgo	77
4.1.5. Caracterización geotécnica de materiales.....	77
4.1.5.1. Resistencia al corte de suelos	77
4.2. Resultados por objetivos	77
4.2.1. Resultados empleando el método de Fellenius.....	77
4.2.1.1. Zona: S1	77
4.2.1.2. Zona: S2.....	78
4.2.1.3. Zona: S3.....	79
4.2.2. Resultados empleando el método de Bishop Simplificado.....	81
4.2.2.1. Zona: S1	81
4.2.2.2. Zona: S2.....	82
4.2.2.3. Zona: S3.....	83
4.2.3. Resultados empleando el método de Janbu.....	84

4.2.3.1. Zona: S1	84
4.2.3.2. Zona: S2	85
4.2.3.3. Zona: S3	86
4.3. Prueba de hipótesis	88
4.3.1. Hipótesis Específica 1	88
4.3.2. Hipótesis Específica 2	88
4.3.3. Hipótesis Específica 3	89
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	91
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	99
Anexo 1: Matriz de consistencia	
Anexo 2: Consentimiento informado	
Anexo 3: Instrumento	
Anexo 4: Validación del instrumento	
Anexo 5: Panel fotográfico	
Anexo 6: Certificados y plano	
Anexo 7: Estudio de Impacto Ambiental	
Anexo 8: Declaración Jurada de Autenticidad	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Coeficientes de seguridad</i>	38
Tabla 2 <i>Ensayos necesarios</i>	49
Tabla 3 <i>Definición Operacional de las variables</i>	67
Tabla 4 <i>Cuadro de Operacionalización de las variables</i>	67
Tabla 5 <i>Sondajes realizados para el análisis</i>	72
Tabla 6 <i>Caracterización de los suelos</i>	73
Tabla 7 <i>Forma del talud</i>	74
Tabla 8 <i>Largo – Alto del talud</i>	74
Tabla 9 <i>Resultados de SPT</i>	75
Tabla 10 <i>Altura del nivel freático</i>	75
Tabla 11 <i>Coeficiente de Seguridad Sísmica</i>	76
Tabla 12 <i>Pendiente</i>	76
Tabla 13 <i>Parámetros de esfuerzos efectivos</i>	77
Tabla 14 <i>Resultados - Método De Fellenius</i>	80
Tabla 15 <i>Resultados - Método de Bishop Simplificado</i>	84
Tabla 16 <i>Resultados - Método de Janbu</i>	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de intervención	19
<i>Figura 2.</i> Esquema estabilidad de talud.	37
Figura 3. Deslizamiento rotacional de un suelo.....	41
Figura 4. Deslizamiento traslacional en macizo rocoso.....	42
Figura 5. Deslizamiento rotacional y traslacional	43
Figura 6. Deslizamiento traslacional y colada de barro.	43
Figura 7. Deslizamiento rotacional y vuelcos	44
Figura 8. Sistema de fuerzas actuantes sobre una dovela.....	51
<i>Figura 9.</i> Métodos de Cálculo para estabilización de taludes.....	52
<i>Figura 10.</i> División de la masa deslizante en dovelas	53
<i>Figura 11.</i> Fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovelas. .55	
<i>Figura 12.</i> Diagrama del factor f_0 utilizado en el método de Janbú.....	61
<i>Figura 13.</i> Partes de un talud.....	63
<i>Figura 14.</i> Periodo de Lluvias sierra central	75
<i>Figura 15.</i> S1: Análisis Estático – Método de Fellenius.....	77
<i>Figura 16.</i> S1: Análisis Sísmico– Método de Fellenius.....	78
<i>Figura 17.</i> S2 Análisis Estático – Método de Fellenius.....	78
<i>Figura 18.</i> S2: Análisis Sísmico– Método de Fellenius.....	79
<i>Figura 19.</i> S3 Análisis Estático – Método de Fellenius,.....	79
<i>Figura 20.</i> S3: Análisis Sísmico– Método de Fellenius.....	80
<i>Figura 21.</i> S1: Análisis Estático – Método de Bishop Simplificado	81
<i>Figura 22.</i> S1: Análisis Sísmico – Método de Bishop Simplificado	81
<i>Figura 23.</i> S2: Análisis Estático – Método de Bishop Simplificado	82
<i>Figura 24.</i> S2: Análisis Sísmico – Método de Bishop Simplificado	82
<i>Figura 25.</i> S3: Análisis Estático – Método de Bishop Simplificado	83
<i>Figura 26.</i> S3: Análisis Sísmico– Método de Bishop Simplificado	83
<i>Figura 27.</i> S1: Análisis Estático – Método de Janbu,	84
<i>Figura 28.</i> S1: Análisis Sísmico– Método de Janbu	85
<i>Figura 29.</i> S2: Análisis Estático – Método de Janbu	85

<i>Figura 30.</i> S2: Análisis Sísmico – Método de Janbu,	86
<i>Figura 31.</i> S3: Análisis Estático – Método de Janbu	86
<i>Figura 32.</i> S3: Análisis Sísmico – Método de Janbu	87
<i>Figura 33.</i> Resultados por el Método de Fellenius	88
<i>Figura 34.</i> Resultados por el Método de Bishop Simplificado	89
<i>Figura 35.</i> Resultados por el método de Janbu,.....	89
Figura 36. Resultados de Análisis Estático – Zona S1	92
Figura 37. Resultados de Análisis Sísmico – Zona S1	92
Figura 38. Resultados de Análisis Estático – Zona S2	93
Figura 39. Resultados de Análisis Sísmico– Zona S2	93
Figura 40. Resultados de Análisis Estático – Zona S3	94
Figura 41. Resultados de Análisis Sísmico – Zona S3	94

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuáles son los resultados del análisis de estabilidad de taludes, empleando los métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excélsior Pasco?, el objetivo general fue: Evaluar los resultados del análisis de estabilidad de taludes empleando los métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excélsior Pasco, y la hipótesis general fue: Los resultados del análisis de estabilidad de taludes empleando los métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excélsior – Pasco, son mayores a 1.5 para el análisis estático y 1.25 para el análisis sísmico.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, de nivel descriptivo– explicativo, diseño no experimental – transversal. La población estuvo conformada por los taludes de la progresiva 0+000 a 1+050 del depósito de desmonte de mina Excélsior Pasco, el tipo de muestreo fue el no probabilístico o intencional, y la muestra se seleccionó en tres zonas dentro de estas progresivas; S1 de la prog. 0+100 – 0+200, S2 prog. 0+800 – 0+900 y S3 prog. 0+900 a 1+050.

La conclusión principal de esta investigación fue que los resultados del análisis de estabilidad de taludes empleando los métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excélsior – Pasco, son mayores a 1.5 para el análisis estático y 1.25 para el análisis sísmico. Así mismo, los valores hallados por el método de Bishop Simplificado son los más altos para factor de seguridad de acuerdo con el mínimo exigido por la Norma, y los resultados por Fellenius y Janbu, son los valores más bajos.

Palabras Clave: Estabilidad de taludes, Métodos aproximados de dovelas, desmonte de mina Excélsior.

ABSTRACT

The general problem of this research was: what are the results of the analysis of stability of slopes, using the approximate methods of dovelas in de-mining deposit Excelsior Pasco mine? the general objective was: to Evaluate the results of the analysis of slope stability using the approximate methods of voussoirs in deposit of clearing of mine Excelsior Pasco, and the general hypothesis was: the results of The analysis of slope stability using the approximate methods of voussoirs in deposit of clearing of mine Excelsior – Pasco, are greater than 1.5 for static analysis and 1.25 for seismic analysis.

The general method of research was the scientific, the type of research was applied, of descriptive-explanatory level, non-experimental-transversal design. The population consisted of the slopes of the progressive 0+000 to 1+050 of the Excelsior Pasco mine clearance deposit, the type of sampling was non-probabilistic or intentional, and the sample was selected in three zones within these progressives; S1 of the prog. 0+100 – 0+200, S2 prog. 0+800 – 0+900 and S3 prog. 0 + 900 to 1+050.

The main conclusion of this research was that the results of the analysis of slope stability using the approximate methods of voussoirs in deposit of clearing of mine Excelsior – Pasco, are greater than 1.5 for the static analysis, and 1.25 for the seismic analysis. Likewise, the values found by the simplified Bishop method are the highest for safety factor according to the minimum required by the standard, and the results by Fellenius and Janbu are the lowest values.

Keywords: stability of slopes, approximate methods of dovelas, clearing of Excelsior mine.

INTRODUCCIÓN

El estudio de análisis de estabilidad de taludes es aquel que se realiza para comprobar si el talud es estable o no, cabe resaltar que para lograr este análisis es necesario el cálculo del factor de seguridad, para el cual existen diversos métodos con los que se obtiene dicho valor. Esta investigación utiliza los métodos aproximados de dovelas, con el fin de evaluar el comportamiento de los resultados del análisis de estabilidad de taludes.

Para un mejor estudio, esta investigación se ha estructurado en 5 capítulos que fueron los siguientes:

Capítulo I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: En este se desarrolla el planteamiento, la formulación y sistematización del problema: General y específicos, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos: General y específicos.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO: Se despliega los antecedentes internacionales y nacionales, el marco conceptual, el marco normativo, definición de términos, la formulación de las hipótesis: General y específicas y la definición conceptual y operacional de las variables.

Capítulo III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: Se encuentra el método, el tipo, el nivel, el diseño, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de la recolección de datos, el procesamiento de la información de la investigación.

Capítulo IV: RESULTADOS: Se detalla los resultados obtenidos de la investigación.

Capítulo V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Finalmente, se tiene las conclusiones, recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Mercedes Lucia Condezo Luna

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

A nivel mundial los deslizamientos de taludes son un gran problema a resolver, lo que causa accidentes y hasta muertes, en EE-UU según (KROHN Y SLOSSON, 1976 y BROMHEAD, 1986) citado por (Ayala et al., 1986, p. 4). El deslizamiento acontecido más desastroso en la historia europea es el que se produjo en el embalse de Vaiont, en 1963, el que provocó una ola de agua que sobrepasó la presa y destruyó aguas abajo a cinco poblaciones. Algunos hallazgos, que requieren importancia son por ejemplo, (Aguilar y Zuñiga, 2015), en la ciudad de Cartagena, tomaron en cuenta los sectores de aledaños a la popa por ser una zona con mayor historia y patrimonio razón por la que nace la necesidad de la realización de estudios de estabilidad para conservar las zonas estudiadas, los mencionados determinaron que los métodos de brindan un factor de seguridad más elevado fueron los de Spencer, Morgenstern- Price y Bishop, por el contrario brindan menos factor de seguridad son Janbu y Ordinario o Fellenius.

(Espinoza y Tapia, 2013) en la ciudad de Cuenca tomaron en cuenta un megaproyecto denominado Pacalori que consiste en la optimización de los recursos hídricos de la zona por lo que es importante el análisis de la estabilización de los taludes existentes, así que eligieron al método Janbu por ser el más conservador y al método Bishop por ser dar un valor más alto.

En el ámbito nacional no existen datos sistematizados sobre los problemas causados por los deslizamientos, pero no es extraño escuchar noticias dando

gran número de fallecimientos a consecuencia de los desprendimientos, movimientos de tierra, etc. Cabe resaltar la avalancha en los taludes del Huascarán consecuencia de un terremoto en 1970, quedando como resultado 18000 personas. en la ciudad de Lima, (Reyes, 2015) realizó un análisis exhaustivo de la estabilidad de taludes de depósitos de desmontes de mina al igual que este estudio, optó por escoger los métodos Janbu simplificado, Bishop simplificado, Spencer, Morgenstern - Price y GLE, siendo estos tres últimos los recomendados y apropiados para tareas de diseño según su opinión.

En la ciudad de Cerro de Pasco, que es eminentemente minera, se encuentra que:

Las fuerzas de gravedad empujan continuamente los materiales hacia niveles inferiores en cualquier superficie de la tierra (Ayala, et al., 1986), a lo que se llama deslizamientos, muchas veces estos mismos pueden ocurrir por la influencia de la naturaleza del material que lo contiene. En la presente investigación el problema central sería la inestabilidad de taludes de la zona, que a través del tiempo puede ocasionar deslizamientos lo cual sería causal de desastres para la población aledaña, muy al margen de ello también el depósito de desmonte Excélsior ha recibido desechos mineros provenientes del tajo abierto Raúl Rojas desde el año 1956, teniendo una superficie de 69 ha, el cual representa un serio problema de contaminación en la región de Pasco.

El pasivo ambiental genera contaminación por el cual, se planteó el plan de cierre de depósito de desmontes Excélsior donde se encuentran taludes que según el expediente técnico son estables, pero existe una zona que contiene material de relave, por esta razón nace la necesidad de analizar si los taludes de esta área son estables de acuerdo a esta necesidad de conocer este cálculo surge la idea de realizar un análisis comparativo de los métodos aproximados de dovelas, los cuales son el de Fellenius, Bishop Simplificado y Janbu. Y así, dar a conocer a futuros ingenieros civiles cuál de estos métodos es el más óptimo o en qué casos utilizar cada método.

Al realizar los cálculos utilizando los métodos mencionados, se encontrarán tres resultados ya sean diferentes o no, los cuales se evaluarán con la norma peruana del Reglamento Nacional de Edificaciones CE – 020.

De acuerdo a la norma CE020 para controlar los deslizamientos que ocurren en los taludes se debe tener en consideración los siguientes componentes: Evaluación de estabilidad del talud y su condición; Metodología planteada de estabilización y remediación del talud.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son los resultados del análisis de estabilidad de taludes, empleando métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excelsior Pasco?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius?
- b. ¿Cuáles son los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado?
- c. ¿Cuáles son los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu?

1.3. Justificación

1.3.1. Practica o Social

Con la presente investigación se pretende evaluar el análisis de estabilidad de taludes del depósito de desmonte de mina Excelsior, cuyos resultados deben servir para reducir el peligro de deslizamientos como consecuencia de los factores climáticos, amenguando la contaminación ambiental y las consecuencias en la salud de la población, que radica en el entorno de este depósito de desmonte.

1.3.2. Metodológica

La metodología utilizada en este estudio, basada en teorías y métodos para el análisis de estabilidad de taludes, deben servir como orientación para establecer estrategias que conlleven a la reducción de problemas de deslizamientos que perjudican la salud de la sociedad; por tanto otras investigaciones deben utilizar este estudio en casos similares y escenarios diferentes.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Geográfica o Espacial

Se desarrolló dentro del área geográfica de la provincia de Pasco comprendiendo la zona que pertenece al Plan de Cierre del Depósito de Desmonte Excelsior, que se encuentra en el Asentamiento Humano Champamarca, distrito de Simón Bolívar, en las progresivas 0+000 a 1+050.

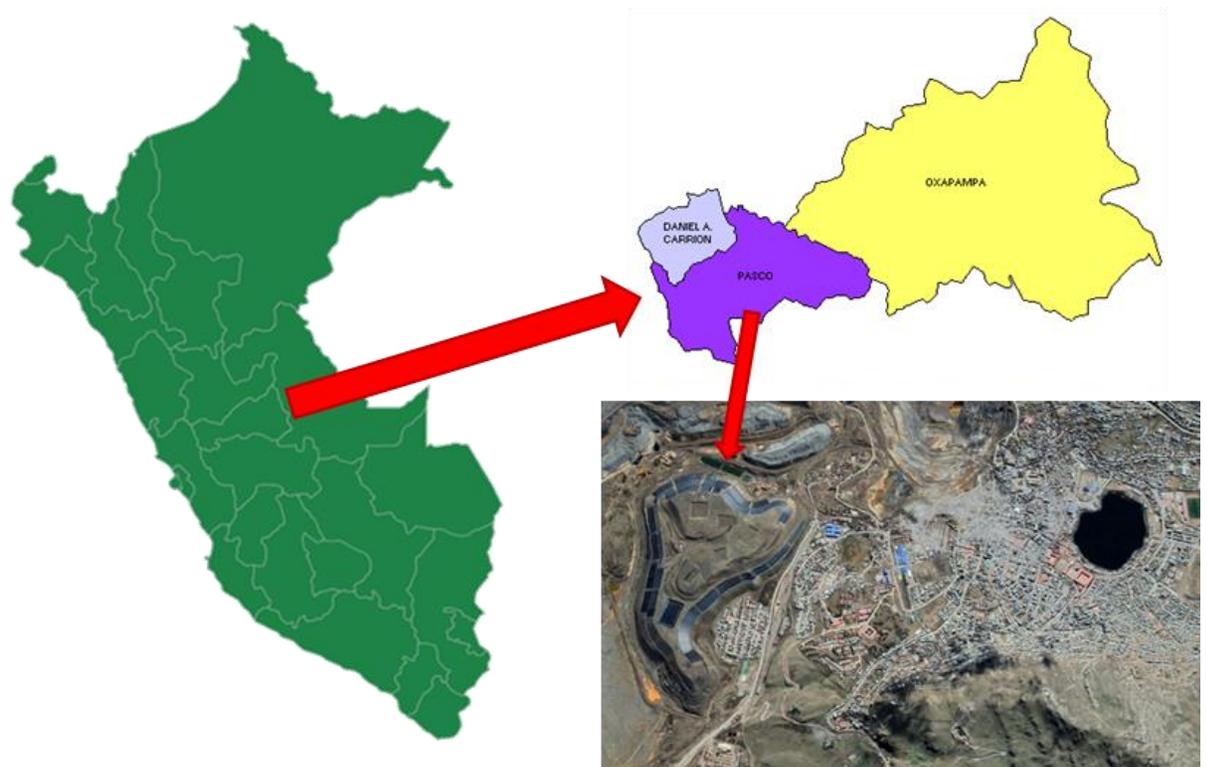


Figura 1. Zona de intervención

Fuente: Elaboración Propia

1.4.2. Temporal

La investigación se realizó, en los meses de mayo a setiembre del año 2019, donde se realizó las siguientes actividades:

- En los meses de mayo y junio se revisaron las bases teóricas y los antecedentes, para la redacción del marco teórico.

- Del 01 al 14 de julio, se elaboraron los instrumentos y técnicas de recolección de datos necesarios para el posterior estudio de campo.

- La semana del 15 al 21 de julio se tomaron los respectivos datos de la progresiva 0+200, del 22 al 28 de julio se realizó la toma de datos de la progresiva 0+950 y por último se tomaron los datos de la progresiva de 1+050 en fecha del 29 de julio al 04 de agosto.

- Durante el mes de setiembre, se realizaron trabajos de gabinete, procesando los datos de los trabajos de campo y obteniendo los cálculos respectivos para la investigación.

1.4.3. Económica

El costo que se generó en la presente investigación, en la recopilación de datos, procesamiento, etc. Fue asumida por el investigador.

1.5. Limitaciones.

1.5.1. Tecnológica

El análisis de estabilidad de taludes solo se realizó con el programa Slide, por ser el más accesible para este tipo de cálculos.

Respecto a la existencia de laboratorios de la región Pasco, no se cuenta con los equipos para los ensayos triaxiales, por lo que los estudios realizados están sujetos a pequeños errores por las restricciones manifestadas.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Evaluar los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excelsior Pasco.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar los resultados del análisis de estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius.
- b. Detallar los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado.
- c. Especificar los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Aguilar y Zuñiga (2015, p.1) en su tesis de título: “Análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante los métodos de equilibrio límite aplicado a taludes o laderas adedañas al Cerro de la Popa, Casco Urbano de Cartagena”, para el logro del título profesional de Ingeniero Civil, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería Civil. Cartagena – Colombia. El objetivo general fue: realizar un análisis comparativo entre los métodos de equilibrio límite que fueron atribuidos a laderas o taludes colindantes al Cerro de la Popa, Casco Urbano de Cartagena para establecer cuál es el método que brinda mayor factor de seguridad, así como examinar las ventajas y desventajas de cada para cada una de las zonas estudiadas. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo – comparativa – explicativa, de diseño no experimental – transversal – descriptivo – comparativo, la técnica utilizada la observación directa, organización de la información en cuadros comparativos. Los resultados de las zonas estudiadas fueron:

- Sector El Diamante:
 - ✓ Perfil 1: representa los perfiles 1, 7, 9, donde el que brindo el mayor factor de seguridad fue el de Morgenstern Price con un F.S.= 3.70 y el que brindo el menor valor fue el de Janbu para el factor de seguridad con un F.S.=

2.989. además, se obtuvo valores mayores de 2.5 por lo que no se encuentra en riesgo.

✓ Perfil 2: representa a los perfiles 2, 8 donde el método de mayor factor de seguridad fue el de Spencer con un F.S.=2.410 y el que menor factor de seguridad brinda es el de Janbu F.S.= 1.002, este perfil presenta valores menores de 2.5, por lo que se encuentra en riesgo.

✓ Perfil 4: el que representa los perfiles 3, 4, 10 el mayor valor se obtuvo con Spencer con un F.S.= 1.638 y con un menor valor el Ordinario F.S.= 1.600, se encuentra por debajo de 2.5 por lo que se supone en riesgo.

✓ Perfil 4: el que representa los perfiles 5, 6, 11, 12, el mayor valor se obtuvo con Spencer con un F.S.= 1.594 y con un menor valor el Ordinario F.S.= 1.450, se encuentra por debajo de 2 por lo que se supone en un gran riesgo.

- Sector Loma Amador:

✓ Perfil 1: es el único de esta zona donde se obtuvo un mayor valor el de Bishop Modificado con un F.S.= 3.690 y un menor factor de seguridad el método de Janbu F.S.= 3.386, este contiene valores mayores a 3, así que no representa inseguridad.

✓ Perfil 2: representa los perfiles 2,3 el factor de seguridad mayor fue el de Bishop Modificado F.S.= 2.334, mientras que el de menor factor de seguridad fue el de Janbu F.S.=2.131, obteniéndose valores menores de 2.5 que implica riesgo.

✓ Perfil 4: representa los perfiles 4, 9, 10, 11, 12 el factor de seguridad mayor fue el de Spencer F.S.= 2.239, mientras que el de menor factor de seguridad fue el de Janbu F.S.=2.092, obteniéndose valores menores de 2.5 que implica riesgo.

✓ Perfil 6: representa los perfiles 5, 6, 7, 8 el factor de seguridad mayor fue el de Morgenstern Price F.S.= 2.667, mientras que el de menor factor de seguridad fue el de Janbu F.S.=2.594, obteniéndose valores mayores de 2.5 que implica que no existe riesgo.

- Sector Salto del Cabron:

✓ Perfil 1: este representa los perfiles 1, 6 y tuvo como resultados como mayor valor por el método de Bishop Simplificado F.S.= 1.462 y como menor valor el método de Janbu F.S.= 1.397 manejando valores menores a 1.5 por lo que se encuentra en alto riesgo.

✓ Perfil 2: este representa los perfiles 2, 3 y tuvo como resultados como mayor valor por el método de Spencer F.S.= 0.867 y como menor valor el método Ordinario F.S.= 1.397 manejando valores menores a 1 por lo que se encuentra en alto riesgo.

✓ Perfil 4: este representa los perfiles 4, 5 y tuvo como resultados como mayor valor por el método de Spencer F.S.= 1.305 y como menor valor el método de Janbu F.S.= 1.246 manejando valores menores a 1.5 por lo que se encuentra en alto riesgo.

✓ Perfil 8: este representa los perfiles 8, 9, 10, 11 y tuvo como resultados como mayor valor por el método de Spencer F.S.= 1.699 y como menor valor el método de Janbu F.S.= 1.675 manejando valores menores a 2 por lo que se encuentra en riesgo.

Se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. En los sectores estudiados otorgan mayor factor de seguridad los métodos de Bishop Simplificado, Morgenstern-Price y Spencer, dando como resultado valores para coeficientes de seguridad muy parecidos en cada uno de los perfiles típicos.

2. Por otro lado, en los sectores estudiados los métodos que menor factor de seguridad arrojan son los de Ordinario o Fellenius y Janbu, obteniendo valores para factor de seguridad muy semejantes en los perfiles típicos que simbolizaban la zona estudiada, Por causa de que son métodos muy sencillos que no lisonjean completamente las condiciones de equilibrio y donde se asume que las fuerzas entre dovelas son nulas, lo que produce factores bajos y producir el mismo efecto.

3. En la Loma del Diamante el método que mejor se adjudica según su autor es del método Spencer, por la razón que de los cuatro perfiles de la zona tres obtuvieron mayor con el mencionado. Por la misma razón de la

igualdad en resultados se elige como el método que menos valor brinda el de Janbu.

4. En Loma Amador se eligió Bishop Simplificado, por la misma razón de la conclusión anterior, pero en este caso solo 2 de los 4 perfiles estudiados coincidieron en dar mayor valor, y Janbu que dio valores menores.

5. En el Salto del Cabrón se tuvo en consideración a Spencer como método que dio mayor valor en los 4 perfiles que representaban la zona, así como anteriores conclusiones Janbu dio menores valores.

Espinoza y Tapia (2013) en su tesis titulada: "Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra del proyecto *Pacalori*", para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Cuenca – Ecuador. El objetivo general fue: Utilizar los métodos diferentes existentes para el analizar la estabilidad de los taludes de las presas del proyecto *Pacalori* y de esa forma lograr puntualizar la influencia de los parámetros que se tomaron en cuenta para esta semejanza. El método del estudio fue el método científico, de tipo aplicada, el nivel descriptivo – comparativa - explicativa, de diseño no experimental – transversal – descriptivo – comparativo, la técnica utilizada la observación directa, organización de la información en cuadros comparativos. Los resultados obtenidos para factor de seguridad en la zona Final de Construcción fueron por el método de Fellenius= 2.245, Bishop Simplificado= 2.269, Janbu= 2.104, Spencer= 2.263 y Morgenstern Price= 2.263; y en la Operación se tuvo resultados por el método de Fellenius= 1.323, Bishop Simplificado= 1.376, Janbu= 1.279, Spencer= 1.371, Morgenstern Price= 1.370, por esta razón se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Una técnica que pueda proporcionar un factor de seguridad que sea totalmente confiable no existe razón por la cual se efectuó este estudio de estabilidad disponiendo los diversos procedimientos existentes, por los resultados se otorgó al método de Janbu como el más conservador y el que

arroja valores más alto por Bishop, los demás valores se encuentran entre estos intervalos.

2. Por operación que es el estado de carga tiene factores de seguridad más graves, la elección de las pendientes se debe tomar a partir de los datos que lo hacen críticos. Así, por ejemplo, En el caso de Macul 1, el factor de seguridad calculado de valor mínimo (1.279) sobrepasa el límite permitido 1.20.

3. Para la carga final de construcción se ha tomado el estudio de estabilidad de talud con mayor pendiente (aguas abajo); con el resultado de que es estable y fehaciente ($FS= 2.104$), por lo mismo se deduce que si se hace un análisis aguas arriba de la misma manera será estable debido a que es más tendido. Por otro lado, para la operación por ser el caso más contraproducente por la filtración existente ha de analizarse el talud aguas abajo.

4. Por último, para la presa examinada el método que otorga un valor más conservador es el de Janbu, el cual se ha de considerar para tener seguridad de diseño en la etapa de factibilidad. Ahora bien, por ser los que más se arriman a la realidad ya que lo dice la experiencia otros autores y por requerirse precisión en los cálculos para etapas posteriores se puede realizar el análisis mediante los métodos de Spencer y Mongenstern Price.

León y Gonzales (2013) en su tesis titulada: “Análisis de la estabilidad en taludes y laderas”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad de Las Californias Internacional, Facultad de Ingeniería Civil. Tijuana – Baja California. El objetivo general fue: Dar a conocer información actualizada sobre el análisis de la estabilidad en taludes y laderas, con énfasis en los métodos de cálculo más utilizados, su aplicación y resultados obtenidos. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo – comparativa, de diseño no experimental – transversal – descriptivo – comparativo, la técnica utilizada fue la revisión bibliográfica para dar con conceptos reales y analizar el cálculo de los métodos a utilizar, se llegó a los siguientes resultados para los datos tomados en consideración se obtuvo un factor de seguridad por Fellenius de 1.208 y

por Bishop 1.27, mientras que por los métodos tenso deformacionales dan resultados negativos para la estabilidad de los taludes. Llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Lo que se apreció al realizar la comparativa entre el mismo talud analizado por diferentes los métodos de equilibrio limite y el tenso – deformacional es que el método de equilibrio límite que es regularmente utilizado sugiere que el talud es estable porque proyecta un factor de seguridad de 1.20, por otro lado el método tenso – deformacional denota una no estabilidad del talud por la razón de hallarse un asentamiento exagerado máximo de 18 cm existe indicios de un probable deslizamiento por un esfuerzo cortante en algunos puntos que supera al esfuerzo resistente del suelo, razón por la cual se ratifica la importancia de valerse de estos métodos para el respectivo análisis de estabilidad de taludes y laderas.

2. La desventaja de los métodos tensos – deformacionales es que no manejan una superficie de rotura, al contrario de los de equilibrio limite que si manejan ya sean circular o plana generalmente.

3. La división de momentos actuantes y resistentes son primordiales en los métodos de equilibrio límite

4. Por su lado, los tenso- deformacionales, trazan una malla sobre el terreno, y analizan cada uno de los nodos, esto permite analizar el talud de una manera más específica, y puede llegar a ser una herramienta muy eficiente si se interpretan los resultados de manera correcta.

Orozco (2013) en su tesis titulada: “Estabilidad de taludes en suelos residuales evaluado en el corto y largo plazo”, para optar el título de magister en ingeniería, Universidad EAFIT, Facultad de Ingeniería Civil. Medellín - Colombia. El objetivo general fue: Justipreciar contraponiendo el efecto de la variabilidad de los estados de esfuerzo en la estabilidad de taludes conformados por suelos residuales derivados de rocas volcánicas. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo – comparativa, de diseño no experimental – transversal – descriptivo – comparativo, la técnica utilizada fue la revisión bibliográfica, la

observación directa, lista de cotejo de ensayos realizados, obtuvo como resultados para una humedad natural un factor de seguridad por Fellenius= 1.287; Bishop Simplificado= 1.349; Janbu= 1.398; Morgenstern Price= 1.344; Spencer= 1.343, por los métodos de equilibrio Límite y por los métodos de elementos finitos un factor de seguridad (1.331). Llegando a las siguientes conclusiones:

1. Fellenius exterioriza un factor de seguridad inferior que el adquirido por medio del método de elementos finitos.
2. Janbu semejante a Fellenius indica todos los factores de seguridad menores adquiridos por método de elementos finitos.
3. Morgenstern – Price y Spencer propone sus factores de seguridades muy semejantes y superiores a los obtenidos por el método de elementos finitos.

Chaves (2015) en su tesis titulada: “Análisis de Estabilidad de taludes según la geometría de corte en suelos cohesivos”, para optar el título de ingeniero civil, Universidad de Costa Rica, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Costa Rica. El objetivo general fue: Determinar el efecto que tiene la geometría (corte) de un talud sobre su estabilidad y deformaciones, en suelos cohesivos de diferentes consistencias. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo, de diseño no experimental – transversal – descriptivo, la técnica utilizada fue la revisión bibliográfica y el uso del programa GeoStudio, se obtuvieron los siguientes resultados para un talud de 15 metros y un análisis estático en taludes de 1:1/4 F.S.=1.445; 1:1/2 F.S.=1.305; 1:1 F.S.= 1.187; 1:2 F.S.= 1.212, Llegando a las siguientes conclusiones:

1. Se pudo determinar las mejores geometrías de corte de talud, correspondiente a cada uno de los tres tipos de suelos cohesivos definidos.
2. Son necesarios los muros o métodos de estabilización para la consistencia de suelo blando.
3. Para la consistencia de suelo firme se requiere la utilización de muros o métodos de estabilización de taludes de 10 metros de altura en inclinaciones

de relación 1:1/4 y 1:1/2. En taludes de 15 metros de altura en inclinaciones de relación 1:1/4 y 1:1/2 requieren igualmente estabilización y en algunas ocasiones, se requiere utilizar muros o métodos de estabilización en inclinaciones de 1:1 y 1:2.

4. En el análisis de suelo duro, se presenta la estabilidad adecuada para los taludes de 5 metros y de 10 metros cumpliendo con la norma nacional del código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica. En caso de taludes de 15 metros de altura se presenta estabilidad apropiada y acorde con la normativa nacional mencionada para las inclinaciones de 1:1 y 1:2.

2.1.2. Nacionales

Reyes (2015) en su tesis titulada: “Análisis tridimensional de estabilidad de taludes por el método de equilibrio límite de depósitos de desmonte de mina”, para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Lima - Perú. El objetivo general fue: Sentar bases para futuros diseños de estructuras mineras mediante análisis tridimensionales, se identificó aquellos requisitos que se deben cumplir para que un análisis tridimensional sea viable, válido y representativo. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo – comparativo – explicativo, la técnica utilizada fue la revisión bibliográfica, la observación directa, los resultados para análisis en dos dimensiones: DDM1 se obtuvo valores de 1.05 a 1.80 para casos estáticos y de 1.00 a 1.500 para pseudo-estáticos; en DDM2 valores entre 1.72 a 1.96 para casos estáticos y 1.07 a 1.02 para pseudo-estáticos; en DDM3 resultaron valores por debajo de los valores mínimos requeridos. Mientras que para el análisis en tres dimensiones planteados por el autor en el DDM1 de 1.11 a 1.14 para caso estático y de 1.16 a 1.21 para el caso pseudo estático; en DDM2 indican valores de 1.12 a 1.28 para ambos análisis; para el DDM3 de 1.26 a 1.30 y de 1.11 a 1.10 para estático y pseudo estático respectivamente; el autor llegó a las siguientes conclusiones:

1. En el Perú la minería representa una de las mayores actividades económicas para el país. La que se rige bajo normas y estándares

internacionales que en los últimos años han elevado la calidad del diseño de sus estructuras de tierra, lo que significa un reto adicional para los ingenieros geotécnicos a cargo de este tipo de diseños datos que presenten un factor de seguridad inferior que el obtenido mediante el método de elementos finitos.

2. Las características de geografía y geología peruana que no son tomadas en cuenta la práctica internacional para sus estándares. Lo que ha generado que en Perú se hayan desarrollado herramientas particulares y técnicas para diseñar, operar y construir estructuras de tierras en las operaciones mineras, en particular en los Andes peruanos, cabe resaltar que ninguna de estas mejoras en el pasado se ha importado en mejorar las herramientas de análisis de estabilidad de taludes, que se desarrollan actualmente bajo condiciones 2D.

3. La verificación de la estabilidad de taludes de estructuras mineras más que nada en condiciones sísmicas, condicionando el diseño de las mismas, lo que puede ocasionar costos adicionales importantes en su construcción y operación. Debido a esto, una de las más importantes oportunidades de mejora en el diseño geotécnico de este tipo de estructuras es la aplicación de análisis 3D de estabilidad que logren capturar la complejidad topográfica, geométrica y geológica de pilas de lixiviación, depósitos de desmonte de mina, presas relave, entre otros.

4. Los procedimientos 2D del método de equilibrio límite son muy populares y relativamente sencillos de comprender. Entre los más usados se tiene el Bishop simplificado, Janbu simplificado, Spencer, Morgenstern y Price y GLE.

5. Las evaluaciones 3D de esta investigación demuestran la importancia de poder representar a detalle las condiciones geométricas de la estructura a evaluar. Esto supone representar tanto el apilamiento de la estructura, topografía y estratos de suelo de la cimentación. Incertidumbres geométricas o geológicas tiene una gran influencia en el FS 3D, hecho experimentado durante análisis preliminares de los casos de estudio.

Iberico (2015) en su tesis de título: “Estabilización y recuperación de taludes en carreteras, caso IIRSA norte tramo N°01 KM 45+690 – KM 45+830”, para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Lima - Perú. El objetivo general fue: Precisar los tipos de fallas y las posibles causas de los problemas geotécnicos de los taludes de una carretera, y en función a ellos proponer alternativas de solución. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo – comparativo – explicativo, la técnica utilizada fue la revisión bibliográfica, la observación directa, cuadros comparativos, fichas técnicas, la población en la que se trabajó fue la carretera central y la muestra los tramos de Lima a Chiclayo y la Oroya Cerro de Pasco, Huánuco, Tingo María, Tocache, Juanji y Tarapoto, los resultados obtenidos tomando en cuenta un suelo no saturado en la sección 45+790 F.S.= 1.349 para análisis estático y F.S.= 1.147 para un análisis pseudo estático y para condiciones saturadas F.S.= 1.165 y F.S.= 0.780 para análisis estático y pseudo estático. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Las características físicas de un talud o ladera originan las condiciones geológicas que promueven la generación de deslizamientos. Valorando que estos deslizamientos pueden suscitarse por otros factores como son los sísmicos, hidráulicos o geotécnicos. Cabe la posibilidad de que existan razones artificiales en consecuencia de la actividad humana, provocando la modificación de la estabilidad de un talud.

2. El factor que desencadena la velocidad y el tipo de suelo tiene que ver directamente con la velocidad de un deslizamiento, puede acaecer en el orden siguiente, puede encetar por la reptación que es el movimiento más lento, secundar por deslizamiento rotacional, flujo, deslizamiento traslacional, avalancha y caída.

3. Como central objetivo de una investigación de estabilidad de taludes, es proyectar medidas de prevención, y/o estabilización para reducir los niveles de amenaza y riesgo. Se requiere de metodologías específicas de diseño y construcción para la estabilización de taludes.

4. La evaluación del análisis de estabilidad se ejecuta en dos circunstancias: estática y pseudo estática (durante un sismo). En el escenario estático estima las fuerzas actuantes, desestabilizadoras, exclusivamente los esfuerzos producidos por el peso propio de los materiales. En la situación pseudo estática considera los esfuerzos producidos por una fuerza horizontal adicional producida por el sismo, donde la aceleración máxima ocurre una sola vez y en un intervalo corto de tiempo.

Sackschewski (2017) en su tesis titulada: “Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110”, para optar el título profesional de ingeniero geólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Geológica. Lima - Perú. El objetivo general fue: Proponer soluciones geotécnicamente reforzadas, competentes y económicamente viables para garantizar la estabilidad de los taludes de la carretera Canta – Huayllay en los sectores con complicaciones consecuencia de fenómenos de geodinámica externa de riesgo medio ha elevado entre las progresivas del Km 102 al Km 110. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo – comparativo – explicativo, diseño experimental, la técnica utilizada fue la revisión bibliográfica, la observación directa, cuadros comparativos, fichas técnicas, la población en la que se trabajo fue la carretera Canta – Huayllay y la muestra los tramos del km 102 al km 110, los resultados obtenidos del Km 102+780 al km 103+020 fueron sin medidas correctivas 1.011 estático y 0.766 pseudo estático y con tratamiento 1.398 y 1.027 estático y sísmico respectivamente del Km 104+920 al 105+010 con tratamiento 1.428 y 1.126 estático y sísmico; del Km 109+500 al 109+580 valores de 1.340 y 1.015 estático y sísmico . Llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los desacertados cortes de los materiales que se encuentra en el terreno muchas veces ocasionan los obstáculos de estabilidad de taludes en los sectores del km 102 al km 110, las condiciones contraproducentes de las

discontinuidades, así como, la influencia de las filtraciones de agua hacia los taludes y laderas.

2. Se comprobó que mejorarán la estabilidad del talud si se sigue con la reconformación de taludes, el sellado de grietas y la colocación de cunetas de coronación en el sector del km 102+780 al Km 103+020 de la carretera Canta – Huayllay, a razón de que, con los análisis geológico-geotécnicos efectuados, se revela un factor de seguridad apropiado.

3. El control de las filtraciones de agua, así como la adopción de banquetas fueron comprobados ya que garantizarán la estabilidad del talud en el sector del km 104+920 al km 105+010 de la carretera Canta – Huayllay.

4. la estabilidad del talud en el sector del Km 109+500 al Km 109+580 de las zonas ya mencionadas en las anteriores conclusiones será garantizada por la inclinación del talud (no pendientes empinadas) como de la opción del uso de banqueta.

Mendo (2018) en su tesis titulada: “Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing- Jicamarca, 2018”, para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil. Lima - Perú. El objetivo general fue: Determinar la influencia del uso del sistema Soil Nailing en el análisis de la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, Jicamarca, 2018. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo – comparativo – explicativo, diseño no experimental- transversal, la técnica utilizada fue la revisión bibliográfica, la observación directa, cuadros comparativos, fichas técnicas, la población fueron los taludes ubicados en el megacentro comercial 30 de enero, los resultados obtenidos fueron por el método de Bishop simplificado 1.555 estático y 1.350 pseudo estático, por el método de Fellenius 1.661 y 1.414 respectivamente; por el método de Janbu 1.839 y 1.459 respectivamente. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. El uso del sistema Soil Nailing es un método de estabilidad muy fácil de emplear, además de eso requiere menor tiempo en su proceso constructivo, en este caso los factores de seguridad arrojados en este análisis con el Sistema Soil Nail incorporado tuvieron resultados muy aceptables ya que los factores de seguridad arrojados son $FS > 1$, por consiguiente, se puede asegurar que este método mejora la estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero, además se concluye que los diseños ingenieriles tipo Soil Nailing, se adecúan efectivamente a las condiciones del talud del Megacentro comercial 30 de enero, generando estabilidad a su problemática.

2. Se concluyó que el diseño del Nailing con separación e 1m en sentido vertical y 1m en sentido horizontal es la mejor a comparación de los otros dos diseños debido a que genera menores costos en el uso de acero, menores costos en el tiempo de construcción y mayor rapidez en su proceso constructivo.

Sánchez (2014) en su tesis titulada: “Aplicación Del Programa Geo-Slope para el Análisis de la Estabilidad De Taludes en la I.E. La Libertad”, para la obtención del título profesional de ingeniero agrícola, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agrícola. Huaraz - Perú. El objetivo general fue: Aplicar el Programa Geo-Slope para el Análisis de la Estabilidad de Taludes en la I.E. La Libertad. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo – comparativo – explicativo, diseño no experimental- transversal, la técnica utilizada fue la revisión bibliográfica, la observación directa, cuadros comparativos, fichas técnicas, la población fue la I.E. La Libertad del cual se obtuvieron los siguientes resultados en el tramo Km 0+030 de 0.537 a 0.542; km 0+040 de 0.614 a 0.627; km 0+050 de 0+524 a 0.557; km 0+060 de 0.552 a 0+561; km 0+070 de 0.829 a 0.888; km 0+080 de 1.037 a 1.115; km 0+090 de 1.259 a 1.314. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. En la zona estudiada se halló los resultados para factores de seguridad en su mayoría menores a uno para ambos análisis estáticos y pseudoestático

a causa de ellos se deduce la inestabilidad del talud, como una alternativa de solución modelo banquetas en el talud con el propósito de estabilizarlo para que para ambos análisis se modifiquen los resultados y se obtengan valores mayores a uno.

2. Los métodos más convenientes son los de Spencer y Morgenstem - Price por ser concisos y satisfacer el equilibrio límite usando fuerzas y momentos.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Análisis de Estabilidad de taludes.

Das (2015, p. 334), Define la estabilidad de taludes como el proceso de realizar cálculos para comprobar la seguridad de los taludes naturales, taludes de excavaciones y terraplenes compactados, el cual también implica que se determine y se compare el corte que se desarrolla a lo largo de la superficie de ruptura más probable. Este análisis resulta una tarea compleja ya que la evaluación de las variables tales como la estratificación de suelo y sus parámetros de resistencia son trabajos que hacen de esta tarea formidable. Para Aguilar y Zuñiga (2015, p.14), los estudios que se realizan al evaluar la estabilidad de un talud serian: especificar la resistencia del suelo, implantar el perfil del talud y hallar las condiciones de filtración y agua subterránea, así como, calcular el factor de seguridad, este último determinará la superficie de falla crítica.

Espinoza y Tapia (2013, p. 34) indican que para el análisis de estabilidad de taludes se procede con el cálculo del factor de seguridad, de manera que se pueda definir la manera que sean necesarias en caso de fallas potenciales. Para la estabilidad de taludes es necesario determinar los factores geométricos, factores geológicos, factores hidrogeológicos y factores geotécnicos. Según la opinión de estos autores no se halla una técnica que pueda determinar totalmente un factor de seguridad confiable por lo cual es necesario realizar el cálculo con diversos métodos existentes.

Por otro lado, León y Gonzales (2013, p. 8), definieron al análisis de estabilidad de taludes básicamente como determinar el factor de seguridad,

describiendo así al análisis como un proceso complejo y para el cual se requiere un buen análisis crítico y sobre todo conocimiento de varias ramas en la ingeniería civil.

Para evaluar la estabilidad de un talud es necesario conocer la geometría de un talud, parámetros geológicos, la presencia de agua, presencia de grietas de tensión, dinámica por efectos sísmicos, propiedades del suelo; los cuales no son fáciles de cuantificar y para el cual se requiere un buen análisis para obtener resultados satisfactorios Torres (2007, p. 53).

Tomando en cuenta el lugar de estudio de la presente investigación, según, Rennat y Miller (1997, p. 55), en los análisis de estabilización de taludes para depósitos de relaves se emplean los mismos métodos básicos que las presas, así como los procedimientos generales, para lo cual se requiere un amplio conocimiento en presión de poros. Por lo que para estos estudios es una condición importante el conocimiento en presión de poros.

2.2.1.1. Factor de seguridad

Hoek-Brown (2000) citado por Astete (2017, p. 7) el Factor de seguridad está definido como la relación entre las condiciones reales del talud y las condiciones que pueden presentar una falla. También se puede decir que es el cociente de la cohesión del terreno o el ángulo de rozamiento del talud actual y cohesión o ángulo de fricción requerido para que el talud pueda ser estable. Como también puede decirse que es la división de los momentos resistentes al deslizamiento y los que lo inducen.

En cuanto la opinión de León y Gonzales (2013, p. 8), el factor de seguridad sirve para determinar si una ladera o talud es estable dentro de las condiciones donde se encuentra, se puede adoptar valores que oscilan entre 1.2 y 1.5 o de ser posible valores superiores. Sackschewski (2017, p. 34), determinó que el factor de seguridad se deduce que es un valor que puntualiza la inestabilidad o estabilidad de un talud por ser el factor de amenaza calculado para que el talud falle así este en las peores condiciones, tal es así, que se define como la relación entre la fuerza total

disponible del talud para resistir el deslizamiento y la fuerza que tiende a inducir el deslizamiento.

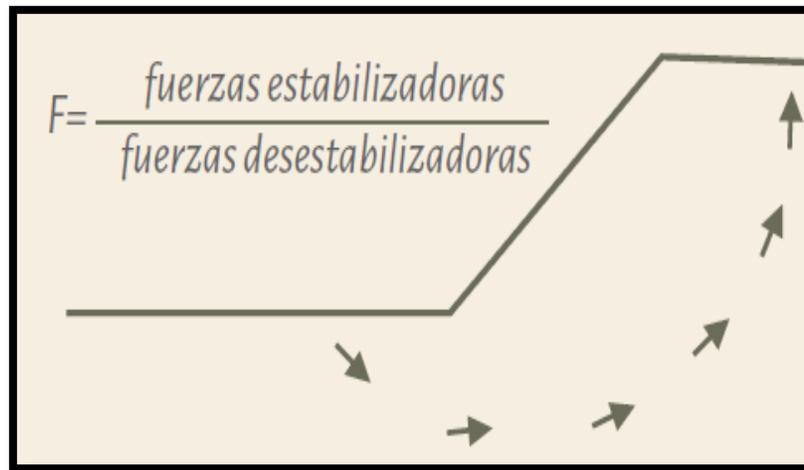


Figura 2. Esquema estabilidad de talud.

Donde F es la relación entre las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras.

(Valiente et al., 2015, p. 51).

Los cálculos dependen de:

a) Precisión en los parámetros mecánicos del suelo los cuales se obtienen al ejecutar los ensayos de laboratorio necesarios para el diseño del talud.

b) El método a ser elegido para el respectivo análisis empleado en el cálculo del factor de seguridad, el cual para su elección se necesita de criterio y experiencia.

c) La forma en que se precisan los valores de las presiones intersticiales a usar en cada uno de ellos. (Espinoza y Tapia, 2013, p.35).

Tabla 1

Coeficientes de seguridad a emplear en el análisis de estabilidad de taludes.

Normativa	Talud Temporal		Talud permanente	
	Estática	Sísmica	Estática	Sísmica
AASHTO LRFD	1.33-1.53	1.1	1.33-1.56	1.1
NAVFAC – DM7	1.3-1.25	1.2-1.15	1.5	1.2 -1.15
FHWA-NHI-11-032	-	1.1	-	1.1
CE. 020	-	-	1.5	1.25

La AASHTO, para condiciones estáticas, establece que, si no hubiera cargas estructurales cercanas al talud, o si son confiables los reconocimientos geotécnicos realizados, debe aplicaras un valor de 1,33; o de ser opuesto, se destina el de 1,53 (Valiente et al., 2015, p. 52).

2.2.2. Procedimientos de Investigación para el Análisis.

2.2.2.1. Tipología y Evolución de los Movimientos en taludes

a) Influencia del Tipo de Material

Para proceder con la investigación respectiva, se puede estimar por anticipado la susceptibilidad de los materiales teniendo en consideración su influencia ya que este guarda una relación estrecha con el tipo de inestabilidad que se puede producir. (Ayala et al. 1986, p. 9).

Mayormente en los terrenos que se producen movimientos, se dividen en:

- Macizos Rocosos

Los macizos rocosos representan una problemática en su comportamiento en la estabilidad de taludes por la distinta naturaleza de las rocas que forman estos. Este macizo rocoso se compone de bloques solidos separados por discontinuidades. Debido a ello se puede decir que sus propiedades tenso – deformacionales son de naturaleza anisótropa. (Ayala et al. 1986, p. 10).

Su comportamiento generalmente depende de las características de las discontinuidades:

- Estratificación
- Diaclasas
- Fallas
- Esquistosidad
- Líneas de debilidad

En las discontinuidades del macizo rocoso ha de tener en cuenta: su origen y tipo, tamaño y discontinuidad, Distribución espacial, presencia de agua, espaciado, rugosidad, naturaleza de relleno.

- Suelos:

Los suelos se diferencian de los macizos rocosos por la deducción de su definición, que pudieron haber sufrido transporte o haberse desarrollado en el mismo lugar, se definen como el conjunto de partículas sólidas sueltas o poco cementadas, de naturaleza mineral, fragmentos de roca, materia orgánica, etc.,. (Ayala et al. 1986, p. 11).

Según Rico y Del Castillo citado por Crespo y Villalaz (2005, p. 18) “definen al suelo como el conjunto de partículas, ya sea por desintegración mecánica o descomposición química de rocas preexistentes”. Mientras que Crespo y Villalaz, (2005, p. 18), por su parte definen al suelo como una capa delgada sobre la corteza terrestre de material que proviene de la alteración física y/o química y desintegración de las rocas, así como, de los remanentes del dinamismo de los seres vivos. Estos agentes físicos pueden ser el sol, el agua, el viento y los glaciares.

El sol al actuar sobre las rocas provoca el procedimiento de exfoliación que consiste en que calienta más el exterior de la roca que su interior lo que provoca diferencias de expansión generando esfuerzos muy fuertes los que a consecuencia de ello provocan rotura en la capa superficial y así ocurre el desprendimiento de la misma. Se generan con mayor efecto en las rocas duras, así como por ejemplo las rocas ígneas más que en las

rocas sedimentarias. Disipan unos de otros por sus coeficientes de dilatación. Por otro lado, si hablamos de agua, la cual en movimiento representa un elemento de erosión importante, ya que genera fricción de unos con otros al arrastrar los fragmentos angulosos de las rocas, por tal hecho se redondean, así se forman los conocidos los cantos rodados de los ríos. El viento contribuye a la erosión cuando arrastra arenas, por ejemplo, los médanos y los loess. (Crespo y Villalaz, 2005, p. 19).

Los agentes químicos, se resumen en el medio ingenieril como meteorización que sufre la roca debido a los cambios superficiales a consecuencia de la acción de los agentes atmosféricos, es así que fomentan la alteración y se produce los cambios internos de las rocas que se presentan en forma de hidratación así se formen nuevos minerales dentro de la masa pétreo. (Crespo y Villalaz, 2005, p. 20).

Según Ayala et al. (1986, p. 12) Para el óptimo desarrollo del proceso de investigación ha de considerarse:

- Tamaño, forma, grado de redondez de las partículas más gruesas.
- Proporción de contenido de arenas o arcilla.
- Contenido de agua en el suelo y situación del nivel freático.
- Materiales de relleno.

Los materiales artificiales no son otra cosa que los depósitos artificiales, que se forman por la necesidad de dinamismo por parte del hombre tal es el caso de: Construcción de obras civiles (presas de tierra, terraplenes, etc.) o como el conglomerado de materiales de desecho, sobrantes, estériles, etc. Las consideraciones técnicas de su comportamiento según el autor han de ser tomados en cuenta como el de los materiales tipo suelo. (Ayala et al. 1986, p. 12).

b) Tipos de Movimientos

(Ayala et al. pp. 12-26), indica que el reconocimiento y clasificación condiciona el análisis y conclusiones de control y estabilización en los taludes lo que hace de está una fase de gran importancia. Los clasifica en:

➤ Desprendimiento: Es puntualizado como la masa separada de un talud, que a menudo afectan bloques aislados, aunque también a masas correctas.

➤ Vuelcos: Los que implican rotación de unidades en forma de columna o bloque sobre una base a causa de la gravedad por la inclusión de agua en las discontinuidades, mayormente se presenta en medios rocosos. Se clasifican en: Vuelcos por flexión, vuelcos de bloques y vuelcos mixtos.

➤ Deslizamientos: Se producen por la superación de la resistencia al corte del material de una o varias superficies, mayormente estas superficies son visibles o pueden deducirse. La velocidad es variable porque depende de la clase de material involucrado. Los movimientos pueden ser progresivos empezando por una rotura local. Se clasifican en:

▪ Deslizamientos rotacionales: Es producida en una extensión de deslizamiento más o menos simulado cóncavo o circular, de una condición algo rotacional, en torno a un eje acomodado paralelamente al talud. Se denomina superficie de rotura de talud siempre en cuando la superficie del talud es cortada por encima del pie del mismo; superficie de rotura de pie de talud y de base de talud cuando el corte es producido por el pie de talud quedando por encima del talud y si ocurre debajo del pie del pie de talud con salida en base, respectivamente. Se manifiestan grietas cóncavas y concéntricas con dirección de movimiento y escarpe en la parte alta.

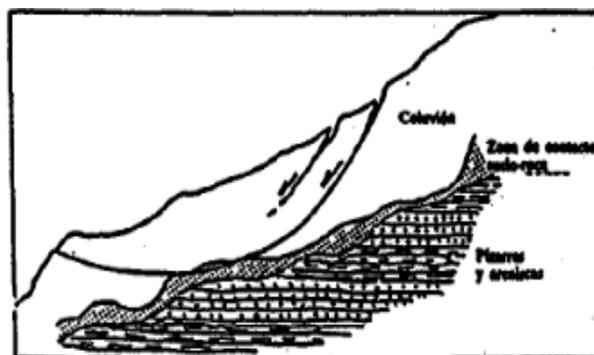


Figura 3. Deslizamiento rotacional de un suelo

(Ayala et al., 1986)

- Deslizamientos traslacionales: El traslado hacia afuera y abajo de la masa en una extensión algo plana o con pequeñas ondulaciones con algunos movimientos son controlados por las discontinuidades tal que influyan la variación de la resistencia al corte de estratos de características diferentes, o bien su grado de meteorización, el tipo de relleno en las discontinuidades, este problema se encuentra con mayor énfasis en macizos rocosos con presencia de discontinuidades bien marcadas.

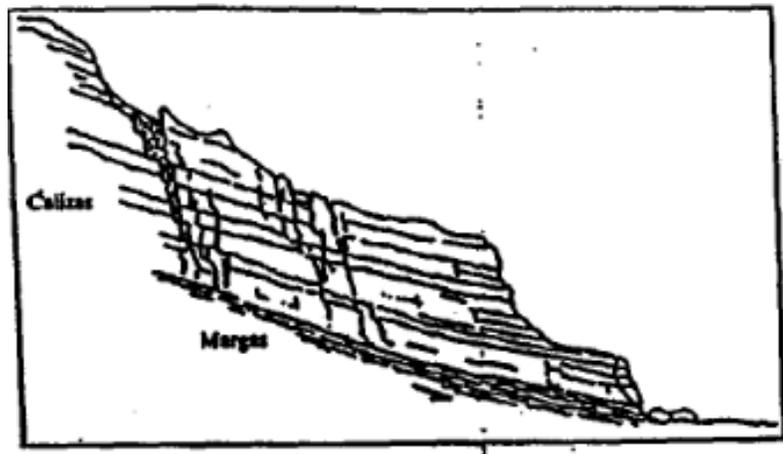


Figura 4. Deslizamiento traslacional en macizo rocoso

(Ayala et al., 1986)

- Coladas: Al producirse movimientos en sentido estricto en materiales rocosos y son menos frecuente en materiales tipo suelo se les denomina coladas.

- Movimientos Complejos: Es resultado de la combinación de uno o más movimientos planteados anteriormente, se observa en las siguientes figuras:

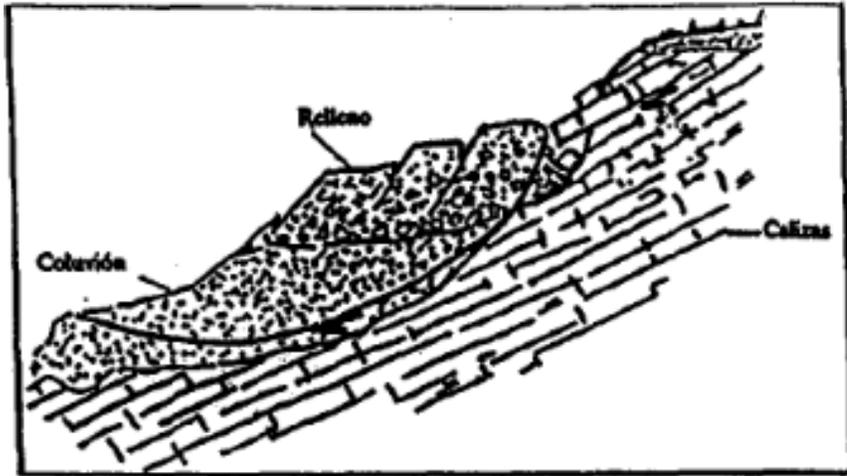


Figura 5. Deslizamiento rotacional y traslacional
(Ayala et al., 1986)

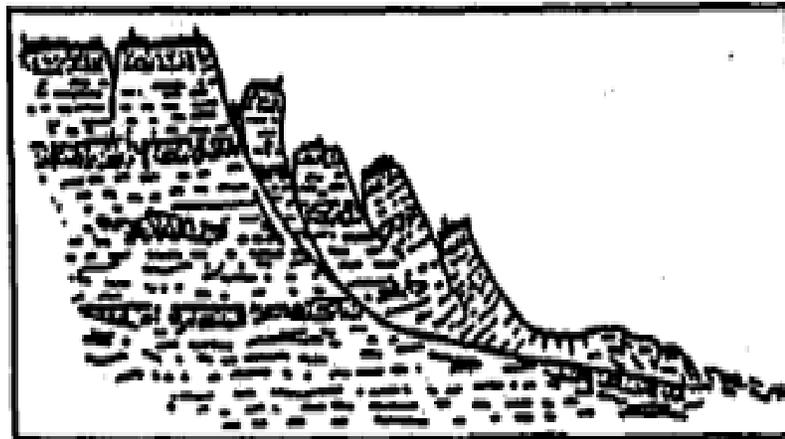


Figura 6. Deslizamiento traslacional y colada de barro.
(Ayala et al., 1986)

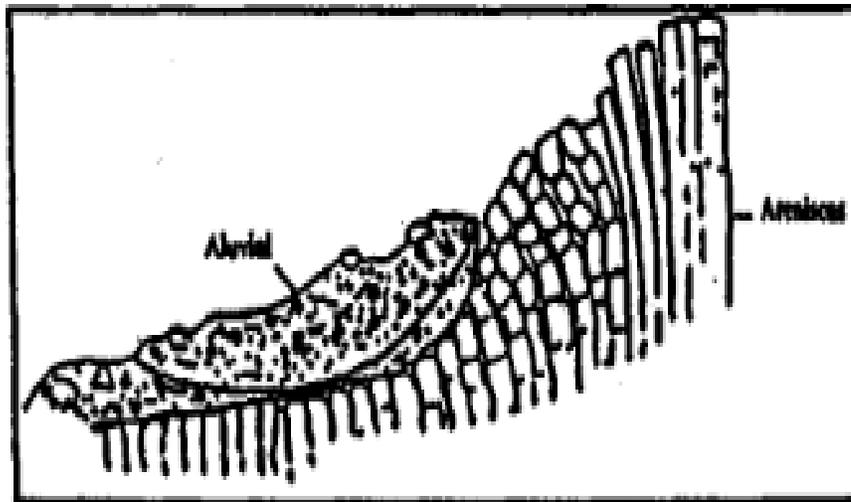


Figura 7. Deslizamiento rotacional y vuelcos

(Ayala et al., 1986)

c) Factores Condicionantes y Desencadenantes

Es de mucha importancia el conocimiento de los factores que condicionan, así como los desencadenantes que producen los desplazamientos, para lograr un análisis de estos, así ambos factores demostrarán una correcta evaluación de la contingencia. La estructura geológica, las condiciones hidrogeológicas, morfología, litología, etc., condicionan la susceptibilidad para la producción de estos movimientos. (Ayala, et al. 1986, p. 26).

d) Factores naturales

En el tema de la hidrología se considera primordialmente las precipitaciones y el clima porque representan un factor determinante en la estabilidad de los taludes. Las cuales determinan la altura del nivel freático que presentaran los taludes. Las condiciones para los procesos de meteorización física y química son definidas encontrando si existe concurrencia o no de agua y temperatura. Del mismo modo, las modificaciones en el clima perjudican los procesos (Iberico, 2015, p. 11).

Fundamentalmente tratan de los elementos que integran la meteorización, siendo los agentes erosivos, tal es así que se menciona aquí algunos:

- **El agua:** Considerado como el agente de mayor incidencia, dadas las formas diversas de su presentación en la naturaleza, se pormenoriza los efectos de acuerdo a su proveniencia: Ríos y oleaje, Aguas subterráneas, Lluvias.

- **Aguas Subterráneas:** Son las corrientes y niveles subterráneos y el agua distribuida en el interior de la red de fracturación de forma intersticial en los suelos, ejerce una serie de disoluciones y otros cambios físico – químico en el terreno, puede originar licuación de suelos arenosos por aumento de presión intersticial, debido a cambios bruscos en el nivel freático. (Ayala, et al. 1986, p. 28). Según Suarez (1998, p. 36), los factores que afectan considerablemente a la estabilidad de taludes con el tiempo son los niveles de agua freáticas y pueden modificar la resistencia de los materiales y el estado de esfuerzos. Es importante investigar el clima regional y analizar el terreno, donde se incluye el tipo y distribución de la roca, las fallas, fracturas, la existencia de manantiales, o humedales para así determinar las áreas de recarga y descarga. Morales (2000, p. 27), refiere que la presencia de agua en el interior de un talud es controlada por las discontinuidades que existen, donde influye la altitud, el espaciamiento. Además, es de conocimiento de especialistas en el ámbito que uno de los componentes principales en deslizamiento de taludes es el agua, a continuación, se puede visualizar que se puede resumir en:

- La presencia hidrostática que el agua ejerce sobre las paredes de las discontinuidades, esto provoca que la resistencia disminuya y posteriormente el cizallamiento.

- El actuar sobre la presencia de poros de las diaclasas y sus materiales de desprendimiento.

- En la disminución de la resistencia irregular del cizallamiento
- Cuando provoca alteraciones en las rocas que pueden ocasionar elevadas presiones.

➤ **Lluvia:** La lluvia al caer sus gotas que al contacto con los suelos manufactura salpicaduras que producen levantamiento y separación de algunas partículas que este contiene, así estos se transportan aguas abajo lo que da como indicio para la removilización de la superficie del suelo, lo que da lugar a la disminución de la capacidad de infiltración, cuando el régimen de lluvias es torrencial, el agua tiende a canalizarse en zonas deprimidas causando acciones similares a las corrientes de agua. Si hubiera la existencia de materiales cohesivos estos pueden absorber el agua por los minerales contenidos en los mencionados, así se produce un hinchamiento acrecentando las presiones efectivas del terreno. (Ayala, et al. 1986, p. 29).

“La ocurrencia de períodos lluviosos intensos produce ascensos en los niveles piezométricos y la saturación disminuye las tensiones capilares” (Suarez, 1998, p. 36).

Según Segerer y Villodas (2006), indican que la precipitación engloba a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, puede ser de forma líquida o sólida (nieve, granizo). Generalmente este factor se mide por medio de su equivalente de agua. Por otro lado, también se puede decir que es el origen de todas las corrientes superficiales y profundas, en el caso de taludes esto se conoce como altura de nivel freático. En el caso de hielo y nieve puede producir un ensanchamiento de las discontinuidades y disminución de la cohesión, dificultad de drenaje, las aglutinaciones de nieve en algunas zonas conciben sobrecargas y acrecentar el contenido de agua del terreno.

- **Sismicidad y vulcanismo:** cuando acontece un sismo se producen una sucesión de vibraciones, lo que suscita una fluctuación de estado de esfuerzo en el interior del terreno afectando normal equilibrio de los taludes. una licuefacción del suelo es más probable que se dé en arenas

finas saturadas o arcillas el desplazamiento o rotación de los granos, producto de ello un incremento de presión del agua intersticial. Grandes deslizamientos, desprendimientos, avalanchas, etc. se originan por esta razón. La intensidad de la sacudida mayor a 6.5, y en menor medida su duración es el factor sísmico en mayor incidencia en los movimientos ocurridos en el talud.

Fuerzas sísmicas: De acuerdo a Guanel et.al. (2011), se genera fluctuaciones en el estado de esfuerzos en el interior del terreno que pueden ser causadas por las vibraciones sísmicas, las cuales pueden desatar todo tipo de movimientos (caídos, deslizamientos, flujos, avalanchas, etc.), dependiendo además de la magnitud del sismo y la distancia al epicentro.

La sismicidad depende de la zona donde se encuentre el proyecto, por ejemplo, en las zonas montañosas generalmente es alta ya que la mayoría de las montañas son producto de procesos volcánicos o tectónicos. En relación a lo que afecta la estabilidad de taludes, es que al generar movimientos puede activar deslizamientos de tierra. Y produce efectos de esfuerzo cortante, disminuye la resistencia por aumento de la presión de poros y por último la deformación. Si se presencia suelos granulares saturados, puede llegar a un proceso de licuación Guanel et.al. (2011).

El deslizamiento de taludes muy frecuentemente ocurre por la magnitud de los sismos, a medida que los sismos aumentan, los esfuerzos del suelo disminuyen, generando fallas progresivas o instantáneas en el talud. Cuando pasa el sismo se continúa presentando deslizamientos aislados que producen fallas en un proceso más lento. Otro de los factores que determina mucho son la profundidad del foco o hipocentro, la magnitud del sismo y sus efectos. Siendo así que los sismos que generalmente producen un mayor daño son los sismos relativamente superficiales Guanel et.al. (2011).

e) Tipología y peligrosidad

Debido a la relación de dependencia entre los distintos tipos de movimientos y sus consecuencias ha de matizarse y aparecen conceptos como riesgo y peligrosidad.

En taludes suaves en mayor medida que en los empinados se encuentran los perfiles más profundos de meteorización, se halla un ángulo de pendiente a partir del cual el talud se convierte en inestable en un estado determinado de meteorización y para cada formación. (Suarez, 1998, p. 35).

Los suelos residuales de origen ígneo transigen ángulos superiores a 45° , pero las lutitas meteorizadas saturadas no conceden el exceso de los 20° y pueden ser posibles valores hasta la mitad del Angulo de fricción. Skempton opina que teóricamente en suelos granulares el ángulo de fricción no debe ser excedido por el ángulo de inclinación del talud. (Suarez, 1998, p. 35).

En los movimientos de los taludes existe una serie de factores que influyen en las consecuencias que son:

- a. La velocidad: depende de la pendiente, forma de la superficie de rotura, propiedades físicas de los materiales.

La peligrosidad consiste en evaluar las consecuencias de esa inestabilidad, a nivel humano y material, después de las evaluaciones que se explicaron en acápite anteriores se determina el nivel de riesgo. (Ayala, et al. 1986, p. 38).

2.2.2.2. Investigación de detalle

a) Métodos de investigación

Aportar información esencial para precaver el comportamiento de los materiales de un terreno es su objetivo ipso facto, además, de la obtención un análisis de estabilidad de taludes naturales, diseño de nuevos desmontes y rellenos. (Ayala, et al. 1986, p.70).

b) Ensayos en suelos

Los ensayos a realizar se deben dar en el siguiente orden

➤ Identificación: sirven para clasificar los suelos en grupos con un comportamiento similar, los ensayos necesarios han de ser: granulometría, límites de Atterberg.

Tabla 2

Ensayos necesarios

Tipo de material	Características	Ensayos
Suelos	Identificación	Descripción visual Granulometría Límites de Atterberg
	Estado Natural	Densidad Humedad
	Expansividad	Lambe Hinchamiento: critico libre
	Deformabilidad	Edómetro
	Resistencia y deformación	Compresión simple Triaxial: CU, CD, \overline{CU} Corte directo

Fuente: (Ayala et al., 1986)

2.2.2.3. Caracterización geotécnica de materiales

Morales (2000, p. 33), los aspectos geotécnicos y geológicos dominantes a considerar son la resistencia mecánica del material de la ladera, así como, la distribución dentro de la masa potencialmente deslizable. Otro factor a considerar es la cohesión, si existiera, y aún más importante el ángulo de fricción interna los cuales son factores que determinan las condiciones de la estabilidad del talud, a la vez estos están condicionados por factores

climáticos de la región y específicamente de la zona. Otro factor importante que ha variado mucho en análisis pasados es la homogeneidad o heterogeneidad de la masa.

Para, Rennat y Miller (1997, p. 12), los factores geológicos y geotécnicos en el Perú, tienen un gran grado de importancia dependiendo de la ubicación de depósitos de desechos que en la mayoría de los otros países. En el Perú se encuentran las montañas más jóvenes del mundo y que actualmente continúan creciendo, por lo que ocurren procesos de desgaste de masa de todos los tipos a una velocidad rápida desde el punto de vista geológico. La geomorfología en el Perú es más un asunto de procesos actualmente activos y continuos que de aspectos históricos.

a) Resistencia al corte de suelos

La modelación física del fenómeno de deslizamiento es representada por la resistencia al corte. El ángulo de fricción, así como la cohesión son parámetros que tienen como objetivo el hallar el factor de seguridad de cierta superficie de terreno. Estos ángulos fluctúan de cero a 50 grados de materiales muy blandos a gravas angulosas o mantos de arenisca. La cohesión, de cero (materiales granulares) a 10 kg/cm² (suelos bien cementados), en rocas masivas valores superiores. (Suarez, 1998, p. 38).

La resistencia al corte de los materiales que conforman el talud se debe expresar en términos de los parámetros de esfuerzos efectivos. Se realizan ensayos con muestras representativas de los materiales en la matriz y en las discontinuidades para hallar la cohesión y el ángulo de fricción. Debe existir un rango de esfuerzos que se comparan con los existentes en el talud y saturados para ensayar la muestra a no ser que los materiales no alcanzaran la situación cercana a la saturación durante las lluvias de diseño. Un material no saturado casi siempre tiene mayor resistencia en comparación al mismo material saturado. Sin embargo, tanto los taludes con vegetación como

los protegidos pueden alcanzar contenidos de humedad cercanos a la saturación durante la lluvia de 10 años de período de retorno, a no ser que los taludes se encuentren protegidos efectivamente contra la infiltración directa e indirecta. Tal es así, que no es recomendable confiar en un suelo como contribuyente a la estabilidad a largo plazo. Es esencial suministrar un mantenimiento adecuado para que las medidas de protección de un talud se mantengan trabajando. Por razones ambientales se prefiere la vegetación a los materiales duros (concreto lanzado) como cubierta protectora para controlar la erosión superficial (Escobar y Duque, 2017, p. 175)

2.2.3. Métodos de dovelas

Los métodos de dovelas contemplan el problema bidimensional por lo que la estabilidad se analiza en una sección transversal del mismo, básicamente consiste en hallar la relación de una serie de fajas verticales estudiándose el equilibrio de cada una de ellas.

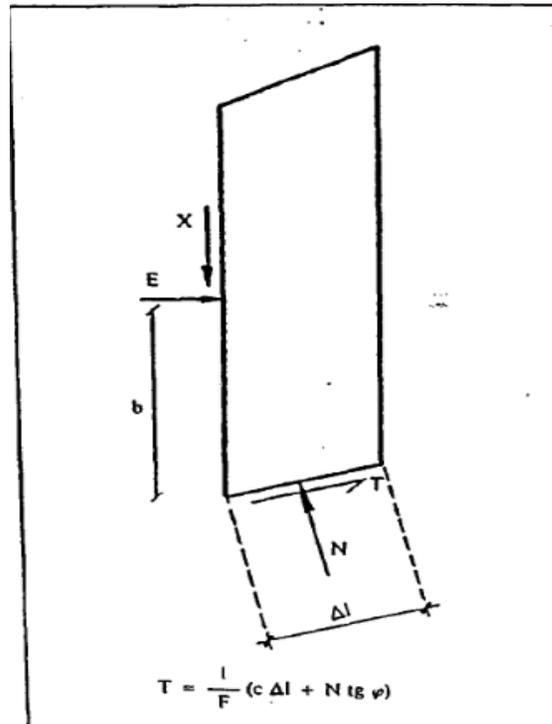


Figura 8. Sistema de fuerzas actuantes sobre una dovela

Fuente: (Ayala et al., 1986)

2.2.3.1. Métodos aproximados de dovelas

(Sackshewski, 2017, p. 34), indicó que los métodos de dovelas son los que analizan la estabilidad del talud en una sola sección transversal, porque se realiza un cálculo en dos dimensiones. La zona a estudiar, pero principalmente la potencial deslizable se divide en un número de dovelas que también pueden llamarse tajadas o fajas verticales, en las cuales se estudia el equilibrio de cada una de ellas. Para determinar el número de tajadas se toma en cuenta la geometría del talud, y la precisión requerida. Cabe resaltar que entre mayor sea el número de tajadas, el resultado será más preciso.

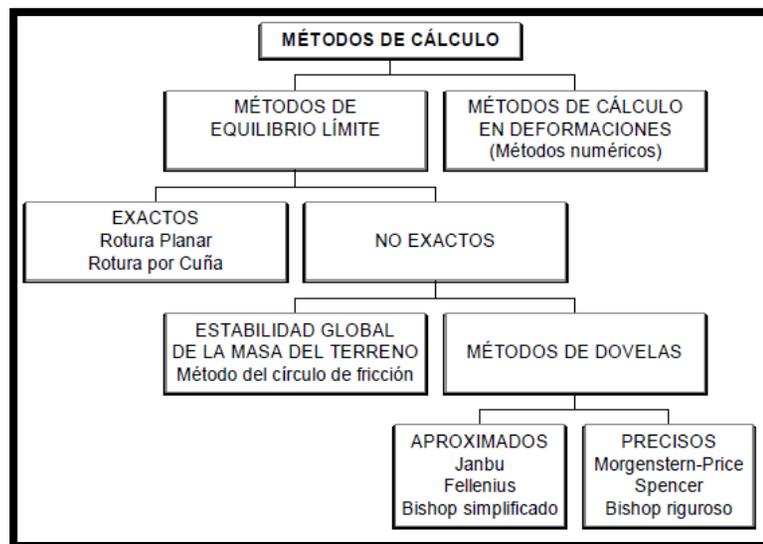


Figura 9. Métodos de Cálculo para estabilización de taludes.

Se ilustra la clasificación de los métodos de cálculo para estabilidad de taludes, donde se puede distinguir que los métodos usados en esta investigación se encuentran en la clasificación del método de Dovelas.

(Suarez, 1998).

Hoy en día los métodos de dovelas son muy usados debido a que se pueden aplicar a una gran variedad de problemas y tienen un grado razonable de exactitud. En este método se permite considerar la acción de las presiones intersticiales, los empujes que actúan sobre el

talud, las diferentes características y en algunos casos son aplicables a cualquier forma de superficie de rotura. Herrera (2003)

En lo que difieren los métodos de dovelas es en las fuerzas que actúan sobre las paredes de las fajas. Tal es así, que se conocen métodos aproximados como el método ordinario o de Fellenius, que consideran las fuerzas entre tajadas; los métodos simplificados de Bishop y de Janbu, que suponen que las fuerzas laterales entre dovelas son horizontales. Otros métodos de cálculo por dovelas son los métodos precisos, como los de Morgenstern-Price y Spencer, que utilizan una función para calcular las fuerzas entre dovelas. Herrera (2003, p. 1)

Herrera (2003, p.1) clasifica a los métodos de las dovelas o rebanas en:

- Métodos aproximados: Fellenius, Janbu y Bishop simplificado, representan esta clasificación que básicamente son los que no cumplen todas las ecuaciones de la estática.

- Métodos precisos o completos: Los más conocidos son los de Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso, cumplen todas las ecuaciones de la estática.

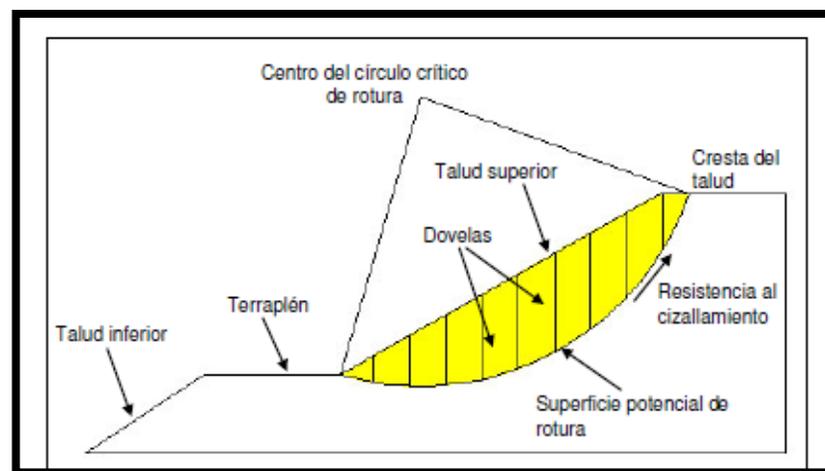


Figura 10. División de la masa deslizante en dovelas

(Sackschewski, 2017, p. 35).

a) Método de Fellenius

El método de Fellenius es el primer método para resolver el problema de taludes no homogéneos por división en rebanadas el cual fue propuesto por Fellenius en 1927 y también se conoce como método ordinario (León y Gonzales, 2013, p. 44). Fellenius, (1936) citado por Orozco (2013) presentó un método analítico usando el equilibrio de dovelas para estimar la estabilidad del talud. Donde se plantea una superficie de falla es circular, siendo impreciso en taludes planos que tienen alta presión de poros, por lo que se obtiene factores de seguridad bajos. En este método se asume que las fuerzas entre las dovelas son iguales y opuestas, donde cada una de ellas está inclinada a un ángulo paralelo a la base del talud, con esto, solo sería necesario resolver las fuerzas que actúan en la base del talud. Una desventaja de este método es que falla al satisfacer el equilibrio límite entre cada una de las dovelas, así que cuando la dovela continua tiene diferente inclinación en la base, lo cual presenta cálculos inconsistentes en la presión efectiva en la base de la dovela, adicionalmente pueden producirse errores cuando se tiene presiones de poros altas y si el círculo es profundo o su radio es pequeño

Suarez (1998, p. 122), refiere que este método no satisface equilibrio de fuerzas y no tiene en cuenta las fuerzas entre las dovelas, tanto para la masa deslizada como para dovelas individuales. Sin embargo, este método es muy utilizado ya que tiene un procedimiento simple. El cual es muy impreciso para taludes planos con alta presión de poros. Además, es conocido también como método sueco, método de las Dovelas o método U.S.B.R. donde se asume superficies de falla circulares, dividiendo el área de falla en tajadas verticales, de donde se obtiene las fuerzas actuantes y resultantes para cada tajada y con la sumatoria de estas fuerzas obtiene el Factor de Seguridad.

Las fuerzas que actúan sobre una dovela son:

- a. El peso o fuerza de gravedad, la cual se puede descomponer en una tangente y una normal a la superficie de falla.
- b. Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción que actúan en forma tangente a la superficie de falla.
- c. Las fuerzas de presión de tierras y cortante en las paredes entre dovelas, las cuales no son consideradas por Fellenius, pero sí son tenidas en cuenta en otros métodos de análisis más detallados.

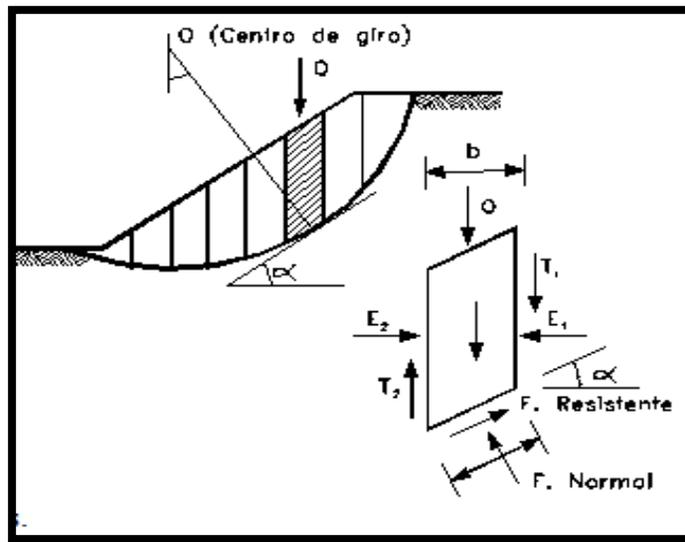


Figura 11. Fuerzas que actúan sobre una dovela en los métodos de dovelas.

(Suarez, 1998).

Este método no considera las fuerzas de interacción entre rebanadas ya que supone que no influye de manera significativa en el cálculo de la estabilidad porque son de pequeña magnitud o se anulan casi totalmente entre ellas; aunque se puede decir que este hecho no es totalmente cierto en todos los casos ya que no sirve para casos donde hay cargas no uniformes sobre el terreno. Aunque es muy recomendable, no siempre es posible conocer directamente las características físicas y mecánicas (γ , c , θ) para comprobar su estabilidad.

Un factor que puede afectar negativamente a la estabilidad de un talud es la presión intersticial (u) producida por la presencia del agua dentro de la masa de suelo. Suponen que β es igual a α para este método. Se nota la influencia de esta teoría con la disminución de fuerzas estabilizadoras, por lo cual se deduce, que la presión intersticial es una fuerza que afecta la superficie de deslizamiento, disminuyendo el efecto de fricción entre la dovela de terreno (Espinoza y Tapia, 2013, p. 42).

Se puede deducir que el este método es el más utilizado, aunque no recomendado, ya que no considera algunas fuerzas que actúan en el análisis, los autores coinciden en la expresión para realizar este método, la cual es la siguiente:

$$F.S. = \frac{\Sigma [C' b \sec \alpha + (W \cos \alpha - u b \sec \alpha) \tan \phi]}{\Sigma W \sin \alpha}$$

Donde:

α = Angulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.

W = Peso total de cada tajada.

u = Presión de poros = $\gamma_w h_w$

b = Ancho de la tajada

C', ϕ = Parámetros de resistencia del suelo.

b) Método de Bishop Simplificado

Bishop (1955), citado por Suarez (1998, p. 122) presentó un método utilizando Dovelas donde ya tuvo cuenta el efecto de las fuerzas entre las Dovelas. se indica que la solución rigurosa de Bishop era muy compleja y por esta razón se utiliza una versión simplificada de su método.

Sanhueza y Rodríguez (2013) indica que Bishop en 1955 en su propuesta de este método analiza la estabilidad de un talud con superficie del tipo circular, tomando en cuenta el efecto de las fuerzas entre dovelas. Por tratarse de un Método de Dovelas, la masa de suelo deslizando debe ser dividida en varias fajas verticales, prosiguiendo con estudiar las fuerzas y momentos involucrados en cada una de las rebanadas definidas y determinar así el factor de seguridad asociado al caso.

Bishop (1955) citado por Aguilar y Zuñiga (2015, p. 31) también asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero, lo cual permite reducir el número de incógnitas. Presentando una solución sobre determinada esto a causa de que no se establecen condiciones de equilibrio para cada dovela.

Por su parte Espinoza y Tapia (2013, p. 43) que citaron a Bishop (1955) indican que propuso un método más riguroso de análisis para deslizamientos en superficies de falla esférica. Donde supuso, en una versión simplificada de su método, en la cual la resultante de las fuerzas a ambos lados de una dovela es horizontal y que el factor de seguridad encontrado es el mismo para todas las fajas. Por otra parte, la resistencia al cortante utilizada en el análisis del método es la resistencia solicitada en lugar de la resistencia máxima; la relación entre una y otra es igual al inverso del factor de seguridad. Este propuso una variante al método de Fellenius en la que dejaba como incógnitas las componentes tangenciales (T) que actúan en las caras verticales de las rebanadas, y calcula el coeficiente de seguridad en función de ellas. En la ecuación definida para este método se observa que el término factor de seguridad FS se encuentra tanto en la izquierda como en la derecha de la ecuación, por lo cual se requiere un proceso de iteración para calcular el factor de seguridad. Se puede decir también que el método simplificado de Bishop es uno de los métodos más utilizados para el cálculo de factores de seguridad de

taludes. Una de las desventajas que se encuentra en dicho método es que solo satisface equilibrio de momentos se considera que los resultados son muy precisos en comparación con el método ordinario. Aunque existen métodos de mayor precisión, las diferencias de los factores de seguridad calculados no son grandes. La principal desventaja del método de Bishop simplificado es que solamente considera superficies circulares. (León y Gonzales, 2013, p. 49-51).

Orozco (2013, p. 14) Bishop tuvo en cuenta el efecto entre las fuerzas entre sí y así su método realizó equilibrio de momentos en las dovelas, adicionalmente asume todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero. Para condiciones razonablemente uniformes y una presión de poros casi constante, se puede suponer que las fuerzas tangenciales entre las dovelas son iguales y opuestas. Bishop inicia el procedimiento suponiendo un valor para el factor de seguridad y aplica el método de aproximaciones sucesivas en el valor real del factor de seguridad para una determinada superficie de falla.

El método de Bishop es útil aun cuando el cuerpo del talud está conformado por varios tipos de suelo con valores diferentes de C y ϕ y si la presión de poros en el talud es conocido o puede ser estimado. Él asume que las fuerzas entre dovelas son horizontales, es decir, que no tiene en cuenta las fuerzas de cortante. El método simplificado de Bishop es uno de los métodos más utilizados actualmente para el cálculo del factor de seguridad de los taludes. (Reyes, 2015, p. 39)

De lo anterior se puede deducir que el método de Bishop que era completo era un tanto complejo, por lo cual se redujo su método con la siguiente expresión:

$$F.S. = \frac{\sum [C'b + (W - ub) \tan \alpha]}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde:

$$ma = \cos\alpha \left(1 + \frac{\tan\alpha \cdot \tan\phi}{FS} \right)$$

b = Ancho de la Dovela

W = Peso de cada dovela

C', ϕ = Parámetros de resistencia del suelo.

u = Presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma_w \times h_w$

α = Angulo del radio y la vertical en cada dovela.

Para la determinación de este método Morales (2009, p. 41), indica que el método solamente puede ser aplicado a las siguientes condiciones:

- Suponer una superficie de rotura circular.
- La masa deslizante se divide en n cantidades de rebanadas o fajas verticales.
- Se establece que el equilibrio de momentos de las fuerzas actuantes en cada rebanada con respecto al centro del círculo.
- El equilibrio de fuerzas verticales de cada rebanada se obtienen las fuerzas normales a la superficie de rotura.

La solución es indeterminada; por lo cual se requiere un proceso iterativo.

c) Método de Janbú

Sanhueza y Rodriguez (2013) refirió que la principal consideración de este método es que las fuerzas entre dovelas son solo horizontales, no tomando en cuenta las fuerzas cortantes. A diferencia de los métodos anteriores, en este caso la superficie no debe ser obligatoriamente circular. La diferencia de este método con respecto a los demás es que se utiliza el f_0 como factor de corrección el cual se determina con ábacos.

Janbú, (1968) citado por Orozco (2013, p. 15), asume también que no hay fuerzas cortantes entre dovelas, por lo cual satisface el equilibrio de fuerzas verticales para cada dovela, así mismo, asume las fuerzas horizontales para la superficie de masa completa más no el equilibrio de momento global. Janbú a diferencia de Bishop presenta un factor de corrección f_0 , el cual está en función de la geometría del talud y los parámetros de resistencia del suelo. Más adelante presentó unos cálculos para hallar el f_0 cuando se tienen superficies de falla con suelos heterogéneos.

$$f_0 = 1 + b_1 \left[\frac{d}{L} - 1.4 \left(\frac{d}{L} \right)^2 \right]$$

Donde b_1 de acuerdo al tipo de suelo:

Suelos solamente Cohesivos	$b_1=0,69$
Suelos solamente friccionantes	$b_1=0,31$
Suelos con C y φ	$b_1=0,50$

Benavides (2015), refiere que el resultado de trabajar con la figura mostrada no es precisa además de que requiere trabajar continuamente con la figura. Por lo cual plantea formulas después de haber tabulado datos en un software, los cuales son:

Cálculo para suelos cohesivos

$$f_0 = -0.9113 \left(\frac{d}{L} \right)^2 + .6662 \left(\frac{d}{L} \right) + 1.0035$$

Cálculo para suelos granulares

$$f_0 = -0.4303 \left(\frac{d}{L} \right)^2 + .3128 \left(\frac{d}{L} \right) + 1.004$$

Cálculo para suelos mixtos.

$$f_0 = -0.453 \left(\frac{d}{L} \right)^2 + .3977 \left(\frac{d}{L} \right) + 1.0084$$

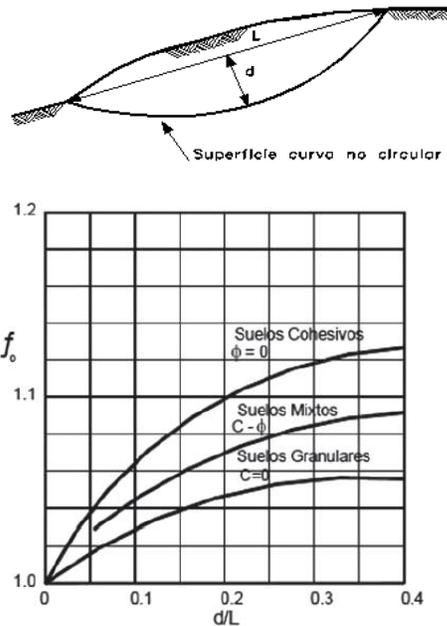


Figura 12. Diagrama del factor f_0 utilizado en el método de Janbú

(Suárez, 1998)

Para determinar la estabilidad de un talud, Janbú considera el cálculo de un FS, el cual satisface el equilibrio de esfuerzos.

(Janbú, 1973) citado por (Aguilar y Zuñiga, 2015, p.31), presentó un método de Dovelas para superficies de falla curvas, no circulares. De acuerdo con Janbú (ecuación modificada):

$$F.S. = \frac{f_0 \Sigma [C'b + (W - ub) \tan \phi]}{\Sigma W \tan \alpha} \frac{1}{\cos \alpha \, ma}$$

Al igual que Bishop asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas. La solución es sobredeterminada que no satisface completamente las condiciones de equilibrio de momentos. Sin embargo, Janbú utiliza un factor de corrección f_0 para tener en cuenta este posible error. Los factores de seguridad son bajos. La razón por la que Janbu requiere del factor f_0 es para tener en cuenta un posible error.

2.3. Marco normativo

a) Norma C.E. 020 (2019) – Estabilidad de Suelos y Taludes

En el marco normativo en la presente investigación se utilizó la Norma C.E. 020, que tiene por objeto establecer 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.

Considera exigencias mínimas, sin ser limitativo para los estudios de deslizamientos de laderas o taludes brindando un enfoque ambiental orientado a gestión de riesgos.

Referencias Normativas:

- NTP 339.127:1998 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

- NTP 339.128:1999 SUELOS. Métodos de ensayo para el análisis granulométrico.

- NTP 339.129:1999 SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

- NTP 339.133:1999 SUELOS. Métodos de ensayo penetración estándar SPT.

- NTP 339.134:1999 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS).

- NTP 339.128:1999 SUELOS. Método de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones no drenadas.

La solución geotécnica integral de estabilización del talud incluye necesariamente la formulación y desarrollo de dos componentes:

Componente 1: Evaluación de la condición de estabilidad del talud.

Componente 2: Metodología de estabilización y remediación del talud.

Para la evaluación de la condición de estabilidad del talud se desarrollará:

- La mecánica de suelos

- El comportamiento geodinámico del área.

- El flujo de agua.
- La geometría del talud.
- Topografía del entorno.

El factor de seguridad mínimo de talud deberá ser 1.5 para condiciones estáticas y 1.25 para condiciones sísmico.

b) Norma E030 – Diseño Sismoresistente

De esta norma, se necesita la información de factor Z y según indica para la zona 2 da un factor de 0.25, en el acápite 4.7.3 indica que la fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción de peso igual a $K = 2/3K$ que da un valor de 0.17.

2.4. Definición de Términos

- Talud: Se define al talud como una superficie inclinada respecto a la horizontal permanentemente hayan de adoptar las estructuras de tierra. Por la razón que en ese estudio se encuentra tanto problemas de mecánica de suelos como de rocas el talud se cataloga como una estructura compleja de analizar además de tener en cuenta también el desempeño de la geología aplicada en la formulación de cualquier criterio aceptable. Si el talud está formado de forma natural es ladera, mientras que los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación terrea natural (desmontes), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes. (Matteis, 2003, p. 2).

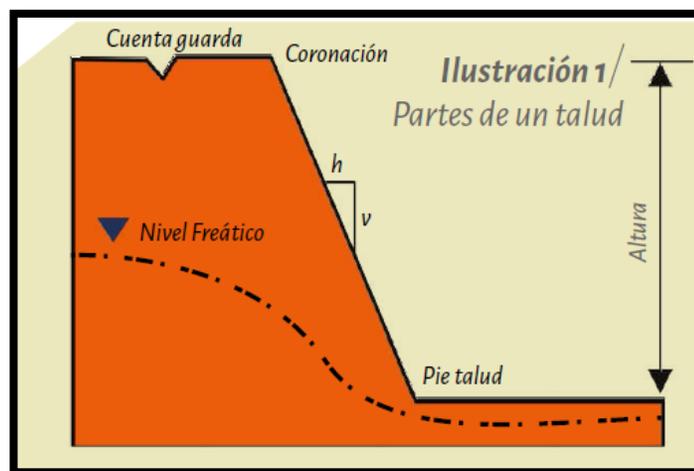


Figura 13. Partes de un talud
(Valiente et al., 2015, p. 50).

- Estabilización de taludes: Según (Matteis, 2003, pag. 3), se entiende algo no tan complejo como decir cuál será la inclinación apropiada en un corte o terraplén, así es casi siempre resultante que la inclinación más escarpada que resista un tiempo necesario sin caerse es apropiada. Lo antes mencionado es la razón del origen de este estudio, así como el centro del problema.

- Según el Reglamento Nacional de Edificaciones [RNE] CE 020, definió a la estabilización de taludes como la solución geotécnica integral que se implementa en un talud, sea de terraplén, de excavación, de corte, natural u otros, capaz de incorporarle equilibrio suficiente y sostenible, que atienda los criterios gravitatorios y sísmicos, medidos por factores de seguridad, sin afectar negativamente a su entorno.

- Ángulo de Fricción: (Suarez, 1998, p. 81) básicamente es el coeficiente de rozamiento = $\tan \phi$, por ser la representación matemática del coeficiente de rozamiento, el cual es un concepto básico de la física.

- Altura de nivel freático (Suarez, 1998, p. 245): distancia del pie de talud al nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático se acostumbra medirla debajo de la cabeza del talud.

- Falla por licuación (Suarez, 1998, p. 317) la reducción muy rápida de la resistencia al esfuerzo cortante produce una falla por licuación, se produce con mayor frecuencia en arenas finas sumergidas, ya que estas se encuentran sometidas a incrementos de presión por efectos de vibraciones o sismos.

- Resistencia al esfuerzo cortante del suelo (Espinoza y Tapia, 2013, p. 35): la oposición que ofrecen las partículas al desplazamiento relativo definen la resistencia al esfuerzo cortante; puesto que depende de la interacción entre éstas, la naturaleza de las interacciones será la que determine la magnitud de la resistencia.

- Fallas por agrietamiento (Espinoza y Tapia, 2013, p. 27): El agrietamiento se origina cuando la deformación de la cortina produce zonas de tracción, que aparecen por asentamientos diferenciales de la masa del suelo, ya sea por asentamientos propios del terraplén o del terreno de cimentación.

- Presión de poros (Benavides, 2015, p. 70): presión que ejerce el agua subterránea atrapada en el suelo en huecos situados entre las partículas del suelo llamados poros.

- Superficie de rotura (León y Gonzales, 2013, p. 7): Podemos definir las superficies de rotura como las zonas de contacto o interfaz entre la masa de suelo o roca potencialmente inestable o en movimiento y la masa de terreno estable o estática del talud o ladera. Dichas superficies tienen formas geométricas muy variables, pero, en el caso particular de los deslizamientos, pueden considerarse dos grupos principales: las superficies curvilíneas y cóncavas características de los deslizamientos rotacionales; y las superficies planas u onduladas típicas de los deslizamientos traslacionales.

- Estabilidad física (Reyes, 2015, p. 27): El diseño incluye investigaciones geotécnicas de campo tales como mapeos-geológicos geotécnicos, perforaciones, calicatas, trincheras, ensayos geofísicos, pruebas de resistencia in situ, entre otros, además de un extenso programa de laboratorio para caracterizar los suelos de la cimentación, materiales de canteras a ser usados en la construcción, mineral, desmonte, relaves, etc. según sea el caso.

- Terraplén (Sackschewski, 2017, p. 40): Suelo con el que se rellena un terreno para levantar su nivel y obtener un plano de apoyo adecuado para las capas suprayacentes de la carretera. El talud de un terraplén de acuerdo con las especificaciones técnicas tiene una inclinación de 1.5:1 (H: V) equivalente a 33.7°.

- Refracción Sísmica (Sackschewski, 2017, p. 47): Método sísmico aplicado en el estudio del subsuelo, para la determinación de las condiciones (alteración, meteorización, fracturamiento) y competencia de los materiales, así como para la detección de discontinuidades. Este método mide el tiempo de propagación de las ondas sísmicas y las llegadas de éstas a los geófonos, que registran el tiempo de llegada, dispuestos en superficie en línea recta, a distancias conocidas, formando lo que se conoce como tendido sísmico o línea de refracción.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando los métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excelsior – Pasco, son mayores a 1.5 para el análisis estático y 1.25 para el análisis sísmico.

2.5.2. Hipótesis Específicas

- a. Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius son menores en comparación con los otros métodos.
- b. Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado son mayores que los otros métodos.
- c. Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu, son los más conservadores.

2.6. Variables

2.6.1. Definición conceptual de la variable

2.6.1.1. Variable dependiente (Y):

➤ Análisis de la Estabilidad de Taludes

Reglamento Nacional de Edificaciones [RNE] Norma CE020, Proceso en el que se evalúan cuantitativamente la interacción entre las fuerzas estabilizantes o resistentes y las fuerzas desestabilizantes o movilizantes que actúan sobre un talud.

2.6.1.2. Variable independiente (X):

➤ Métodos Aproximados de Dovelas

Sackschewski (2017) Los métodos aproximados de dovelas analizan la estabilidad del talud en una sección transversal del mismo, ya que considera el cálculo en dos dimensiones. No cumplen todas las ecuaciones de la estática.

2.6.2. Definición Operacional de la Variable

Tabla 3

Definición Operacional de las variables

Variable	Definición Operacional
Análisis de la Estabilidad de Taludes	Es el proceso por el cual se realizan cálculos que ayudarán a determinar la seguridad de los taludes ya sean naturales, realizados por el hombre o terraplenes. Dentro de los cálculos se requiere la determinación del factor de seguridad, para el cual se debe hacer la elección del método por el cual se determinará dicho factor de seguridad, para su posterior análisis.
Métodos Aproximados de Dovelas	Métodos aproximados de dovelas, herramientas necesarias para el cálculo del factor de seguridad para posteriormente el análisis de estabilidad de taludes, existen muchos métodos para la obtención del factor de seguridad, pero los mencionados métodos son entre los más sencillos y los más usados.

Fuente: Elaboración propia

La relación funcional es:

$$Y = f(x)$$

2.6.2.1. Operacionalización de las Variables

Tabla 4

Cuadro de Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Indicadores				Ratios	Categoría	Escala	Instrumento
Variable dependiente: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES	Tipología y desarrollo de los movimientos.	•Influencia del tipo de material				S/M	Macizo Rocoso, Suelo, Material de relleno.	Nominal	Ficha de observación
		•Tipo de movimiento				S/M	Desprendimiento, Vuelco, Deslizamiento, Coladas, Movimientos Complejos	Nominal	Ficha de observación
		•Factores Condicionantes y Desencadenantes	Factores naturales	El agua	Agua Subterránea	m	Alto, bajo, medio	Ordinal	Ficha Técnica
					Lluvias	S/M	Lluvioso	Ordinal	Ficha Técnica
				Sismicidad y vulcanismo		S/M	Factor sísmico	Nominal	Ficha Técnica
		•Tipología y peligrosidad	Pendiente		%	Alto, bajo, medio	Ordinal	Ficha Técnica	
			Nivel de riesgo		S/M	Débil, mediano, elevado, muy elevado	Ordinal	Ficha de nivel de riesgo	
		Caracterización Geotécnica de Materiales	•Resistencia al corte de suelos	Angulo de fricción		°	No tiene categoría	Nominal	Ficha técnica
Cohesión				Kg/cm ²	Cohesivos, no cohesivos	Nominal	Ficha técnica		
Variable independiente: MÉTODOS APROXIMADOS DE DOVELAS	Fellenius Bishop Simplificado Janbu	•ángulo de fricción interna				°	No tiene categoría	Nominal	Ficha técnica
		•Cohesión				Kg/cm ²	Cohesivos, no cohesivos	Nominal	Ficha técnica

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de Investigación

3.1.1. Método general de la investigación

El método general empleado en la presente investigación fue el método científico, según Torres Bardales (1992), es el proceso general que combina la práctica y la teoría. Básicamente una actividad que da relación entre gnosis y la práctica, se aprecia las observaciones y aplicaciones de los dispositivos de efectos teóricos tienen como fin lograr los objetivos de la ciencia, es decir, se deduce, por lo tanto, que es la relación existente entre la investigación científica básica que tiene por finalidad incrementar el conocimiento en áreas específicas y aplicada pretende lograr la eficacia del conocimiento científico.

En esta investigación se describe como investigación científica porque se siguió pasos ordenados tales como: recolección de la información de las variables análisis de estabilización de taludes y métodos aproximados de dovelas, se organizó la información recolectada, se encontró los factores que influyen la inestabilidad de los taludes, el cálculo el factor de seguridad, se elaboró cuadros comparativos de los diversos métodos, se realizó el análisis de estabilidad de los taludes estudiados, verificando las hipótesis planteadas y por último se concluyó y recomendó de acuerdo a los datos obtenidos.

3.1.2. Método específico de la investigación

Los métodos específicos que se utilizaron en la investigación fueron el deductivo - inductivo, analítico – sintético.

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue aplicada, porque se buscó conocer estudios anteriores de las variables, con los cuales se desarrolló soluciones a los problemas planteados que son los resultados del análisis de estabilidad de taludes y eligió el factor de seguridad más óptimo, que se requieren de forma inmediata.

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de la investigación fue descriptivo - explicativo, porque se desarrolló un estudio estructurado, por lo que, en primer lugar, se describirá el análisis de estabilidad de taludes y los métodos aproximados de dovelas con bases teóricas existentes; prosiguiendo con relacionar dichas variables, se encuentra que coinciden con un factor común que es el factor de seguridad y por último explicar ambas variables, mediante cálculos y un estudio estructurado.

3.4. Diseño de la Investigación

El nivel de investigación fue no experimental- transversal, según Carrasco (2005), requerido para analizar y conocer las características, rasgos, propiedades y cualidades de un hecho o fenómeno de la realidad en un momento determinado del tiempo.

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

En la presente investigación se tuvo como población: los taludes ubicados en el depósito de desmotes Excélsior de la progresiva 0+000 al 1+050.

3.5.2. Muestreo

El tipo de muestreo fue no probabilístico o intencional se seleccionó las zonas por ser las más críticas del depósito de desmonte de mina Excélsior, ya que en el pie de talud se encuentra material de relave.

3.5.3. Muestra

La muestra de este estudio estuvo conformada por los taludes de las progresivas: 0+100 - 0+200 (S1); 0+800- 0+900 (S2) y 0+900 + 1+000 (S3); las que fueron seleccionadas por el investigador en forma intencional.

3.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

Observación: Se realizaron visitas a campo para poder observar el estado de los taludes y la geología de la zona.

Entrevista: Se consultó con profesionales que dominan los temas implicados en las variables.

Ficha técnica: Se realizó una ficha técnica para la recolección de datos en campo y un resumen de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio, con preguntas clave para obtener dicha información.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Cuaderno de campo: que fue necesario para anotar las observaciones que se realizarán en las visitas de campo.

3.7. Procesamiento de la información

Los resultados obtenidos se presentarán mediante ecuaciones, gráficos y tablas, y se interpretan

- Tabulación de datos.
- Gráficas de resultados
- Cuadros comparativos

3.8. Aspectos éticos de la Investigación

El presente trabajo de investigación plantea la situación problemática a través de una narrativa: quienes están afectados, dónde, cuándo, cómo, en quiénes y qué consecuencias pueden presentarse:

- Se respetó la libertad de investigación y el derecho de propiedad intelectual.
- No se expuso aquello que no está comprobado y demostrado.
- Se gestionó el conocimiento científico como medio para lograr el desarrollo del país, y la Universidad es el mejor camino para encontrarlo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados

Un talud es según Matteis (2003, p. 2) cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal, que constituye una estructura compleja de analizar debido que para su estudio se hace necesario conocer la mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin dejar de lado la geología básica aplicada.

Tabla 5

Sondajes realizados para el análisis

N°	Sondaje	Progresiva	N	E
1	S-1	0+100 - 0+200	8817705.682	360782.627
2	S-2	0+800 - 0+900	8818366.221	360654.623
3	S-3	0+900 - 1+000	8818540.986	360611.481

Se muestra los tres puntos de donde se extrajo las muestras para el posterior análisis de la estabilidad de los taludes, considerando la progresiva y sus coordenadas correspondientes. Fuente: elaboración propia

4.1.1. Influencia del tipo de material

Se trabajó con los datos requeridos para un análisis de estabilidad de taludes en suelos, por recomendación de Ayala et al, (1986) quien indica que

los materiales de relleno que son los que se encuentran en esta investigación son muy parecidos al tipo suelo:

Tabla 6

Caracterización de los suelos

Sondaje	Características Físicas del talud	Clasificación SUCS	Humedad
S-1	Residuos mineros, color beige a plomo, presencia de gravas 2", bolones 6", bloques 20"	GC- Grava arcillosa	14.48
S-2	Residuos mineros, color beige a plomo, presencia de gravas 2", bolones 10", bloques 30"	ML-Limo de baja plasticidad	22.5
S-3	Residuos mineros, color beige a plomo, presencia de gravas 2", bolones 10", bloques 30"	SM- Arena Limosa	22.5

Los datos fueron resultado de los ensayos realizados para la clasificación de suelos, y de las fichas de observación que se realizaron en la desmontera, se puede deducir que los suelos que contienen en su mayoría de suelos arcillosos se expanden al contacto con el agua lo que hace que los taludes no sean estables. Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Tipos de movimientos

En la zona estudiada, se determina que ocurren deslizamientos rotacionales por tener una superficie circular y cóncava de forma irregular.

Tabla 7

Forma del talud

Sondaje	S-1	S-2	S-3
Forma de la superficie de talud	Cóncava	Cóncava	Cóncava

Toda el área a trabajar es de forma irregular, lo cual implica que no se encuentran firmes ya sea con banquetas o sin ellas. Fuente: elaboración propia.

Tabla 8

Largo – Alto del talud

Sondaje	S-1	S-2	S-3
Largo (m)	100	100	100
Alto (m)	65	50	56

Con el levantamiento topográfico realizado en la zona, se ha encontrado un ancho máximo de 65 m. según Suarez (1998) entre más largo sea un talud mayor recorrido tendrán las aguas de escorrentía. De acuerdo a estos datos se puede decir que no tenemos mucha longitud, pero si los anchos de consideración. Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Factores condicionantes y desencadenantes

4.1.3.1. Factores naturales

a) Agua

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico del área en estudio, se han realizado 03 sondajes con pruebas de penetración estándar, alcanzando las siguientes profundidades

Tabla 9
Resultados de SPT

Sondaje N°	Progresiva (km)	Profundidad (m)		Nivel freático (m)	Observaciones
		Penetración estándar	Total		
S-1	0+220	7.45	10.75	0.70	---
S-2	0+940	8.45	12.05	1.80	---
S-3	1+050	9.45	12.90	---	Filtración a la profundidad de 2.90 m

Fuente: Elaboración propia

➤ **Aguas superficiales**

Tabla 10
Altura del nivel freático

Sondaje	S-1	S-2	S-3
Altura Nivel Freático (m)	0.70	1.80	2.90

La altura del nivel freático es un factor importante a considerar porque pueden modificar la resistencia de los materiales y el estado de esfuerzos. Morales en el (2000, p. 27) refiere que la presencia de agua en el interior de un talud es controlada por las discontinuidades que existen, en el proyecto se cuenta con discontinuidades en toda el área a trabajar. Fuente: Elaboración propia.

➤ **Lluvias**



Figura 14. Periodo de Lluvias sierra central

En la sierra, la latitud, altitud, presencia de vientos locales y el efecto pantalla de la cordillera dan lugar a diferentes condiciones climáticas. En general, las temperaturas decrecen al aumentar la altitud, mientras que la precipitación lo hace de Norte a Sur y de Oeste a Este. Durante la estación húmeda (diciembre-marzo), las precipitaciones más altas se dan en el Norte y en el flanco Este de la cordillera. Las temperaturas varían poco estacionalmente. Fuente: Ciclos horarios de precipitación en el Perú utilizando información satelital, Senamhi, (2016)

➤ **Sismicidad y vulcanismo**

Según la norma E030 del Reglamento Nacional de Edificaciones la última actualización el año 2019, se tiene que la ciudad de Cerro de Pasco se encuentra en la zona 3, por lo cual se ha utilizado un factor de seguridad $Z= 0.25$, para el cálculo del análisis de la estabilidad de taludes.

Tabla 11
Coficiente de Seguridad Sísmica

Sondaje	S-1	S-2	S-3
Factor de sismicidad (%)	0.17	0.17	0.17

El factor de seguridad es $Z= 0.25$, pero para cálculos se utiliza $2/3$ de este factor. Elaboración propia

4.1.4. Tipología y peligrosidad

4.1.4.1. Pendiente

Tabla 12
Pendiente

Sondaje	S-1	S-2	S-3
Pendiente %	54.84	54.84	54.46

Con los resultados obtenidos se puede deducir que se tiene una pendiente elevada. Fuente: elaboración propia.

4.1.4.2. Nivel de riesgo

El nivel de riesgo de acuerdo a los resultados de la ficha, es riesgo mediano. (Anexos)

4.1.5. Caracterización geotécnica de materiales

4.1.5.1. Resistencia al corte de suelos

Tabla 13

Parámetros de esfuerzos efectivos

Sondaje	S-1	S-2	S-3
Ángulo de fricción	32.08	22.39	15.30
Cohesión (kg/cm ²)	0.02	0.00	0.13

Para obtener un cálculo preciso del factor de seguridad y así poder evaluar un análisis de estabilidad de taludes con los diferentes métodos, es necesario contar con dos datos muy importantes los cuales son los parámetros de esfuerzos específicos: ángulo de fricción y cohesión válidos para las fórmulas y también parámetros solicitados en cualquier programa existente de taludes.

Fuente: elaboración propia.

4.2. Resultados por objetivos

4.2.1. Resultados empleando el método de Fellenius.

4.2.1.1. Zona: S1

- Análisis estático (F.S.=2.003)

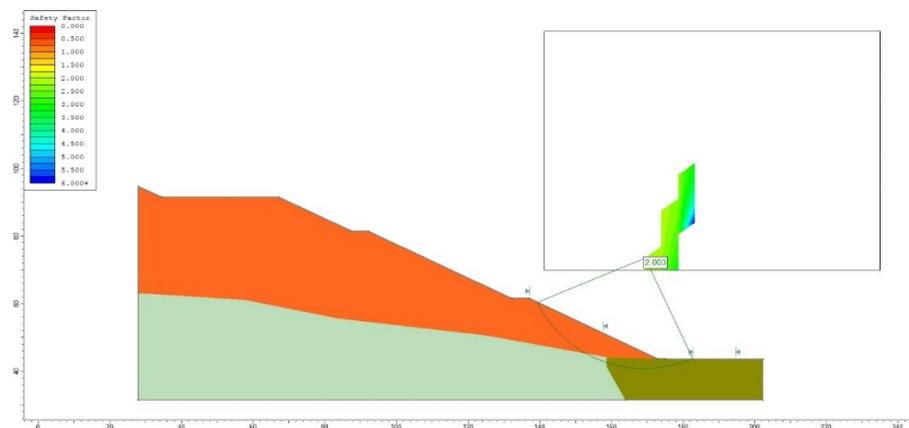


Figura 15. S1: Análisis Estático – Método de Fellenius

El talud es estable porque la Norma CE 020 da como mínimo de 1.5 para el factor de seguridad, este resultado es favorable. Elaboración Propia.

• **Análisis Sísmico (F.S.= 1.367)**

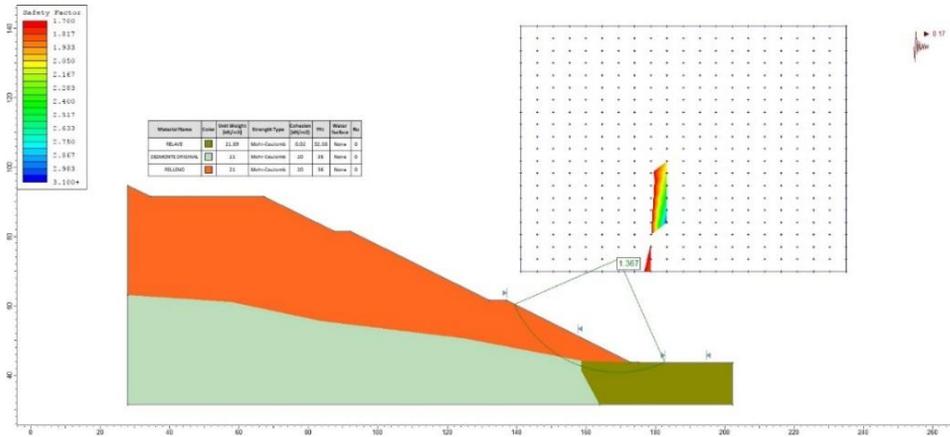


Figura 16. S1: Análisis Sísmico– Método de Fellenius

Al aplicar fuerzas sísmicas utilizando el factor sísmico de $Z=0.17$ se tiene un valor de 1.367, el cual se encuentra dentro de los rangos planteados por la Norma CE 020 (2019), que para análisis sísmico da un valor de 1.25. Por lo tanto, se puede deducir por este método el talud en condiciones sísmicas, es estable. Elaboración Propia.

4.2.1.2. Zona: S2

• **Análisis estático (F.S.= 1.656)**

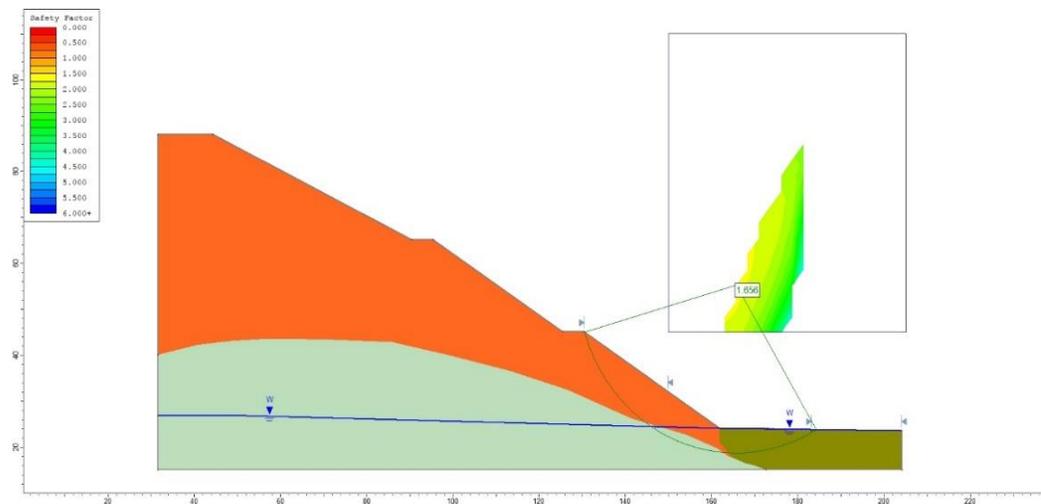


Figura 17. S2 Análisis Estático – Método de Fellenius

El resultado del análisis de este método en la zona S2 es 1.656, el cual es un resultado sin la acción de fuerzas sísmicas, por lo tanto, de acuerdo al resultado que se obtuvo se deduce que el talud es estable de acuerdo al valor anteriormente explicado 1.5, este resultado es favorable.

Elaboración Propia

• **Análisis Sísmico (F.S.= 1.111)**

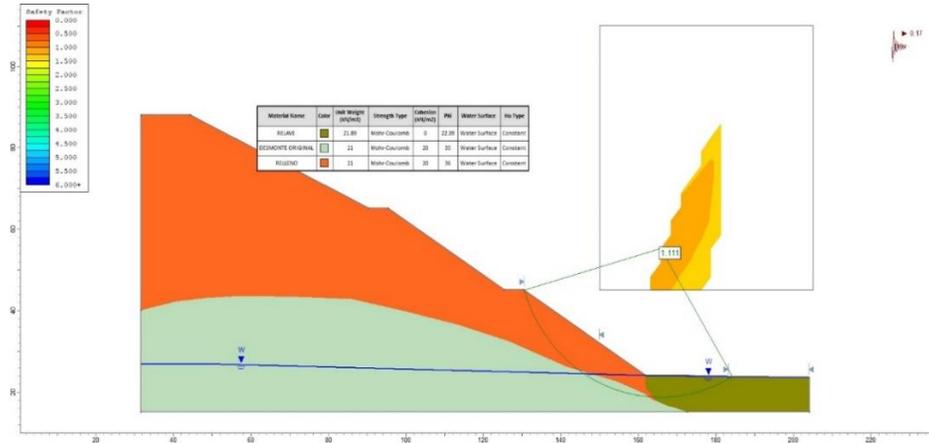


Figura 18. S2: Análisis Sísmico– Método de Fellenius

Al aplicar fuerzas sísmicas utilizando el factor sísmico de $Z=0.17$ se tiene un valor de 1.111, el cual no se encuentra dentro de los rangos permitidos de acuerdo a la norma CE 020 que exige un mínimo de 1.25 para catalogar al talud como estable. Elaboración Propia.

4.2.1.3. Zona: S3

• **Análisis estático (F.S.= 1.696)**

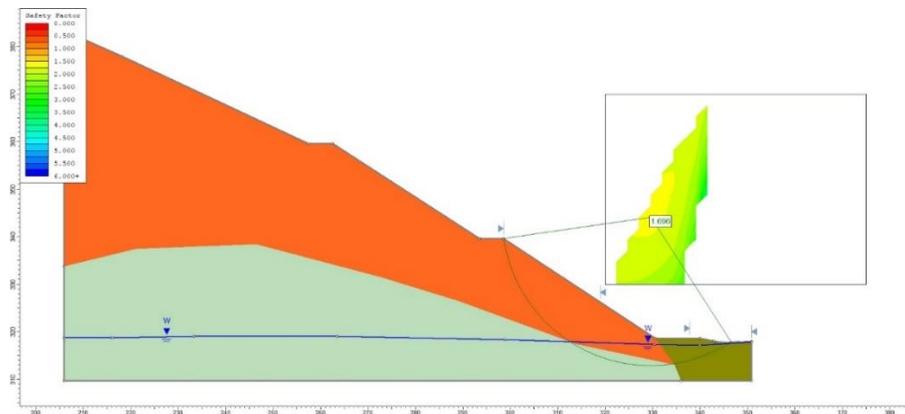


Figura 19. S3 Análisis Estático – Método de Fellenius,

El resultado del análisis de este método en la zona S3 es 1.696, el cual es un resultado sin la acción de fuerzas sísmicas, por lo tanto, de acuerdo al resultado que se obtuvo se deduce que el talud es estable de acuerdo con la norma CE 020 que da un valor de 1.5 para constatar la estabilidad del talud, este resultado es favorable. Elaboración Propia.

- **Análisis Sísmico (F.S.= 1.162)**

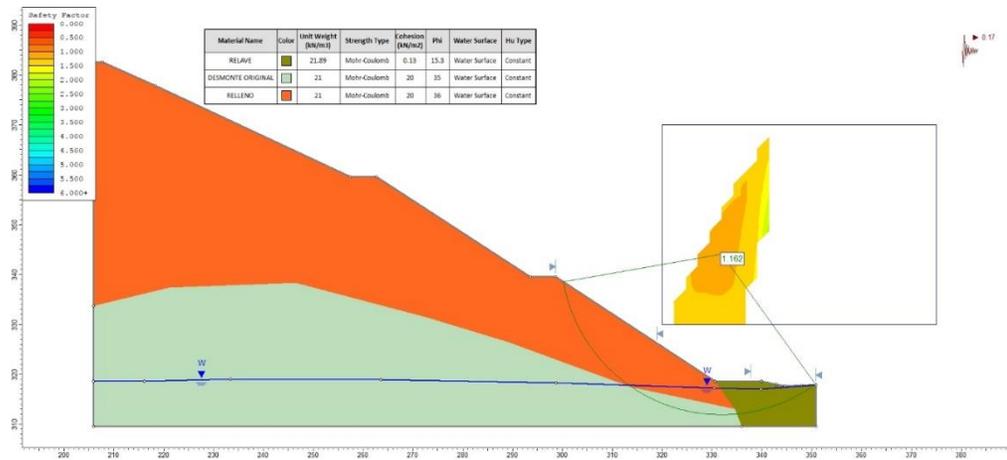


Figura 20. S3: Análisis Sísmico– Método de Fellenius

Al aplicar fuerzas sísmicas utilizando el factor sísmico de $Z=0.17$ se tiene un valor de 1.162, el cual no se encuentra dentro del rango permitido de la norma CE 020 que requiere un valor mínimo de 1.25. Por lo tanto, se puede deducir por este método y con fuerzas sísmicas el talud no es estable. Elaboración Propia.

Tabla 14

Resultados - Método De Fellenius

N°	Zona	Análisis Estático	Análisis Sísmico
1	S1	2.003	1.367
2	S2	1.656	1.111
3	S3	1.696	1.162

Se representa los resultados del análisis de la estabilidad de taludes por el método de Fellenius, tanto el análisis estático, como sísmico. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Resultados empleando el método de Bishop Simplificado.

4.2.2.1. Zona: S1

- **Análisis estático (F.S.= 2.144)**

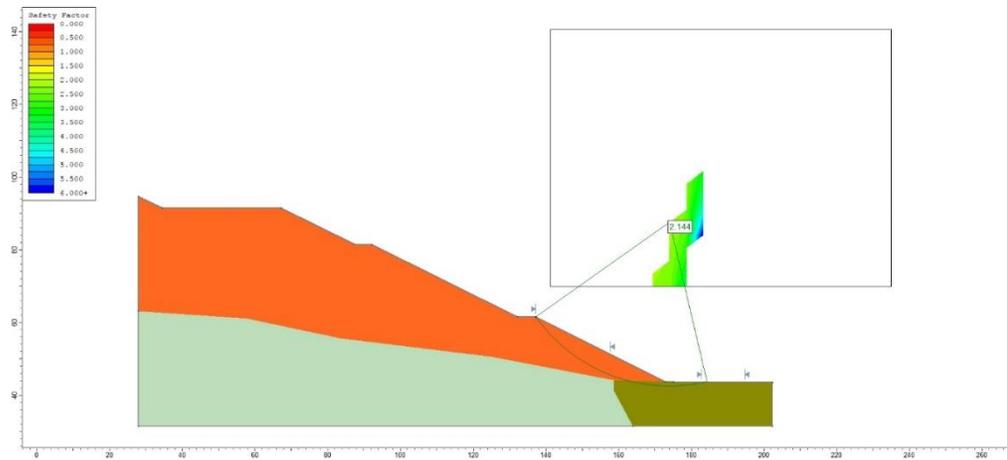


Figura 21. S1: Análisis Estático – Método de Bishop Simplificado

Según el resultado que se obtuvo se deduce que el talud es estable de acuerdo con la norma CE 020 que exige un mínimo de 1.5 para el factor de seguridad, este resultado es favorable. Fuente: Elaboración propia

- **Análisis Sísmico (F.S.= 1.472)**

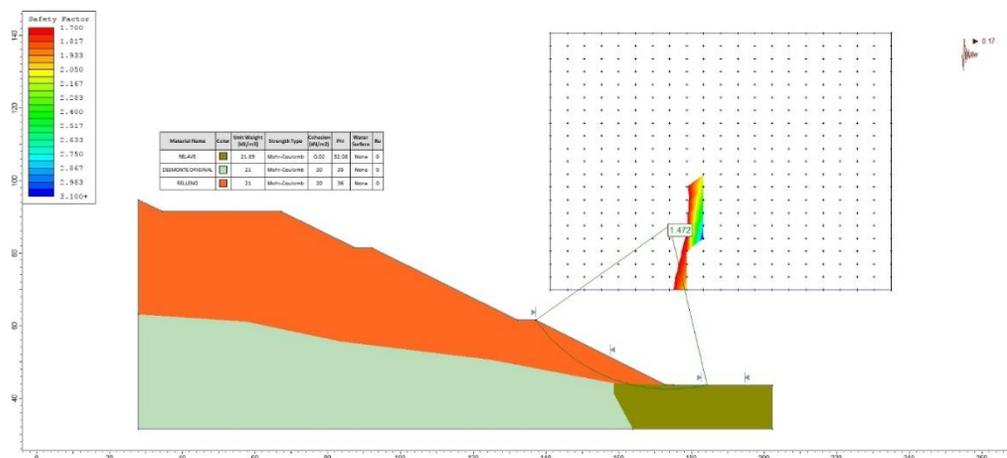


Figura 22. S1: Análisis Sísmico – Método de Bishop Simplificado

Al aplicar fuerzas sísmicas utilizando el factor sísmico de $Z=0.17$ se tiene un valor de 1.472, el cual se encuentra dentro de la exigencia mínima de la norma CE 020 que da como valor 1.25 para el factor de seguridad. Por lo tanto, se puede deducir por el método de Bishop y con fuerzas sísmicas el talud es estable. Elaboración Propia

4.2.2.2. Zona: S2

- **Análisis estático (F.S.= 1.830)**

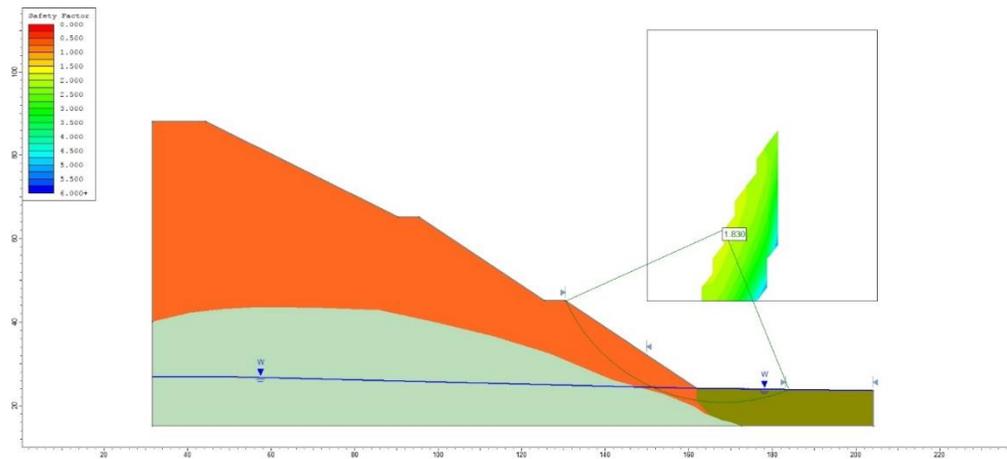


Figura 23. S2: Análisis Estático – Método de Bishop Simplificado

De acuerdo al resultado que se obtuvo se deduce que el talud es estable de acuerdo a la norma CE, este resultado es favorable. Elaboración propia.

- **Análisis Sísmico (F.S.= 1.222)**

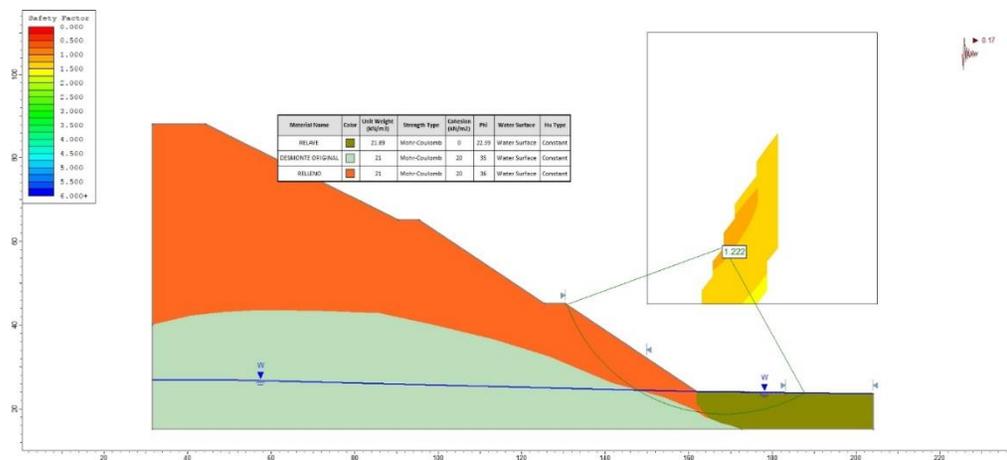


Figura 24. S2: Análisis Sísmico – Método de Bishop Simplificado

Al aplicar fuerzas sísmicas utilizando el factor sísmico de $Z=0.17$ se tiene un valor de 1.222, el cual no se encuentra dentro del valor mínimo requerido por la norma CE 020, se deduce que por el método de Bishop y con fuerzas sísmicas el talud no es estable. Elaboración Propia.

4.2.2.3. Zona: S3

- **Análisis estático (F.S.= 1.863)**

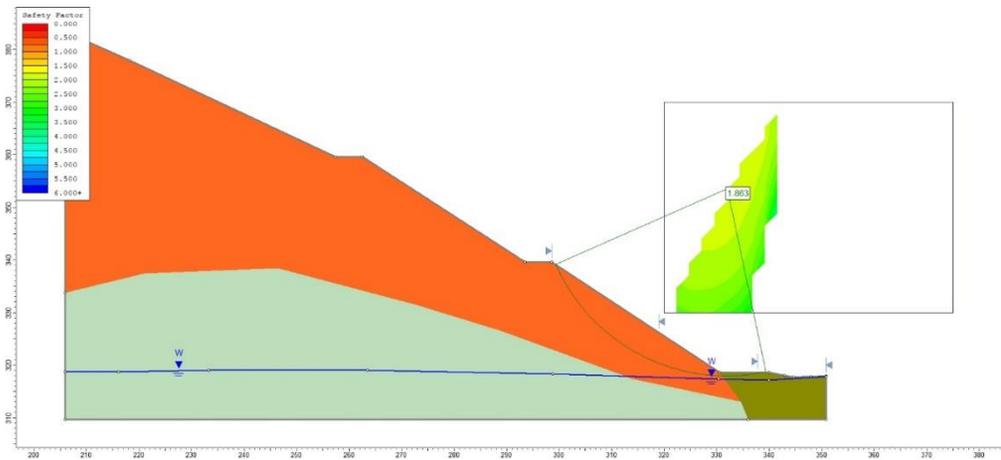


Figura 25. S3: Análisis Estático – Método de Bishop Simplificado

El resultado del análisis por el método Bishop, en la zona S3 es 1.863, el cual es un resultado sin la acción de fuerzas sísmicas, por lo tanto, de acuerdo al resultado que se obtuvo se deduce que el talud es estable por seguir con el mínimo permitido por la norma CE 020, este resultado es favorable. Elaboración propia.

- **Análisis Sísmico (F.S.= 1.297)**

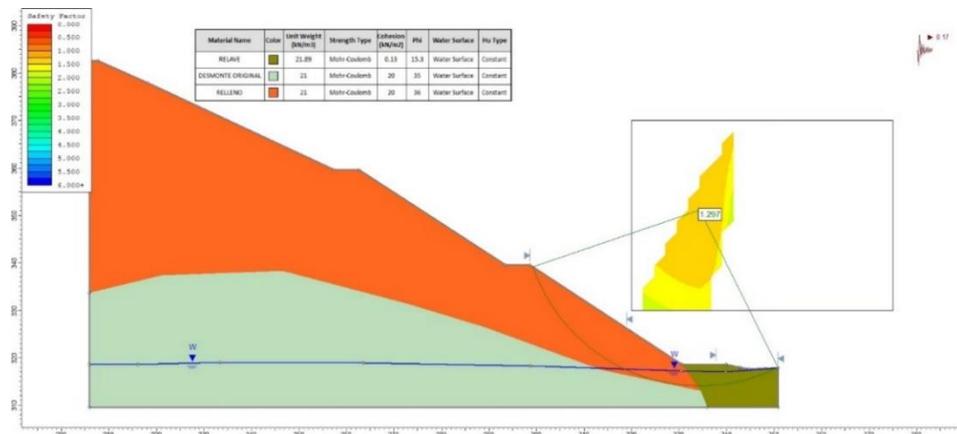


Figura 26. S3: Análisis Sísmico– Método de Bishop Simplificado

Al aplicar fuerzas sísmicas utilizando el factor sísmico de $Z=0.225$ se tiene un valor de 1.297, el cual es un valor que se encuentra dentro del valor mínimo permitido por la norma CE 020, se puede deducir por el método de Bishop y con fuerzas sísmicas el talud es estable. Elaboración Propia.

Tabla 15

Resultados - Método de Bishop Simplificado

N°	Zona	Análisis Estático	Análisis Sísmico
1	S1	2.144	1.472
2	S2	1.830	1.222
3	S3	1.863	1.297

Los resultados presentados son los obtenidos de los análisis de la estabilidad de taludes por el método de Bishop Simplificado, a diferencia del método anterior (Fellenius), son relativamente altos y denotan que los taludes son estables. Elaboración Propia.

4.2.3. Resultados empleando el método de Janbu.

4.2.3.1. Zona: S1

- **Análisis estático (F.S.= 2.003)**

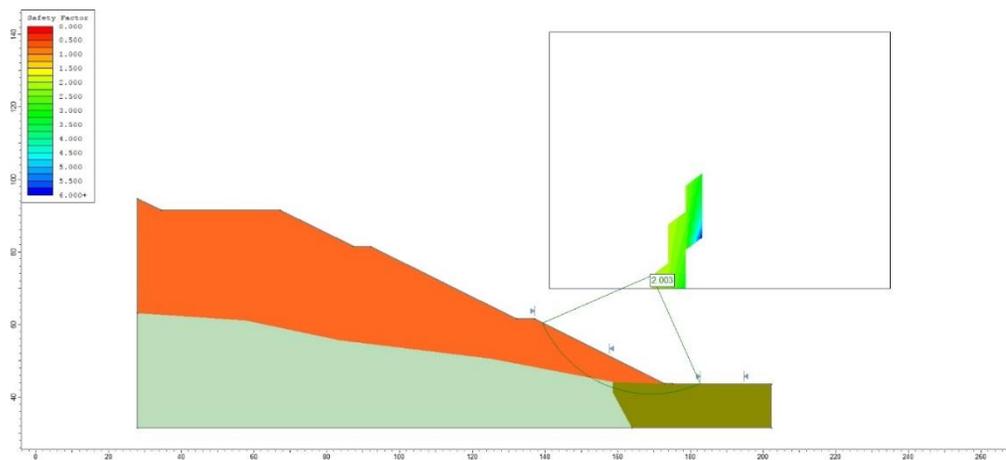


Figura 27. S1: Análisis Estático – Método de Janbu,

El resultado del análisis por el método Janbu, en la zona S1 es 2.003, el cual es un resultado sin la acción de fuerzas sísmicas, por lo tanto, de acuerdo al resultado que se obtuvo se deduce que el talud es estable por

estar dentro del valor mínimo exigido por la norma CE 020, este resultado es favorable. Elaboración propia.

- **Análisis Sísmico (F.S.= 1.358)**

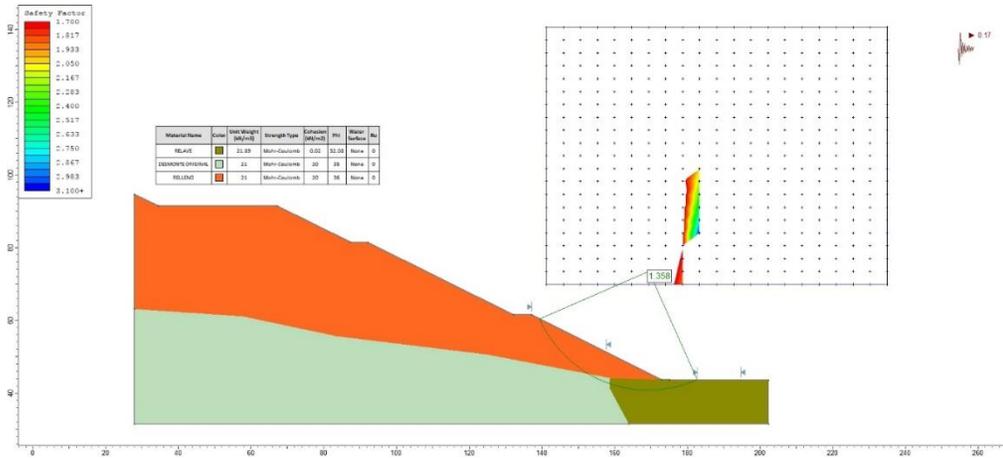


Figura 28. S1: Análisis Sísmico– Método de Janbu

Al aplicar fuerzas sísmicas utilizando el factor sísmico de $Z=0.17$ se tiene un valor de 1.358, el cual se encuentra dentro del valor mínimo exigido por la norma CE 020. Por lo tanto, se puede deducir por el método de Bishop y con fuerzas sísmicas el talud es estable. Elaboración Propia.

4.2.3.2. Zona: S2

- **Análisis estático (F.S.= 1.654)**

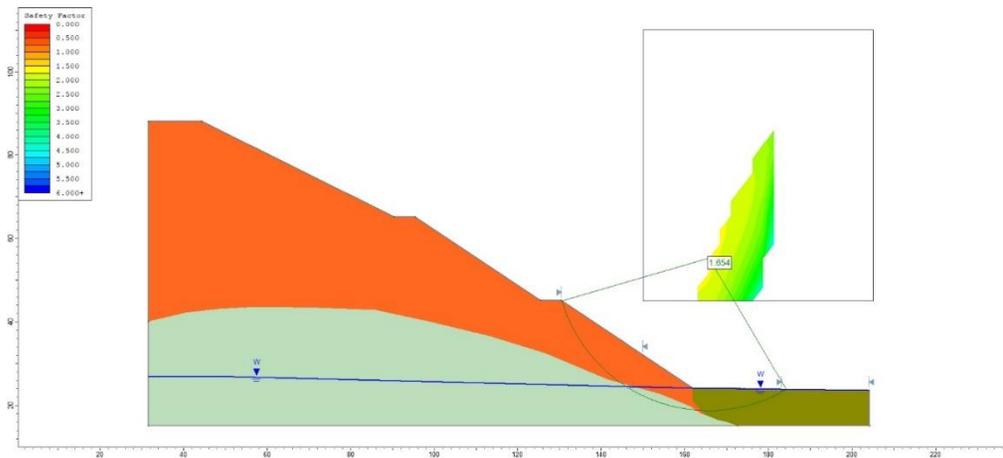


Figura 29. S2: Análisis Estático – Método de Janbu

El resultado del análisis por el método Janbu, en la zona S2 es 1.654, el cual es un resultado sin la acción de fuerzas sísmicas, por lo tanto, de

acuerdo al resultado que se obtuvo se deduce que el talud es estable porque con las normas que dan rangos de estos valores, este resultado es favorable. Elaboración propia.

- **Análisis Sísmico (F.S.= 1.098)**

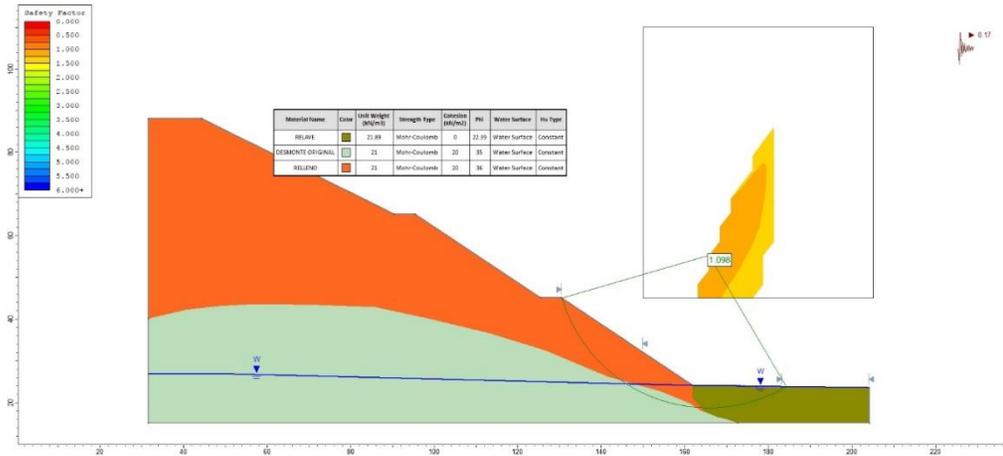


Figura 30. S2: Análisis Sísmico – Método de Janbu,

Al aplicar fuerzas sísmicas utilizando el factor sísmico de $Z=0.17$ se tiene un valor de 1.098, el cual no se encuentra dentro del valor mínimo exigido por la norma CE 020 para determinar que son estables. Por lo tanto, se puede deducir por el método de Janbu y con fuerzas sísmicas el talud no es estable. Elaboración Propia.

4.2.3.3. Zona: S3

- **Análisis estático (F.S.= 1.676)**

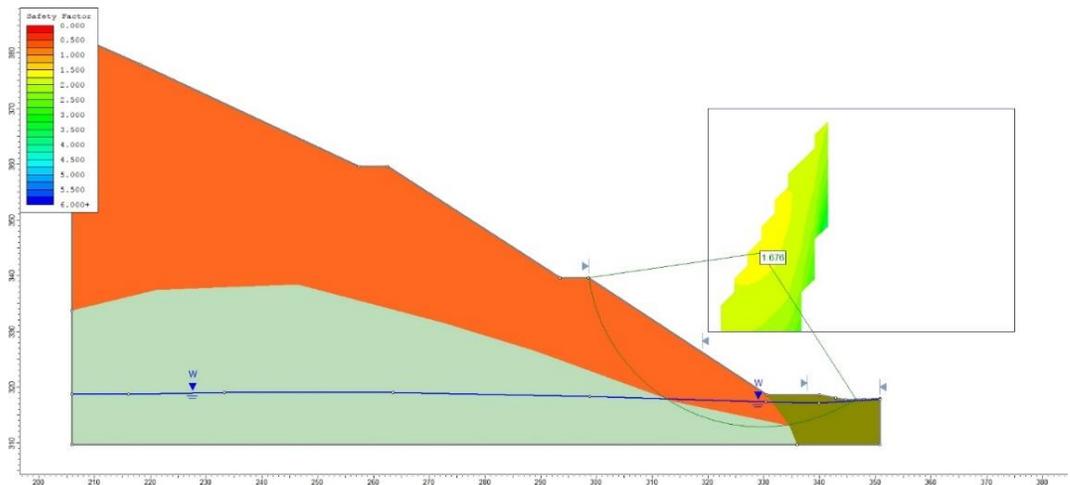


Figura 31. S3: Análisis Estático – Método de Janbu

El resultado del análisis por el método Janbu, en la zona S3 es 1.676, el cual es un resultado sin la acción de fuerzas sísmicas, por lo tanto, de acuerdo al resultado que se obtuvo se deduce que el talud es estable por estar acorde con la norma CE 020 que exige un valor mínimo de 1.5, este resultado es favorable. Elaboración propia

- **Análisis Sísmico (F.S.= 1.135)**

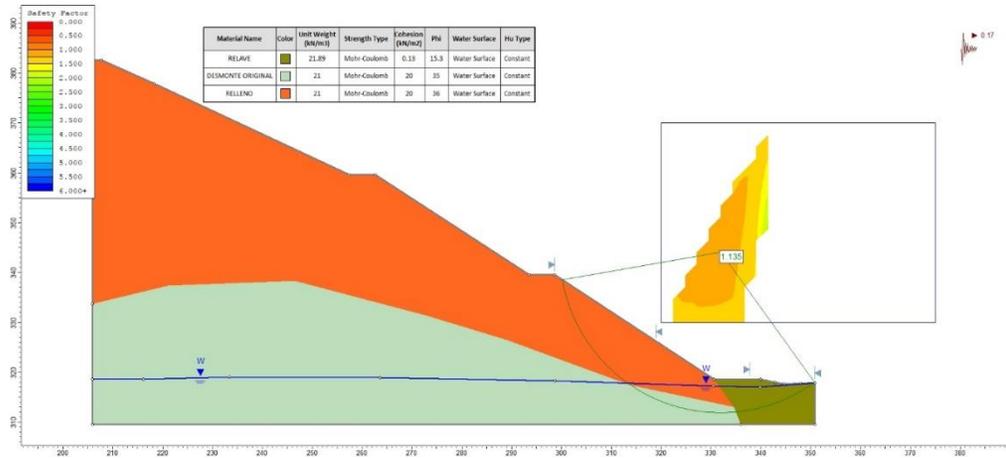


Figura 32.S3: Análisis Sísmico – Método de Janbu

Al aplicar fuerzas sísmicas utilizando el factor sísmico de $Z=0.17$ se tiene un valor de 1.135, el cual no se encuentra dentro del valor mínimo exigido por la norma CE 020. Por lo tanto, se puede deducir por el método de Janbu y con fuerzas sísmicas el talud no es estable. Elaboración Propia

Tabla 16

Resultados - Método de Janbu

N°	Zona	Análisis Estático	Análisis Sísmico
1	S1	2.003	1.358
2	S2	1.654	1.098
3	S3	1.676	1.135

Los resultados obtenidos por el Método de Janbu arrojar datos similares a los del método de Fellenius, los cuales son menores que los del método de Bishop simplificado. Elaboración Propia.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis Específica 1

Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius en depósito de desmonte Excélsior – Pasco, son menores en comparación con los otros métodos.

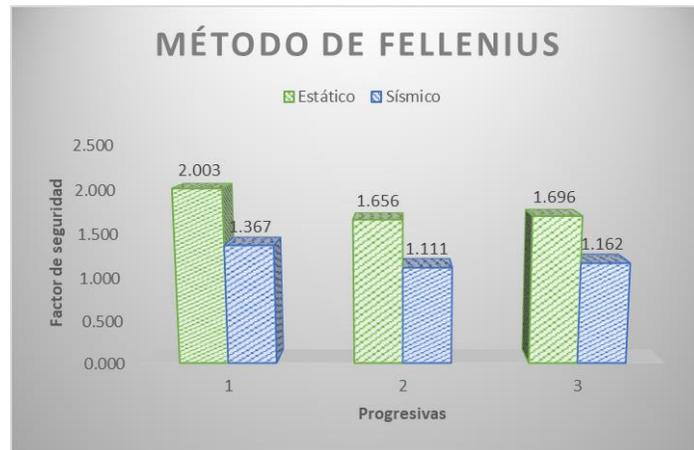


Figura 33. Resultados por el Método de Fellenius

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados del análisis estático y sísmico presentados, muestran al método de Fellenius como un método que arroja valores relativamente más conservadores a comparación con los otros resultados, el hecho de que no proporciona un valor alto no asegura que el talud es estable, por el contrario con esta información podemos decir que los taludes no serán estables si ocurre un movimiento telúrico en la zona por los datos obtenidos en las zonas S2 y S3 en el análisis sísmico donde el factor de seguridad arroja valores de 1.111 y 1.162 respectivamente. Lo que indica que se debe tener un plan de estabilización en las zonas.

4.3.2. Hipótesis Específica 2

Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado en depósito de desmonte Excélsior – Pasco, son mayores en comparación con los otros métodos.



Figura 34. Resultados por el Método de Bishop Simplificado

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los análisis estáticos y sísmicos presentados, muestran al método de Bishop Simplificado como un método óptimo porque arroja valores más altos comparados con los otros métodos es por esta razón que es el método más utilizado para los análisis de la estabilidad de taludes según los antecedentes analizados en el proyecto. A pesar de que los valores son relativamente mayores, se tiene una desestabilización en la zona S2, que requiere de un plan de estabilización para la continuación de los trabajos.

4.3.3. Hipótesis Específica 3

Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu en depósito de desmonte Excélsior – Pasco, son los más conservadores.

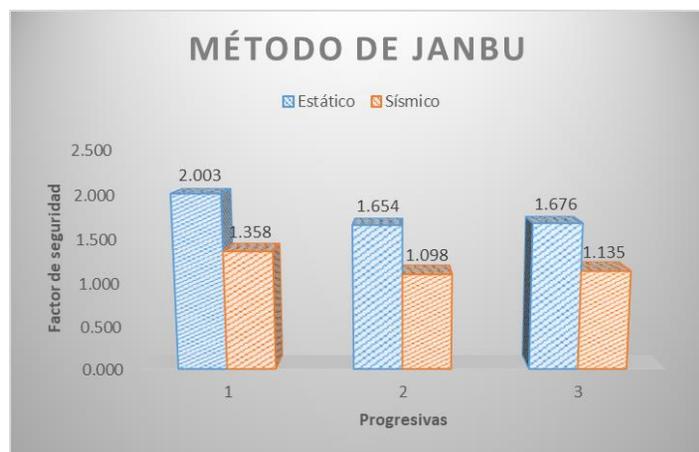


Figura 35. Resultados por el método de Janbu

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los análisis estáticos y sísmicos presentados, muestran al método de Janbu como un método que arroja los valores más bajos, con resultados parecidos a los del método de Fellenius mostrando datos que requieren de un plan de estabilización en las zonas S2 y S3 en el análisis sísmico que dan valores de 1.098 y 1.135 respectivamente.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar los resultados que otorgan los métodos aproximados de dovelas para el respectivo análisis de estabilidad de taludes, evaluados con la normativa CE 020. Los resultados del estudio se presentan según los objetivos:

En relación al objetivo general: Evaluar los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excélsior Pasco. Se observó que los resultados son mayores que 1.5 para el análisis estático, lo que indica que los taludes son estables si no existieran fuerzas sísmicas. Para el análisis dinámico, de lo que se deduce que el talud en la zona 1 es estable por dar un resultado mayor a 1.25, pero en las zonas 2 y 3 no existe estabilidad para soportar fuerzas sísmicas. Así mismo de acuerdo a la hipótesis planteada: Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando los métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excélsior – Pasco, son mayores a 1.5 para análisis estático y 1.25 para análisis sísmico, no es aceptada por completo por obtener en el análisis sísmico valores menores a 1.25 (como se puede observar en las figuras 35 – 40).

En relación al objetivo específico 1: Determinar los resultados del análisis de estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius. Los resultados por el método de Fellenius en el depósito de desmonte Excélsior, obtuvo valores de factor de seguridad que oscilan entre 1.656 a 2.003 para análisis estático y de 1.111 a 1.367 para análisis sísmico (observados en las figuras 35 y 36), lo que indica valores más bajos con respecto a los valores mínimos planteados por la norma CE 020, y

en comparación con los otros métodos, de acuerdo con los estudios anteriores se tiene por ejemplo, Espinoza y Tapia (2013), obtuvieron en su análisis para F.S.= 1.323 por el método de Fellenius, siendo este uno de los menores en comparación con los valores resultados de los otros métodos, Orozco (2013) obtuvo un F.S.= 1.287 a diferencia de los otros métodos fue el menor valor. De tal forma no se acepta la hipótesis: Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius en depósito de desmonte Excélsior – Pasco, otorgan resultados menores en comparación con los otros métodos.

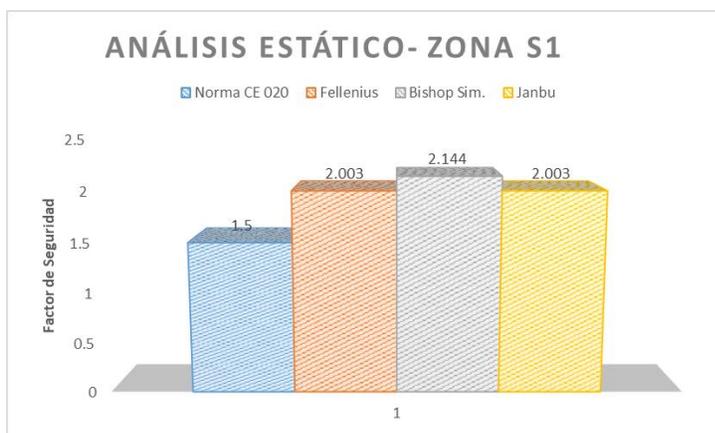


Figura 36. Resultados de Análisis Estático – Zona S1

Fuente: Elaboración Propia.

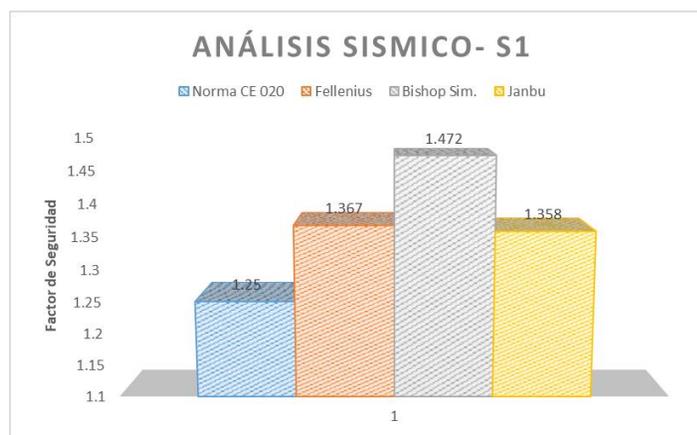


Figura 37. Resultados de Análisis Sísmico – Zona S1

Fuente: Elaboración propia.

En relación al objetivo específico 2: Detallar los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado. Se obtuvo valores entre 1.830 a 2.144 para análisis estático y 1.222 a 1.472 para análisis

sísmico (observados en las figuras 37 y 38), el cual indica que los obtenidos son valores más altos en comparación con los otros métodos, a Espinoza y Tapia (2013) en la mayoría de sus sectores les dio valores mayores comparando con los otros métodos y mayores a los valores mínimos planteados por la norma. Por lo tanto, se acepta la hipótesis: Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado en depósito de desmonte Excélsior – Pasco, son mayores que los otros métodos.

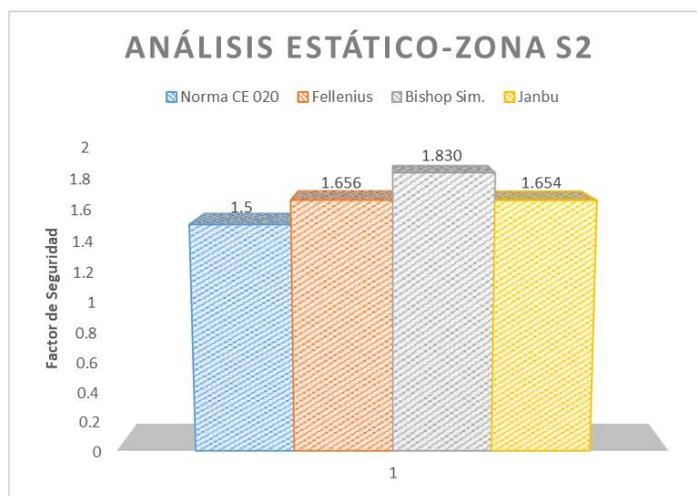


Figura 38. Resultados de Análisis Estático – Zona S2

Fuente: Elaboración Propia

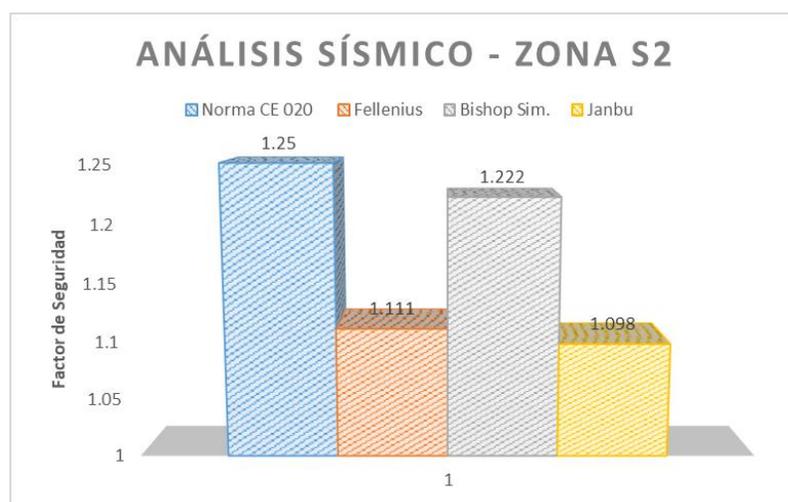


Figura 39. Resultados de Análisis Sísmico– Zona S2

Fuente: Elaboración Propia

En relación al objetivo específico 3: Especificar los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu. Se obtuvo valores entre 1.654 a 2.003 para análisis estático y 1.098 a 1.358 para análisis sísmico (observados en las figuras 39 y 40), al igual que a Orozco (2013), que obtuvo valores más conservadores (aquellos que conservan o cuidan la permanencia de algo), es decir que hay que tomar en cuenta este método en una etapa preliminar de cualquier proyecto. Por lo tanto, se acepta la hipótesis: Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu, son los más conservadores.

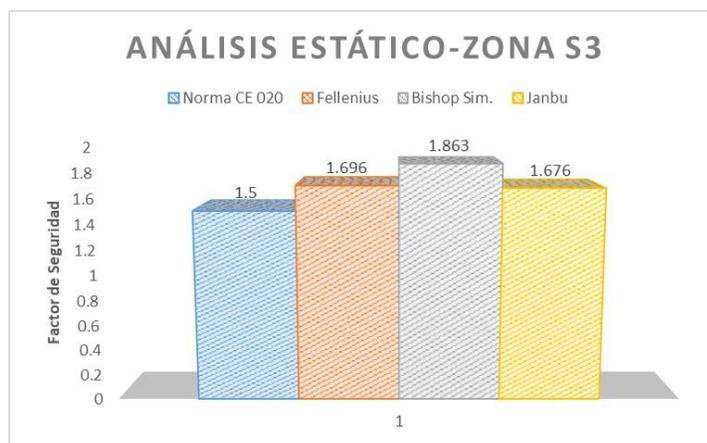


Figura 40. Resultados de Análisis Estático – Zona S3

Fuente: Elaboración Propia

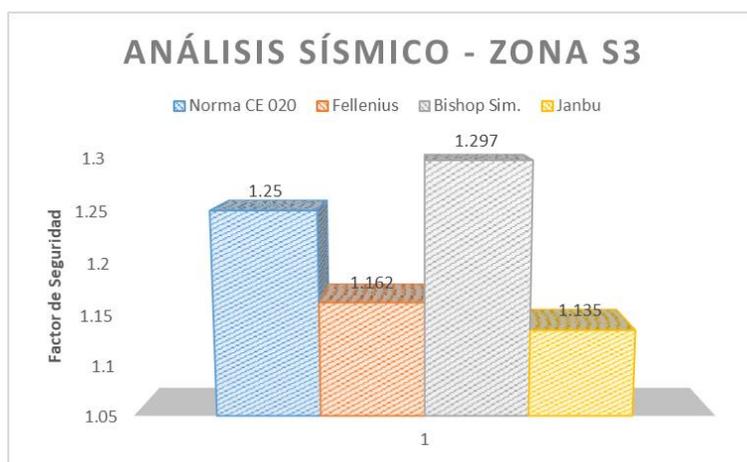


Figura 41. Resultados de Análisis Sísmico – Zona S3

Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

1. Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando los métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excelsior – Pasco, son mayores a 1.5 para el análisis estático, pero 1.25 para el análisis sísmico. En la zona S1, tras un análisis estático y sísmico el talud es estable, además de cumplir con los requisitos mínimos especificados por la norma CE 020. En la zona S2, con un análisis estático el talud es estable por estar al alcance del valor mínimo requerido por la norma CE 020. Sin embargo, en el análisis sísmico de acuerdo a los resultados de los tres métodos el talud es inestable, por no cumplir con el valor mínimo de 1.25 para el factor de seguridad que exige la norma CE 020. En la zona S3, en el análisis sísmico, por el método de Bishop Simplificado es estable, mientras que por los métodos de Janbu y Fellenius es inestable.
2. Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius son menores en comparación con los otros métodos. Se determinó los resultados, donde se concluye que arrojan resultados que oscilan entre 1.656 a 2.003 en análisis estático y de 1.111 a 1.367 para análisis sísmico que no fueron menores en comparación con los otros métodos.
3. Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado son mayores que los otros métodos. Se detalló los resultados, donde se concluye que arrojan resultados mayores que oscilan de 1.830 a 2.144 en análisis estático y de 1.222 a 1.472 en análisis sísmico en comparación con los otros métodos.
4. Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu, son los más conservadores. Se especificó los resultados, donde se concluye que arrojan resultados que oscilan de entre 1.654 a 2.003 para análisis estático y de 1.098 a 1.358 para análisis sísmico que son más conservadores que implica ser aquello que conserva o cuida la permanencia de algo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los ingenieros encargados de estos trabajos realizar el análisis de estabilidad de taludes por todos los métodos mencionados, ya que son valores distintos a considerar y tener mayor precisión en los cálculos. Y al residente de obra del plan de cierre del depósito de desmonte Excélsior Pasco, se recomienda un plan de estabilización en la zona S2, por los resultados obtenidos por los tres métodos. Así como en la zona S3, por los resultados obtenidos en los métodos de Janbu y Fellenius. Y de realizar un análisis de asentamiento debido al material de relave en el pie del talud.
2. Se sugiere a los proyectistas tomar en consideración el método de Fellenius para los cálculos de análisis de estabilidad de taludes, para comparar con resultados por otros métodos.
3. Los residentes de obras no deben tomar como único método para hallar los cálculos de análisis de estabilización de taludes al método Bishop Simplificado, porque puede resultar que un talud que es inestable el método lo catalogue como estable.
4. Los proyectistas deben realizar el análisis de estabilidad de taludes por el método de Janbu por utilizar en sus cálculos un factor de seguridad que lo hace conservador (da resultados bajos, para no asegurar la estabilidad total de la estabilidad del talud).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, G. y Zuñiga, R. (2015). Análisis Comparativo de Estabilidad de Taludes mediante los Métodos de Equilibrio Límite Aplicado a Taludes o Laderas Aledañas al Cerro de la Popa, Casco Urbano de Cartagena (tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.
2. Ayala C. J., Andreu P. F., Fe M. M., Ferrer G. M., De Simón G. A., Fernández L. I., Olalla M. C., Gomez P. J., Sampedro Q. J. y Cienfuegos R. F. (1986). Manual de Taludes. Madrid, España: EPTISA.
3. Braja M. D. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica. Santa Fe, México: Cengage Learning Editores.
4. Benavides, C. (2015). Estudio de métodos de análisis de Estabilidad de taludes para la elaboración de un software con fines educativos (tesis de pregrado). Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.
5. Crespo V. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Balderas, México: Grupo Noriega Editores.
6. Espinoza, D. y Tapia B. (2013). Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra del Proyecto PACALORI (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
7. Herrera, R. F. (2003). Introducción a la Estabilidad de Taludes. Zaragoza, Aragon.
8. Iberico, R. (2015). Estabilización y Recuperación de Taludes en Carreteras, CASO "IIRSA NORTE TRAMO N° 1 KM 45+690 – KM 45+830" (tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
9. León, C. y Gonzales, O. (2013). Análisis cuantitativo de la estabilidad en taludes y laderas (tesis de pregrado). Universidad de las Californias Internacional, Tijuana, Baja California.
10. Suarez, D.J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.
11. Mendo Taquire, D. A. (2018). Análisis de estabilidad del talud del Megacentro comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing- Jicamarca, 2018.

12. Mendoza Loayza, J. A. (2016). Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay.
13. Morales, M. (2012). Metodología de Estabilización de Taludes de Carreteras (tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
14. Reglamento Nacional de Construcciones [RNE]. Norma C.E. 020.
15. Reyes, P. (2015). Análisis Tridimensional de Estabilidad de Taludes por el Método de Equilibrio Límite de Depósitos de Desmonte de Mina (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
16. Rodrigo Campos, L. R. (2017). Análisis de estabilidad de taludes en la carretera Lajas – Ajipampa.
17. Sackschewski, C. (2017). Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110 (tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
18. Sanchez Perez, M. R. (2014). Aplicación del programa Geo-Slope para el análisis de la estabilidad de taludes en la I.E. La Libertad.
19. Sanhueza P. C., Rodriguez C. L. (2013). Análisis Comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. Revista de la construcción, 12 (1). doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2013000100003>.
20. Valiente, S.R., Salvador, S. M. y Diaz, O.A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. CIVILIZATE, 7, 50-54. **Páginas.**

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los resultados del análisis de estabilidad de taludes, empleando métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excélsior Pasco? <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuáles son los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius? ¿Cuáles son los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado? ¿Cuáles son los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu? 	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Evaluar los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excélsior Pasco. <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar los resultados del análisis de estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius. Detallar los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado. Especificar los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando los métodos aproximados de dovelas en depósito de desmonte de mina Excélsior – Pasco, son mayores a 1.5 para el análisis estático y 1.25 para el análisis sísmico. <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Fellenius son menores en comparación con los otros métodos. Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Bishop Simplificado son mayores que los otros métodos. Los resultados del análisis de la estabilidad de taludes empleando el método de Janbu, son los más conservadores. 	<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y):</p> <ul style="list-style-type: none"> Análisis de Estabilidad de Taludes (Ayala et al., 1986) Tipología y desarrollo de los movimientos. Caracterización Geotécnica de Materiales <p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X):</p> <ul style="list-style-type: none"> Métodos aproximados de dovelas. (Herrera, 2003) Fellenius Bishop Simplificado Janbu 	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Método científico</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicado.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo -Explicativo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: No Experimental – transversal</p> <p>POBLACIÓN: Taludes del depósito de desmonte de mina Excelsior, prog. 0+000 a 1+050</p> <p>MUESTRA: Taludes de 0+100 a 0+200 S1, 0+800 al 0+900 S2, del 0+900 al 1+000 S3</p>

Anexo 2: Consentimiento informado

**SOLICITO: PERMISO PARA REALIZAR
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Ing. Miguel Ángel LOBATON MUJICA
RESIDENTE DE OBRA: "PLAN DE CIERRE DE DEPÓSITO DE DESMONTES
EXCELSIOR"

Yo, **CONDEZO LUNA, Mercedes Lucia**, identificada con DNI N° 47052026, con domicilio actual en Jr. San Martín N°410 – San Juan - Pasco, ante Ud. Respetuosamente me presento y expongo:

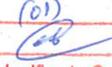
Que, habiendo culminado la carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL** en la Universidad Peruana Los Andes, solicito a Ud. permiso para realizar el trabajo de investigación en la obra donde usted es residente sobre "**ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES, EMPLEANDO MÉTODOS APROXIMADOS DE DOVELAS, EN DEPÓSITO DE DESMONTE DE MINA EXCÉLSIOR - PASCO**" para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted acceder a mi solicitud.



CONDEZO LUNA, Mercedes Lucia
DNI N° 47052026

CONSORCIO "SAN CAMILO"	
RECIBIDO	
FECHA:	10 / 07 / 19
HORA:	10:12 am
FOLIOS:	(01)
FIRMA:	
La Recepción No significa la Conformidad	

Proceder.

Anexo 3: Instrumento

FICHA DE OBSERVACIÓN

Título del Proyecto: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES, EMPLEANDO MÉTODOS APROXIMADOS DE DOVELAS, EN DEPÓSITO DE DESMONTE DE MINA EXCÉLSIOR – PASCO**

Ubicación: S1- 0+100 al 0+200

Elaborado: MCL

Fecha: 17/07/2019

Revisado: HFG



FOTO1: INICIO DEL TRAMO



FOTO 2: FIN DEL TRAMO

Descripción de la zona evaluada:

El talud en el tramo evaluado presenta la siguiente geometría aproximada: Pendiente de talud de 1:1.4 (v:h), altura total de talud 50m, no presenta interbancos.

Talud: Material de desmonte de mina, color beige a plomo, compacidad muy compacta, húmedo, superficialmente presenta gravas de tamaño máximo 2", bolones de tamaño máximo 10" y bloques de tamaño máximo 30", el material presenta proceso de oxidación.

Pie de talud: Material de relave, compacidad muy suelta a suelto, saturado, en la foto 2 se observa el material de relave, presenta superficialmente bloques de tamaño máximo 35" a 50", se observa presencia de aguas superficial con caudal bajo.

Trabajos de campo realizados:

- Calicatas, SPT, muestreo de suelo y ensayo triaxial.

Ensayos de laboratorio:

- Clasificación SUCS, SPT y ensayo triaxial

Análisis de ingeniería:

- Análisis de estabilidad de taludes

FICHA DE OBSERVACIÓN

Título del Proyecto: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES, EMPLEANDO MÉTODOS APROXIMADOS DE DOVELAS, EN DEPÓSITO DE DESMONTE DE MINA EXCÉLSIOR – PASCO**

Ubicación: S2- 0+800 al 0+940

Elaborado: MCL

Fecha: 25/07/2019

Revisado: HFG



FOTO1: VISTA TRAMO ANALIZADO



FOTO 2: VISTA DE TRAMO ANALIZADO

Descripción de la zona evaluada:

El talud en el tramo evaluado presenta la siguiente geometría aproximada: Pendiente de talud de 1:1,42 a 1:2 (v:h), altura total de talud 65m.

Talud: Material de desmonte de mina, color beige a plomo, compacidad muy compacta, húmedo, superficialmente presenta gravas de tamaño máximo 2", bolones de tamaño máximo 10" y bloques de tamaño máximo 30", el material presenta proceso de oxidación.

Pie de talud: Material de relave, compacidad muy suelta a suelto, saturado, en la foto 2 se observa el material de relave y descarga de agua hacia el pie de talud.

Trabajos de campo realizados:

- Calicatas, SPT, muestreo de suelo y ensayo triaxial.

Ensayos de laboratorio:

- Clasificación SUCS, SPT y ensayo triaxial

Análisis de ingeniería:

- Análisis de estabilidad de taludes

FICHA DE OBSERVACIÓN

Título del Proyecto: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES, EMPLEANDO MÉTODOS APROXIMADOS DE DOVELAS, EN DEPÓSITO DE DESMONTE DE MINA EXCÉLSIOR – PASCO**

Ubicación: S3- 0+900 al 1+000

Elaborado: MCL

Fecha: 28/07/2019

Revisado: HFG



FOTO1: VISTA TRAMO ANALIZADO



FOTO 2: VISTA DE TRAMO ANALIZADO

Descripción de la zona evaluada:

El talud en el tramo evaluado presenta la siguiente geometría aproximada: pendiente de talud 1:1,42 a 1:1,67 (v:h), altura total de talud 54m.

Talud: Material de desmonte de mina, color beige a plomo, material medianamente compacto, húmedo, superficialmente presenta gravas de tamaño máximo 2", bolones de tamaño máximo 6" y bloques de 20", el material presenta proceso de oxidación.

Pie de talud: El material está constituido por grava con arena, suelto, muy húmedo, en la foto 2 se observa un corte en el pie de talud (vía de acceso) ocasionando empozamiento de agua.

Trabajos de campo realizados:

- Calicatas, SPT, muestreo de suelo y ensayo triaxial.

Ensayos de laboratorio:

- Clasificación SUCS, SPT y ensayo triaxial.

Análisis de ingeniería:

- Análisis de estabilidad de taludes



FICHA TÉCNICA

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Fecha: 25/07/2019 Realizado por: Mercedes Condezo Luna

Área de influencia: S₃

- a) Ubicación: Progresiva: 0+900 - 1+000 Distrito: Simón Bolívar
- b) Coordenadas N: 8878540.986 E: 360611.487
1. ¿Cuál es la altura del nivel freático? 2.90m
 2. ¿Cuál es el periodo de lluvias en el lugar? Octubre a Abril
 3. ¿Cuántos km tiene el talud? 100m
 4. ¿Cuál es la altura del talud? 56m
 5. ¿Cuál es la pendiente del talud? 54.46%
 6. ¿Cuál es el ángulo de fricción del talud? 15.30°
 7. ¿Cuál es la cohesión del talud? 0.13 kg/cm²
 8. Según la norma E030, ¿Cuál es el factor sísmico a utilizar? 0.17
 9. ¿Qué tipo de actividades se realizan en la zona? Actividad Minera
 10. ¿Cuál es la forma del talud? Irregular



FICHA TÉCNICA

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Fecha: 22/07/2019 Realizado por: MERCEDES CONDEZO LUNA

Área de influencia: S₂

a) Ubicación: Progresiva: 0+800 - 0+900 Distrito: SIMÓN BOLÍVAR

b) Coordenadas N: 8817366.221 E: 360654.623

1. ¿Cuál es la altura del nivel freático? 1.80m

2. ¿Cuál es el periodo de lluvias en el lugar? Octubre a Abril

3. ¿Cuántos km tiene el talud? 100m

4. ¿Cuál es la altura del talud? 50m

5. ¿Cuál es la pendiente del talud? 54.84%

6. ¿Cuál es el ángulo de fricción del talud? 22.39°

7. ¿Cuál es la cohesión del talud? 0,00

8. Según la norma E030, ¿Cuál es el factor sísmico a utilizar? 0.17

9. ¿Qué tipo de actividades se realizan en la zona? Actividad Minera

10. ¿Cuál es la forma del talud? Irregular



FICHA TÉCNICA

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Fecha: 15/07/2019 Realizado por: MERCEDES CONDEZO LUNA

Área de influencia: S₁

- a) Ubicación: Progresiva: 0+100 - 0+200 Distrito: SIMÓN BOLÍVAR
- b) Coordenadas N: 8817705.682 E: 360782.627
1. ¿Cuál es la altura del nivel freático? 0.70m
 2. ¿Cuál es el periodo de lluvias en el lugar? Octubre a Abril
 3. ¿Cuántos km tiene el talud? 100m
 4. ¿Cuál es la altura del talud? 0.65 km = 65m
 5. ¿Cuál es la pendiente del talud? 54.84%
 6. ¿Cuál es el ángulo de fricción del talud? 32.08°
 7. ¿Cuál es la cohesión del talud? 0.02 Kg/cm²
 8. Según la norma E030, ¿Cuál es el factor sísmico a utilizar? 0.17
 9. ¿Qué tipo de actividades se realizan en la zona? Actividad Minera
 10. ¿Cuál es la forma del talud? Irregular.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

ZONA: Depósito de desmontes Excelsior - Pasco

SITUACIÓN: Inestabilidad de taludes

OBSERVADOR: Mercedes Cordezo Luna

FECHA: 12-07-2019

CONDICIONES DE LA ZONA:		INFLUENCIA SOBRE LA TRAYECTORIA	
Equilibrio actual		Puntaje	
Estable	Estricto	Crítico	1
0	1	2	
Evolución			
Nula		Progresiva	0
1		1	
Topografía			
Suave	Media	Fuerte	
>10	de 10-30	>30	
0	1	2	2
Volumen (m3)			
< 10	de 10-100	de 100-2000	> 1000
0	1	2	3
Daños Posibles			
Humanos		Materiales	
No	Si	Ligeros	Medios
0	3	1	3
Catastróficos			
Total		07	
0 a 4	Riesgo Debil	(R0)	
4 a 8	Riesgo Mediano	(R1)	
8 a 12	Riesgo elevado	(R2)	
12 a 16	Riesgo muy elevado	(R3)	
Topografía		Vegetación: NO	
Protección:		NO	

FUENTE: Ayala et al., 1986

Anexo 4: Validación del instrumento

INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO: FICHA TÉCNICA, FICHA DE OBSERVACIÓN, SISTEMATIZACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Nombres y Apellidos del experto : HERNÁN FERNÁNDEZ GÁLVEZ
- 1.2. Cargo e Institución donde labora : ESPECIALISTA EN GEOTECNIA Y HORTICULTA - CONSEJO COMunal PASCO.
- 1.3. Instrumento a validar : Ficha técnica de recolección de datos y los documentos necesarios para esta tesis.
- 1.4. Tesista : Mercedes Lucia CONDEZO LUNA
- 1.5. Tesis : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, EMPLEANDO MÉTODOS APROXIMADOS DE DOVELAS, EN DEPÓSITO DE DESMONTE DE MINA EXCÉLSIOR - PASCO

2. ASPECTO DE VALIDACIÓN

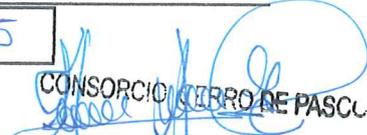
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación planteada.				X	
Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos susceptibles a la medición y calificación.			X		
Organización	El orden de los datos y ensayos es adecuado.				X	
Claridad	El vocabulario empleado es adecuado para el grupo de investigación				X	
Suficiencia	El número de ítems y datos es suficiente la variable				X	
Consistencia	Tiene una base teórica y científica asimismo normas técnicas que la respalda.				X	
Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipótesis existe coherencia.			X		
Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación y corrección son sencillos.				X	

3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

ES APLICABLE

4. PROMEDIO DE VALORACIÓN AL 100%

75


 CONSORCIO CERRO DE PASCO
 FIRMA:
 NOMBRE: Hernán Fernández Gálvez
 ESPECIALISTA GEOTECNIA
 Registro C.T.P. N° 121967

INFORME DE OPINIÓN DE JUICIO DE EXPERTOS PARA LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO: FICHA TÉCNICA, FICHA DE OBSERVACIÓN, SISTEMATIZACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Nombres y Apellidos del experto
- 1.2. Cargo e Institución donde labora
- 1.3. Instrumento a validad

: JAIME QUISPE LLANCAURO
 : CPS
 : Ficha técnica de recolección de datos y los documentos necesarios para esta tesis.

- 1.4. Tesista
- 1.5. Tesis

: Mercedes Lucia CONDEZO LUNA
 : ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, EMPLEANDO MÉTODOS APROXIMADOS DE DOVELAS, EN DEPÓSITO DE DESMONTE DE MINA EXCÉLSIOR - PASCO

2. ASPECTO DE VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación planteada.				X	
Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos susceptibles a la medición y calificación.			X		
Organización	El orden de los datos y ensayos es adecuado.				X	
Claridad	El vocabulario empleado es adecuado para el grupo de investigación				X	
Suficiencia	El número de ítems y datos es suficiente la variable			X		
Consistencia	Tiene una base teórica y científica asimismo normas técnicas que la respalda.			X		
Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipótesis existe coherencia.			X		
Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación y corrección son sencillos.				X	

3. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

ES APLICABLE

4. PROMEDIO DE VALORACIÓN AL 100%

65%

CONSULCIO CERRO DE PASCO

JAIME JAVIER QUISPE LLANCAURO
 JEFE SUPERVISOR DE OBRA
 CIP 55900

FIRMA: _____

NOMBRE: JAIME QUISPE

Anexo 5: Panel fotográfico

PANEL FOTOGRÁFICO



Vista panorámica de la zona a trabajar.

Vista del Depósito de desmontes Excélsior.



Observación en la zona S1

Inicio del tramo de la zona S1



Final del tramo de la zona S1

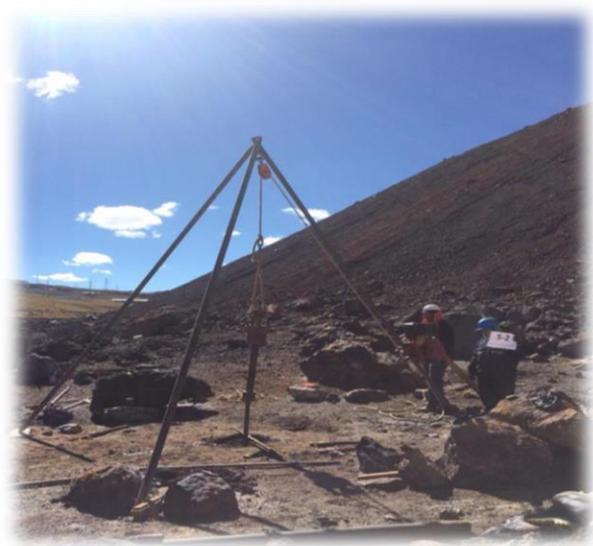
Vista del tramo de la zona S2



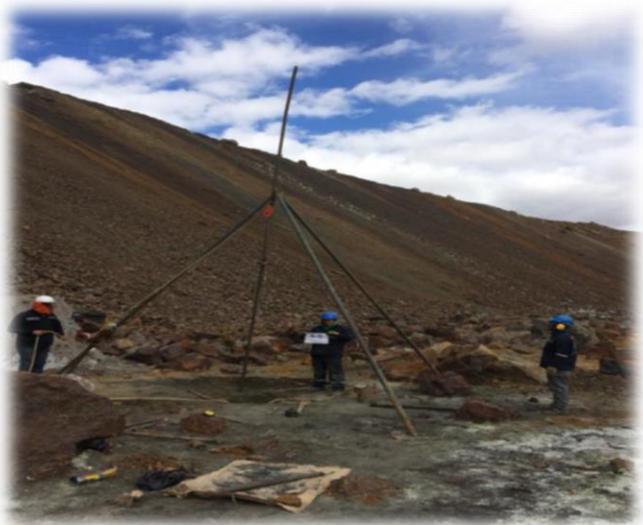


Vista del tramo de la zona S2

Ensayo SPT



Ensayo SPT





Vista panorámica de la zona S3.

Material de relave en pie de talud





Anexo 6: Certificados y plano



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

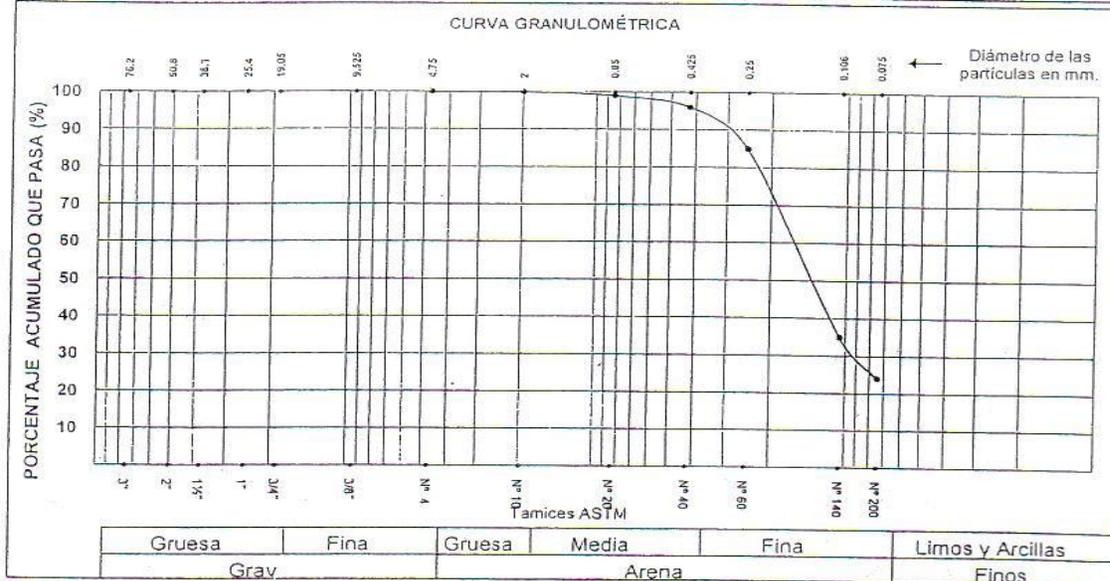
Y CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

DOT-C - LMS 098/2018

Solicitante	: MERCEDES CONDEZO LUNA	Calicata	: S - 1
Proyecto	: PLAN DE CIERRE DE DEPOSITO DE DESMONTES EXCELSIOR CERRO DE PASCO	Muestra	: MAB
Ubicación	: DIST. DE SIMON BOLIVAR, PROV. DE PASCO, DEPARTAMENTO PASCO	Profundidad	: 2.45-3.00m.
Fecha	: La Molina, 9 de julio de 2018	Responsable	: FMQ

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP 339.128 / ASTM - D 422			LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM -D 427 / D 4318	
MALLA	ABERTURA mm.	PORCENTAJE QUE PASA (%)	Límite líquido (%)	NT
3"	76.20		Límite plástico (%)	NP
2"	50.80		Índice plástico (%)	-
1 1/2"	38.10		Límite de contracción (%)	-
1"	25.40		Resultados: ASTM - D 2487 / D 3282	
3/4"	19.05		<u>Coefficiente de:</u>	
3/8"	9.525		-Uniformidad	
Nº 4	4.750	100	-Curvatura	
Nº 10	2.000	100	<u>Materia:</u>	
Nº 20	0.850	99	-Grava	% 0
Nº 40	0.425	96	-Arena	% 76
Nº 60	0.250	85	-Finos	% 24
Nº 140	0.106	35	<u>Clasificación:</u>	
Nº 200	0.075	24	-AASHTO	
			-SUCS	SM
			Nombre de grupo:	
			CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D 2216	
			Humedad natural (%)	14.40



NOTA: La Muestra ha Sido Proporcionada e Identificada por el Solicitante.

Ing. Hermes Valdivia Aspilcueta
 Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
Y CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
DOT-C - LMS - 098/2018

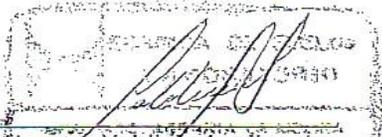
SOLICITANTE : MERCEDES CONDEZO LUNA
PROYECTO : PLAN DE CIERRE DE DEPOSITO DE DESMONTE EXCELSIOR CERRO DE PASCO
UBICACIÓN : DIST. DE SIMON BOLIVAR, PROV. DE PASCO , DEPTO. PASCO
ENSAYO : Determinación del Peso Específico
FECHA : 9 de julio de 2018

DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO - NTP 339.131

Calicata : S - 1
Muestra : MAB
Profundidad : 2.45-3.00m

$$Pe = \frac{Wsseco}{Wsseco + (Wfa - Wfas)} : \boxed{4.570}$$

Responsable :
FMQ


Ing. Hermes Valdivia Asplicueta
Jefe Laboratorio de Mecánica de Suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DOT-C - LMS 098/18

Solicitante : MERCEDES CONDEZO LUNA

Proyecto : PLAN DE CIERRE DE DEPOSITO DE DESMONTES EXCELSIOR CERRO DE PASCO

Ubicación : DIST. SIMON BOLIVAR, PROV. DE PASCO, DEPARTAMENTO PASCO

Calicata : S - 1

Profundidad : 2.45 - 3.00 m.

Fecha : lunes, 9 de Julio de 2018

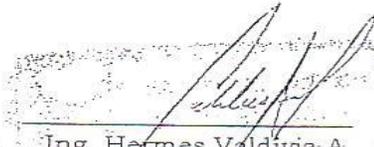
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL (UU)

Especimen	A	B	C
Diametro (cm)	7.110	7.110	7.110
Altura (cm)	14.200	14.000	14.000
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.200	2.200	2.200
Humedad Inicial (%)	2.19	2.19	2.19
Presion de Celda Inicial (σ_3)	1.00	2.00	4.00

Deformacion unitaria
(E - %)

Esfuerzo Desviador
($\sigma_1 - \sigma_3$) Kg/cm²)

0	0.000	0.000	0.000
0.5	0.985	1.870	2.501
1.0	1.885	2.916	4.273
2.0	2.488	3.857	6.594
3.0	2.906	4.335	8.004
4.0	3.120	4.607	9.555
5.0	3.232	4.752	9.938
6.0	3.270	4.821	10.191
7.0	3.306	4.675	10.366
8.0	3.387	4.532	10.465
9.0	3.373	4.436	10.513
10.0	3.336	4.342	10.375
11.0	3.322	4.226	10.237
12.0	3.285	4.134	10.122
13.0	3.203	4.087	9.985
14.0	3.144	3.996	9.870
15.0	3.086	3.950	9.755


 Ing. Hermes Valdivia A.
 Jefe Lab. Mecánica de Suelos
 CIP - 23658



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DEPARTAMENTO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CONSTRUCCIÓN

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL NO CONSOLIDADO - NO DRENADO ASTM D - 2850

Solicitante : MERCEDES CONDEZO LUNA

Proyecto : PLAN DE CIERRE DE DEPOSITO DE DESMONTES
EXCELSIOR CERRO DE PASCO

Ubicación : DIST. SIMON BOLIVAR, PROV. DE PASCO,
DEPARTAMENTO PASCO

Calicata : S - 1

Muestra : MAS Profundidad 2.45 - 3.00 m.

Expediente:

DOT-C - LMS 098/13

Fecha:

9/07/2018

Angulo de fricción interna del suelo : 32.08 °

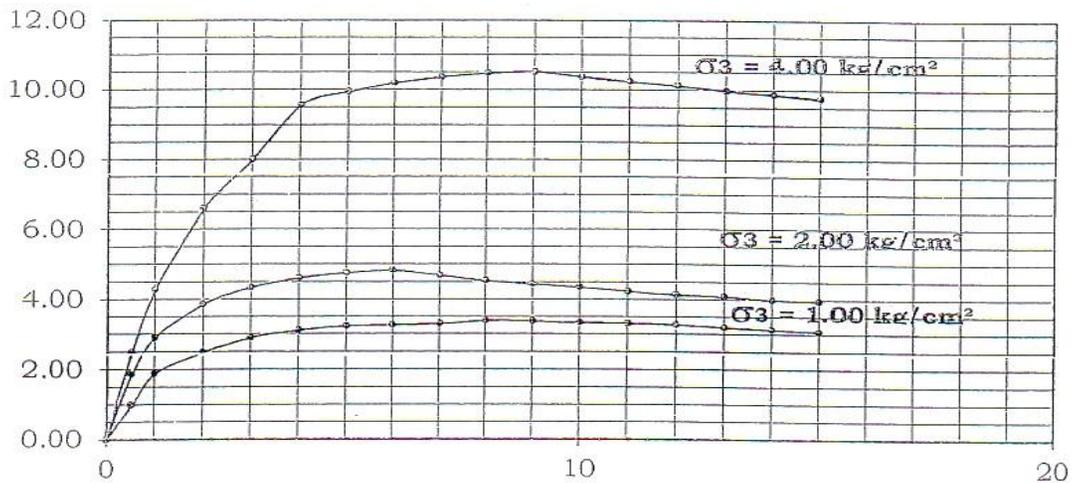
Cohesión Aparente del suelo : 0.02 kg/cm²

Densidad Seca : 2.200 gr/cm³

Humedad : 14.48 %

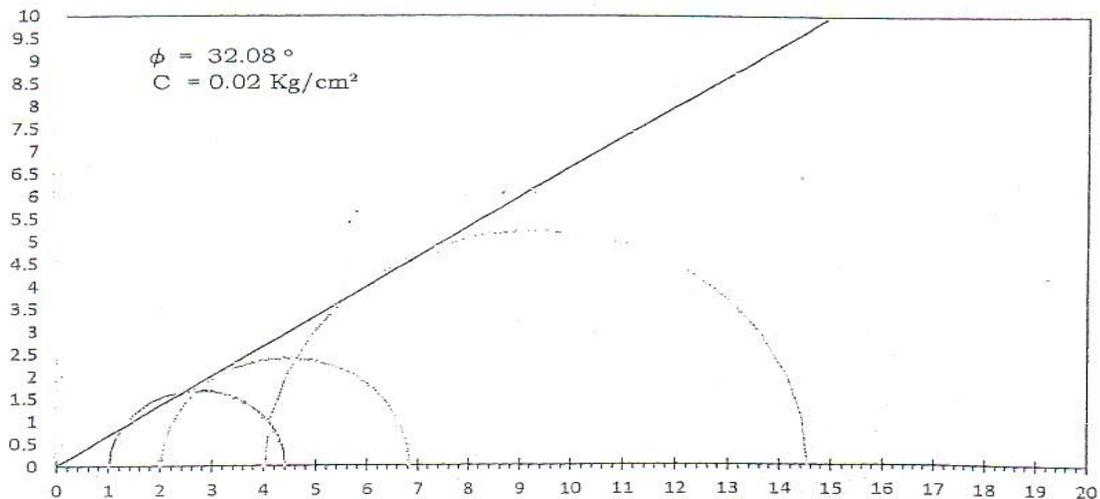
Ing. Hermes Valdivia Aspigueta
Jefe del Lab. de Mec. de Suelos
CIP - 23658

ESFUERZO DESVIADOR - $\sigma_1 - \sigma_3$ - kg/cm²



DEFORMACION UNITARIA - ϵ - %

ESFUERZO CORTANTE - τ - kg/cm²



ESFUERZO NORMAL - σ - kg/cm²

Observación Muestra Remoldeada a densidad proporcionado por solicitante



INFORME N° S18 - 510-1-1

SOLICITANTE : MERCEDES CONDEZO LUNA
PROYECTO : PLAN DE CIERRE DE DEPÓSITOS DE DESMONTES EXCELSIOR - CERRO DE PASCO
UBICACIÓN : DISTRITO CERRO DE PASCO - PROVINCIA PASCO - DEPARTAMENTO PASCO
FECHA : 11 DE JULIO 2018

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : S-2
Prof. (m.) : 1.45 - 2.00

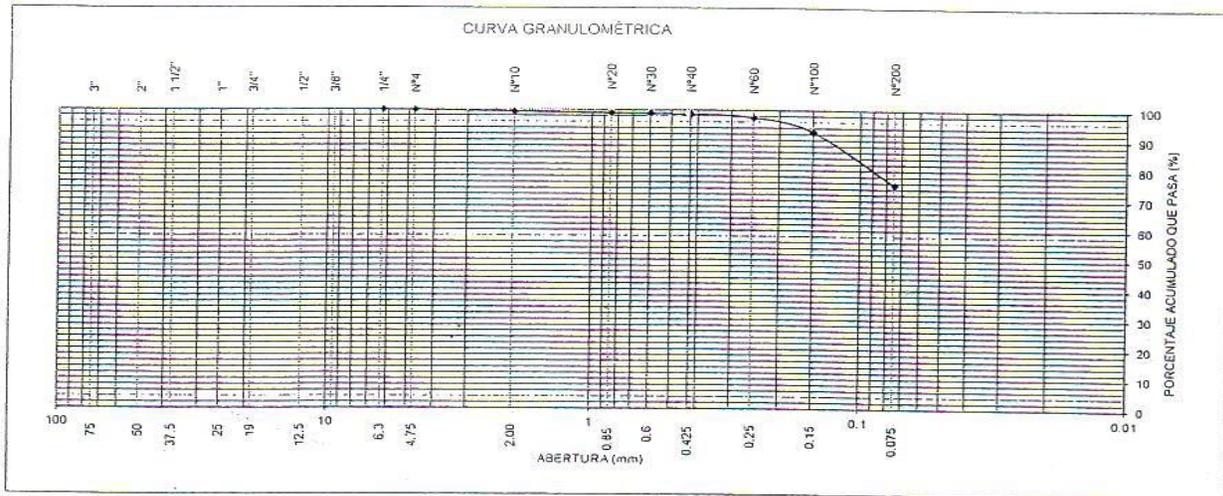
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (%) Parcial Retenido, (%) Acumulado Retenido, (%) Acumulado Pasa. Rows include various sieve sizes from 3 inches down to FONDO.

Summary table: % Grava : 0.1, % Arena : 24.7, % Finos : 75.3

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 table with rows for Límite Líquido (%), Límite Plástico (%), and Índice Plástico (%), all marked as NP.

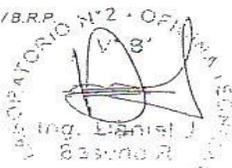
Clasificación SUCS ASTM D2487 : ML



Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por: Téc. D. Del Rio N.

Revisado por: Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Handwritten signature of Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS

Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Laboratorio N°2 UNI - FIC



INFORME N° S18 - 510-1-2

SOLICITANTE : MERCEDES CONDEZO LUNA
 PROYECTO : PLAN DE CIERRE DE DEPÓSITOS DE DESMONTES EXCELSIOR
 CERRO DE PASCO
 UBICACIÓN : DISTRITO CERRO DE PASCO - PROVINCIA PASCO -
 DEPARTAMENTO PASCO
 FECHA : 11 DE JULIO 2018

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

Tipo de Ensayo : No Consolidado No Drenado (UU), ASTM D2850
 Velocidad del ensayo : 0.50 mm/min

Datos de la Muestra
 Estado : Remoldeado (material < tamiz N° 4)
 Calicata : S-2
 Prof. (m.) : 1.45 - 2.00

		ESPECIMENES			
		Und.	N° 1	N° 2	N° 3
Condiciones Iniciales					
Diámetro	cm		7.06	7.06	7.06
Altura	cm		14.20	14.20	14.20
Densidad Humeda	g/cm ³		2.189	2.189	2.189
Densidad seca	g/cm ³		1.865	1.865	1.865
Contenido de Humedad	%		17.4	17.4	17.4
L/D			2.01	2.01	2.01
Gravedad Especifica			3.96	3.96	3.96
Grado de Saturacion	%		61.2	61.2	61.2
Condiciones Finales					
Diámetro	cm		7.59	7.57	7.53
Altura	cm		12.23	12.44	12.36
Area	cm ²		45.45	44.69	44.97
Densidad Humeda	gr/cm ³		2.189	2.189	2.189
Contenido de Humedad	%		17.4	17.4	17.4
Grado de Saturacion	%		61.2	61.2	61.2
Parámetros de Esfuerzos Totales					
Esf. Confinante (σ_3)	kg/cm ²		1.00	2.00	4.00
Esf. Principal (σ_1)	kg/cm ²		2.269	4.501	8.904
Cohesión (C)	kg/cm ²		0.00		
Angulo de Fricción (ϕ)	(°)		22.39		

Nota.- Los especímenes fueron remoldeados con una densidad adecuada para el ensayo.

Ejecutado por : Téc. D. Del Rio R.
 Revisado por : Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (a) del Laboratorio N°2 UNI - FIC



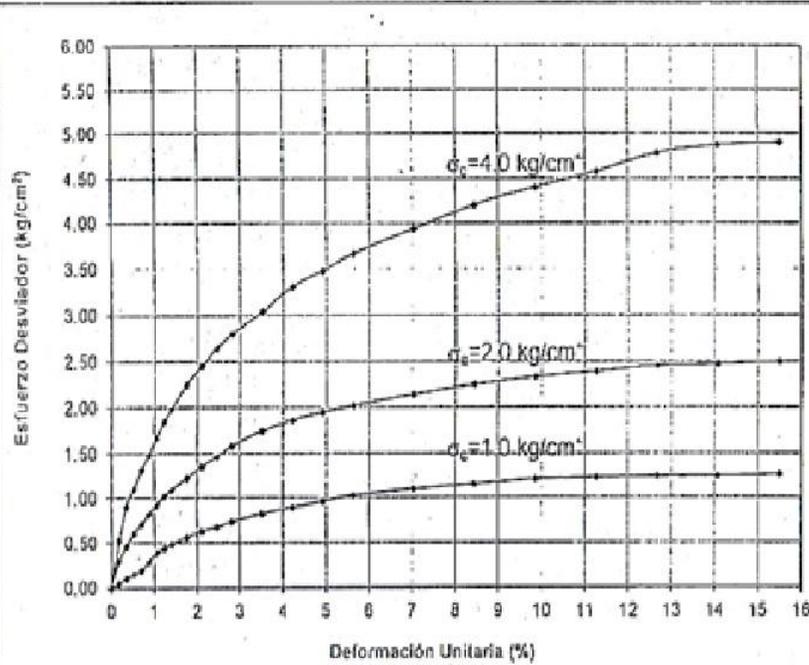
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO (UU) - ASTM D2850

INFORME N° S18 - 510-1-2

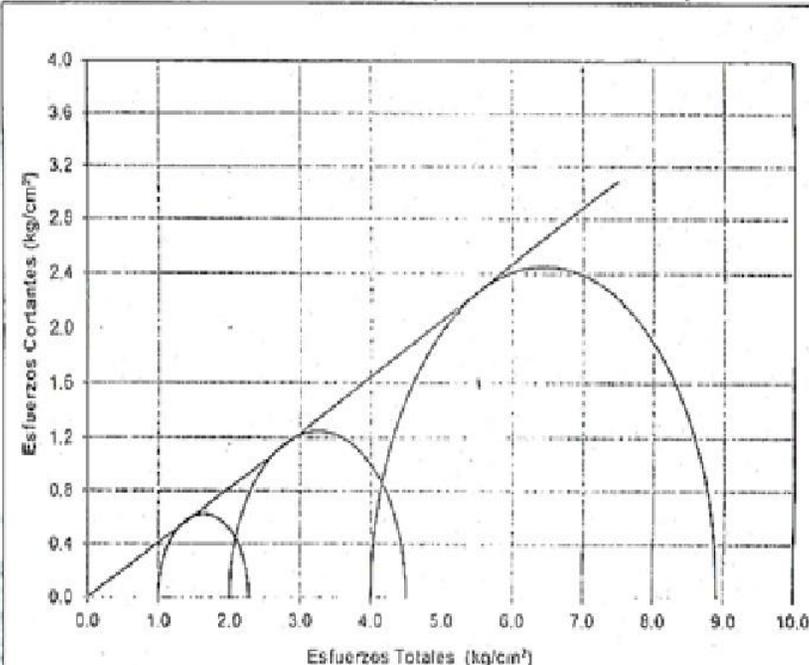
Estado : Remoldeado (material < tamiz N° 4)
Calicata : S-2
Prof. (m.) : 1.45 - 2.00

SOLICITANTE : MERCEDES CONDEZO LUNA
PROYECTO : PLAN DE CIERRE DE DEPÓSITOS DE DESMONTES EXCELSIOR CERRO DE PASCO
UBICACIÓN : DISTRITO CERRO DE PASCO - PROVINCIA PASCO - DEPARTAMENTO PASCO
FECHA : 11 DE JULIO 2018

DEFORMACION NORMAL vs. ESFUERZO DESVIADOR

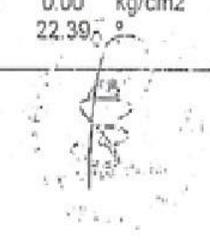


CIRCULO DE MOHR (ESFUERZOS TOTALES)



Cohesión (C) : 0.00 kg/cm²
Ángulo de Fricción (φ) : 22.39°

Laboratorio N° 2
Ing. Mercedes Condezo Luna
5/10/2018





ENSAYOS DE CARACTERIZACIONES FISICAS

(ASTM - D2216; D6913; D4318; D4943; D2487; D-3282)

Informe : LG18-093
 Solicitante : Mercedes Condezo Luna
 Proyecto : Plan de Cierre del Depósito de Desmontes Excelsior

Fecha : Julio, 2018

Ubicación : Cerro de Pasco - Dpto Pasco

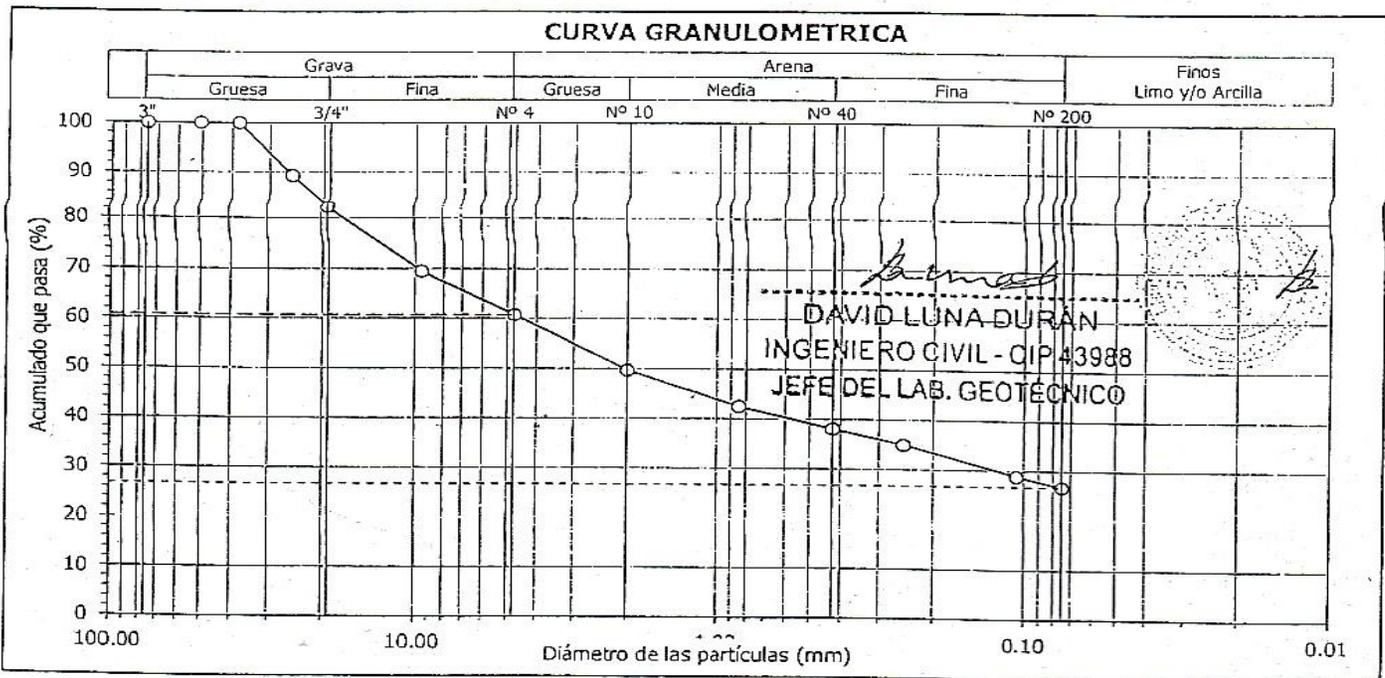
Sondaje : Shelby
 Muestra : S - 3
 Profundidad (m) : 3.45 - 4.00

Hoja : 1 de 1

Granulometría por tamizado - D6913		
Tamiz	Abertura (mm)	Acum. q' Pasa (%)
3"	76.200	100.0
2"	50.800	100.0
1½"	38.100	100.0
1"	25.400	89.4
¾"	19.050	82.4
3/8"	9.525	69.5
Nº 4	4.750	60.8
Nº 10	2.000	49.7
Nº 20	0.850	42.5
Nº 40	0.425	38.1
Nº 60	0.250	35.0
Nº 140	0.106	28.9
Nº 200	0.075	26.8

Contenido de humedad - D2216		(%)	20.1
Límites de consistencia D4318	Límite Líquido	(%)	28
	Límite Plástico	(%)	19
	Índice de Plasticidad	(%)	9
	Límite de Contracción - D4943	(%)	---
Resultados de granulometría por tamizado	Coefficiente de Uniformidad (Cu)		---
	Coefficiente de Curvatura (Cc)		---
	Grava [Nº 4 < ϕ < 3"]	(%)	39.2
	Arena [Nº 200 < ϕ < Nº 4]	(%)	34.0
	Finos [ϕ < Nº 200]	(%)	26.8

Clasificación - D3282 / D2487	
AASHTO	SUCS
A-2-4 (0)	GC Grava arcillosa con arena





ENSAYOS DE LABORATORIO

Informe N° : LG18-093
Solicitante : Mercedes Condezo Luna
Proyecto : Plan de Cierre del Depósito de Desmontes Excelsior

Fecha : Julio, 2018

Ubicación : Cerro de Pasco - Dpto Pasco

Hoja : 1 de 1

Identificación

Sondaje : Shelby
Muestra : S - 3
Profundidad (m) : 3.45 - 4.00

Clasificación

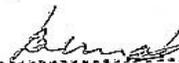
AASHTO : A-2-4 (0)
SUCS : GC / Grava arcillosa con arena

Peso volumétrico

Humedad : 22.5 %
Densidad húmeda : 2.10 g/cm³

Observaciones :

La muestra han sido identificada y entregada por el solicitante.

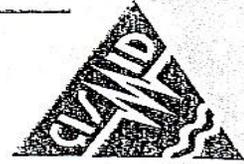

DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas
y Mitigación de Desastres
Laboratorio Geotécnico



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº : LG18-093
Solicitante : Mercedes Condezo Luna
Proyecto : Plan de Cierre del Depósito de Desmontes Excelsior

Fecha : Julio, 2018

Ubicación : Cerro de Pasco - Dpto Pasco

Sondaje : Shelby Hoja : 1 de 4
Muestra : S - 3 AASHTO : A-2-4 (0)
Profundidad (m) : 3.45 - 4.00 SUCS : GC // Grava arcillosa con arena
Estado : Remoldeado Velocidad : 0.5 mm/min

PRESION DE CELDA : 1 kg/cm²

Datos iniciales del espécimen
Diámetro : 5 cm
Altura : 10 cm
Humedad : 15 %
Densidad seca : 1.71 g/cm³

Cuadro de detalle al aplicar el esfuerzo desviador

Table with 7 columns: Deformación (%), Esf. Desv. (kg/cm²), σ1 (kg/cm²), p (kg/cm²), q (kg/cm²), q/p, and Oblicuidad (σ1/σ3). It contains 13 rows of data points.

Observaciones :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material menor de 3/8", máxima humedad remoldeable = 15.0%, densidad seca = 1.71g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso volumétrico (datos del peso volumétrico: Humedad = 22.5%; densidad húmeda = 2.10g/cm³). Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

Signature of David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 - Perú
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.
Correo-e: labgeoc@uni.edu.pe / URL: http://www.cismid-uni.org



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº : LG18-093 Fecha : Julio, 2018
Solicitante : Mercedes Condezo Luna
Proyecto : Plan de Cierre del Depósito de Desmontes Excelsior
Ubicación : Cerro de Pasco - Dpto Pasco

Sondaje : Shelby Hoja : 2 de 4
Muestra : S - 3 AASHTO : A-2-4 (0)
Profundidad (m) : 3.45 - 4.00 SUCS : GC // Grava arcillosa con arena
Estado : Remoldeado Velocidad : 0.5 mm/min

PRESION DE CELDA : 2 kg/cm²

Datos iniciales del espécimen
Diámetro : 5 cm
Altura : 10 cm
Humedad : 15 %
Densidad seca : 1.71 g/cm³

Cuadro de detalle al aplicar el esfuerzo desviador

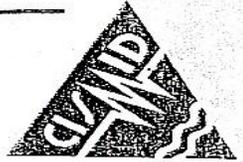
Table with 7 columns: Deformación (%), Esf. Desv. (kg/cm²), σ₁ (kg/cm²), p (kg/cm²), q (kg/cm²), q/p, and Oblicuidad (σ₁/σ₃). It contains 13 rows of data points from 0.00 to 12.00% deformation.

Observaciones :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material menor de 3/8", máxima humedad remoldeable = 15.0%, densidad seca = 1.71g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso volumétrico (datos del peso volumétrico: Humedad = 22.5%; densidad húmeda = 2.10g/cm³). Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

Signature of David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988

Av. Túpac Amaru 1150, Rímac, Lima 25, Código Postal 15333 - Perú
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.
Correo-e: labgeoc@uni.edu.pe / URL: http://www.cismid-uni.org



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe Nº : LG18-093
Solicitante : Mercedes Condezo Luna
Proyecto : Plan de Cierre del Depósito de Desmontes Excélsior

Fecha : Julio, 2018

Ubicación : Cerro de Pasco - Dpto Pasco

Sondaje : Shelby
Muestra : S - 3
Profundidad (m) : 3.45 - 4.00
Estado : Remoldeado
Hoja : 3 de 4
AASHTO : A-2-4 (0)
SUCS : GC // Grava arcillosa con arena
Velocidad : 0.5 mm/miñ

PRESION DE CELDA : 4 kg/cm²

Datos iniciales del espécimen
Diámetro : 5 cm
Altura : 10 cm
Humedad : 15 %
Densidad seca : 1.71 g/cm³

Cuadro de detalle al aplicar el esfuerzo desviador

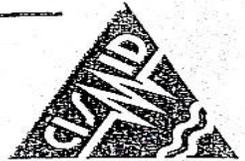
Table with 7 columns: Deformación (%), Esf. Desv. (kg/cm²), σ1 (kg/cm²), p (kg/cm²), q (kg/cm²), q/p, and Oblicuidad (σ1/σ3). It contains 17 rows of data points.

Observaciones :

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Material menor de 3/8", máxima humedad remoldeable = 15.0%, densidad seca = 1.71g/cm³, los datos del remoldeo han sido obtenidos del ensayo peso volumétrico (datos del peso volumétrico: Humedad = 22.5%; densidad húmeda = 2.10g/cm³). Los datos de remoldeo son responsabilidad del solicitante.

Signature of David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO

Av. Túpac Amaru 1150, Rimac, Lima 25, Código Postal 15333 - Perú
Teléfonos: (+51) 1 4820777 Anexo 401 / (+51) 1 481 1070 Anexo 421
(+51) 1 4820804 / Celular: 951694234.
Correo-e: labgeoc@uni.edu.pe / URL: http://www.cisimid-uni.org



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL

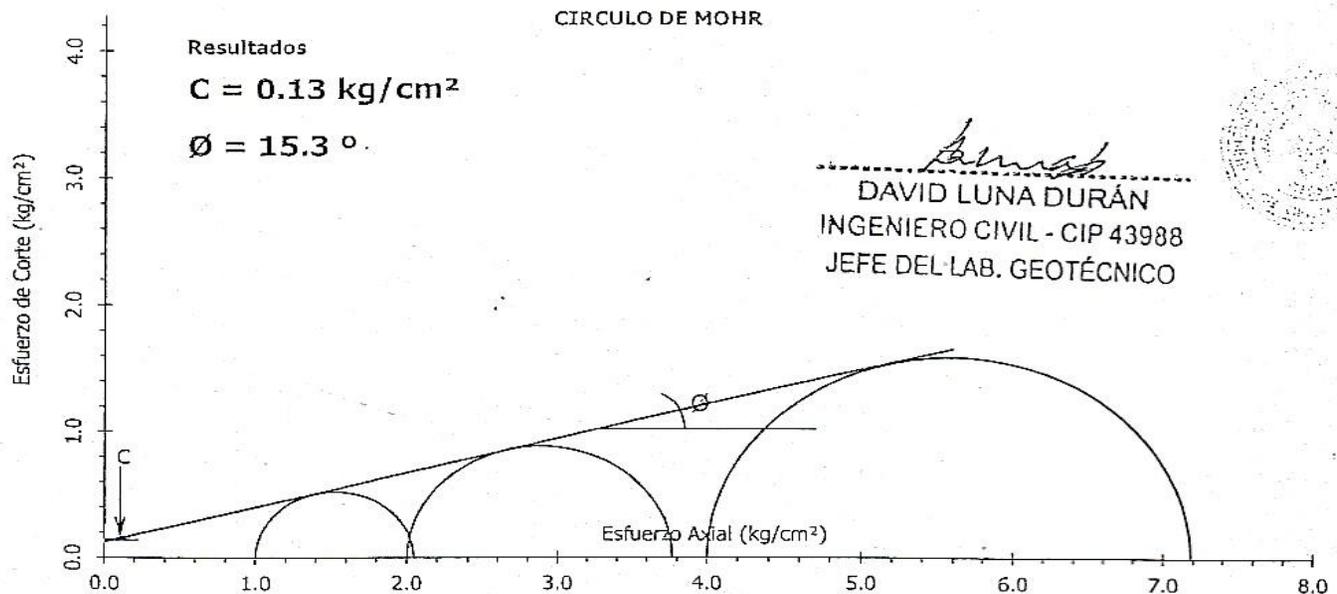
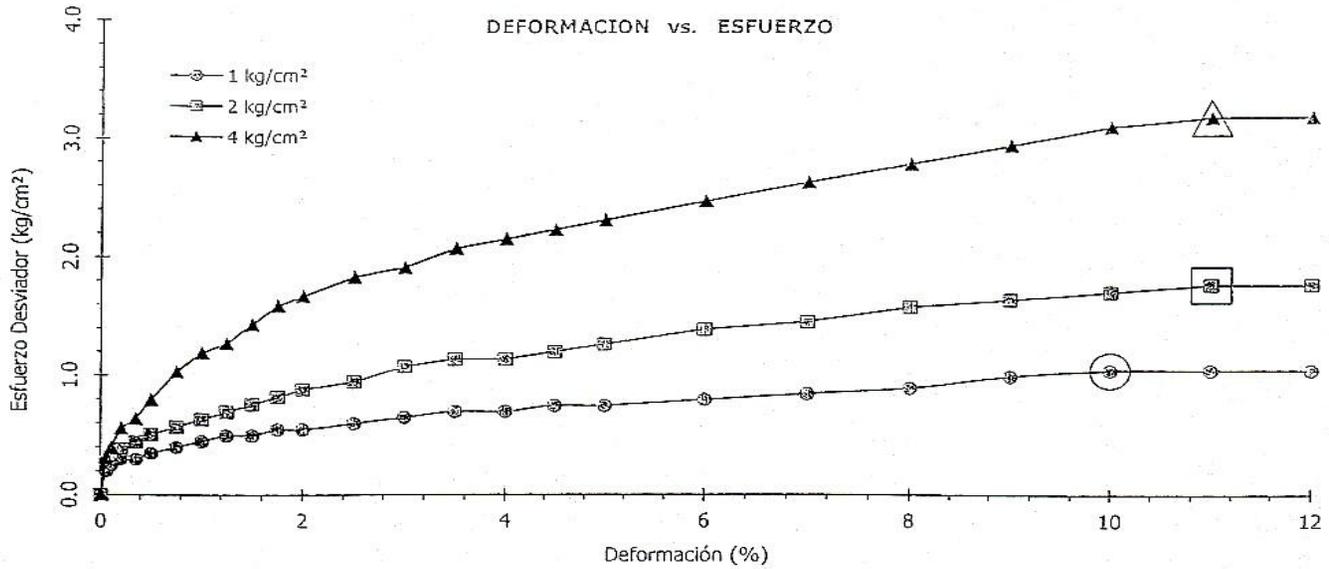
No Consolidado - No Drenado (UU) // ASTM - D2850

Informe N° : LG18-093
Solicitante : Mercedes Condezo Luna
Proyecto : Plan de Cierre del Depósito de Desmontes Excelsior

Fecha : Julio, 2018

Ubicación : Cerro de Pasco - Dpto Pasco

Sondaje : Shelby Hoja : 4 de 4
Muestra : S - 3 AASHTO : A-2-4 (0)
Profundidad (m) : 3.45 - 4.00 SUCS : GC // Grava arcillosa con arena
Estado : Remoldeado Velocidad : 0.5 mm/min

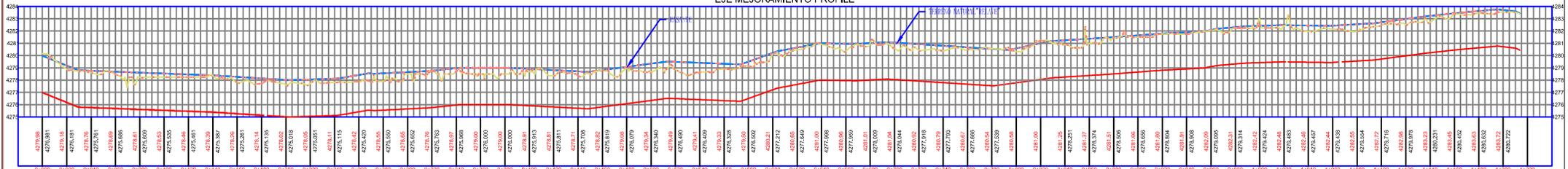


Signature of David Luna Durán
DAVID LUNA DURÁN
INGENIERO CIVIL - CIP 43988
JEFE DEL LAB. GEOTÉCNICO

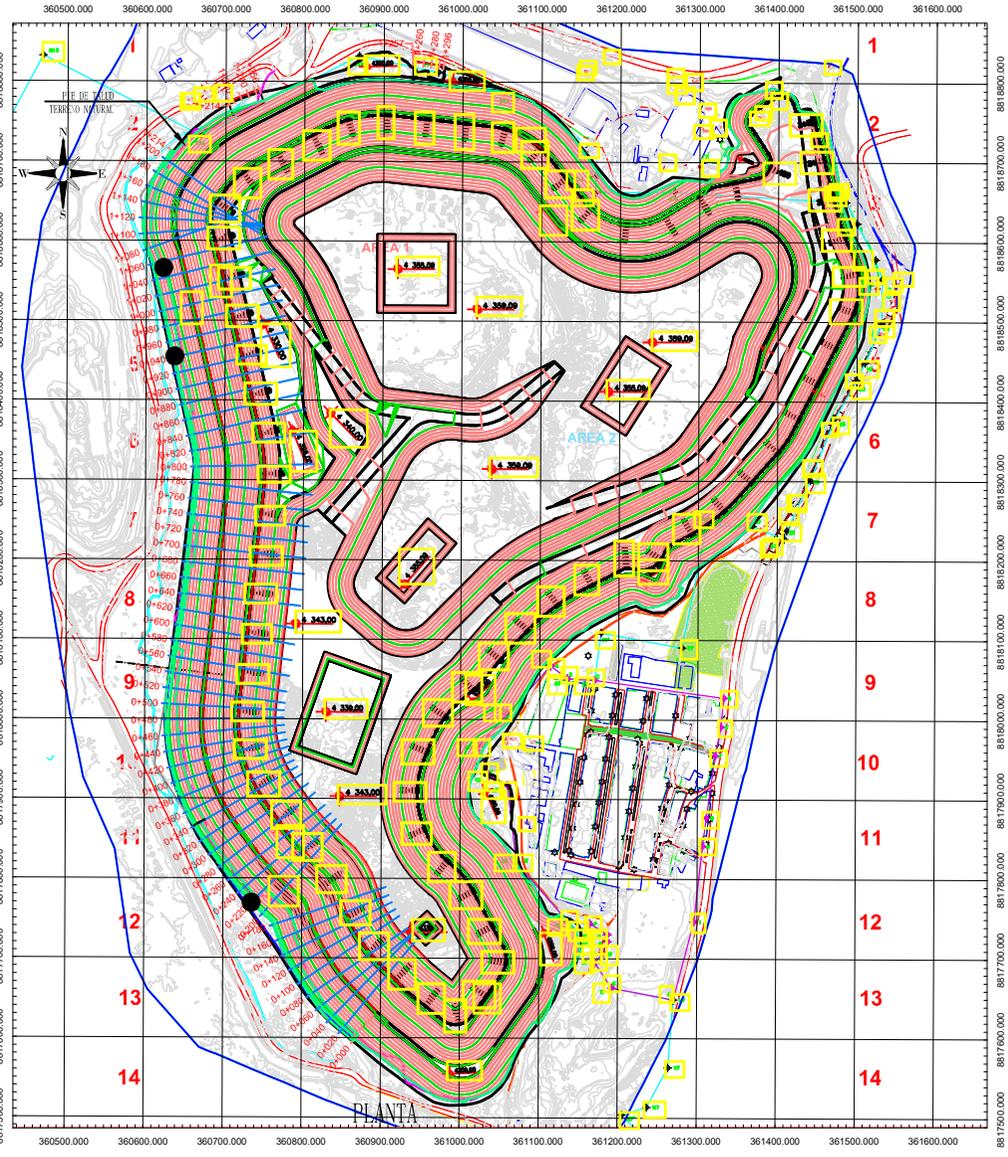


ESC H:1
V:10

EJE MEJORAMIENTO PROFILE



PERFIL



N°	Progresiva	análisis estatico	análisis seudoestático
1	0+200	2.003	1.367
2	0+950	1.656	1.111
3	1+050	1.696	1.162

N°	Progresiva	análisis estatico	análisis seudoestático
1	0+200	2.144	1.472
2	0+950	1.830	1.222
3	1+050	1.863	1.297

N°	Progresiva	análisis estatico	análisis seudoestático
1	0+200	2.003	1.358
2	0+950	1.654	1.098
3	1+050	1.676	1.135

LEYENDA

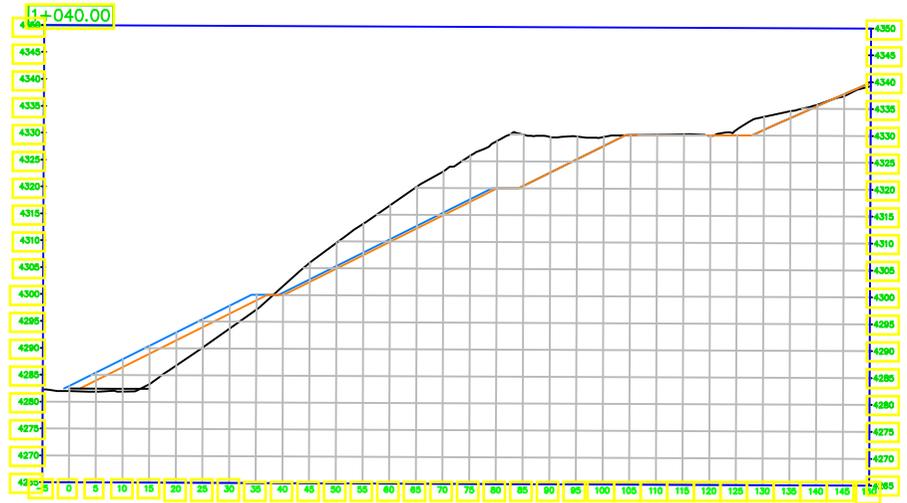
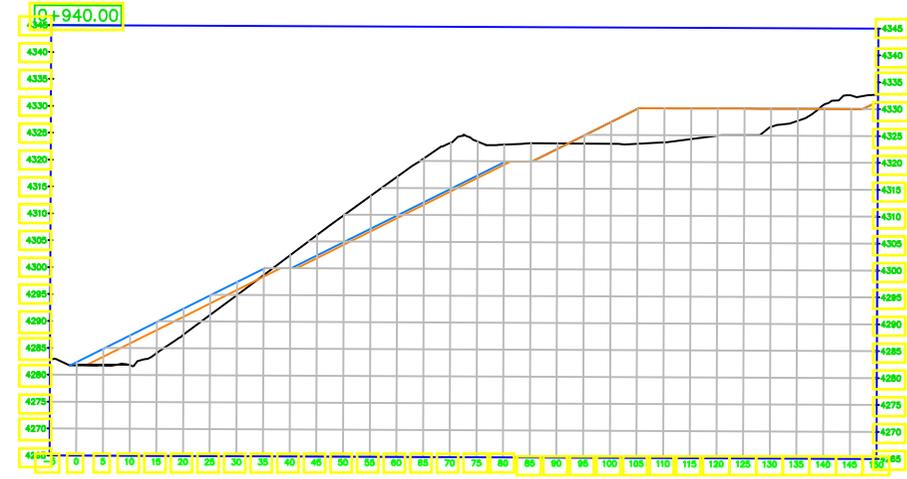
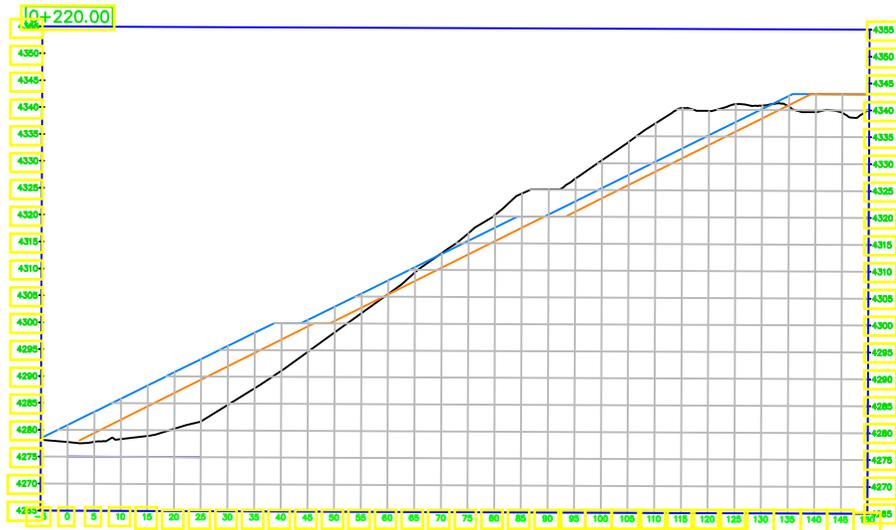
- CURVAS DE NIVEL
- POSTES DE ALUMBRADO
- MODIFICACION ESTABILIDAD FISICA
- TUBERIA PVC
- JARDIN
- CONSTRUCCIONES
- POSTE
- PUNTO DE CONTROL EX7
- CANAL NATURAL DE AGUA
- ZONA DE ESTUDIO

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

PROYECTO: **CIERRE DE DEPOSITOS DE DESMONTE EXCELSIOR**

TITULO: **PLANO DE PLANTA Y PERFIL**

ELABORO : M.P.C.	APROBO : M.P.C.	ESCALA : INDICADA	PLANO : E-1
DIBUJO : D.M.P.	FECHA : SEPTIEMBRE/2019		



SECCIONES

LEYENDA	
	TERRENO NATURAL
	DISEÑO ORIGINAL
	DISEÑO PROPUESTO

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

PROYECTO: CIERRE DEL DEPÓSITO DE DESMONTE EXCÉLSIOR-CERRO DE PASCO

TÍTULO: SECCIONES S1, S2, S3



ELABORADO : D.M.P.	APROBADO : R.F.G.	ESCALA : 1/500	REV. : 1
DIBUJO : D.M.P.	FECHA : SEPTIEMBRE/2019	PLANO : E-2	

Anexo 7: Estudio de Impacto Ambiental

1. Identificación y evaluación de impactos generados actualmente por los componentes del Depósito de Desmontes Excélsior

A. Identificación de Impactos

Para la identificación de los impactos originados por la presencia del depósito de desmontes Excélsior, se ha utilizado la metodología de la Matriz de Alcances de los Impactos, que interactúa los componentes del depósito de desmontes Excélsior y los impactos generados en cada componente ambiental.

El desarrollo del depósito de desmonte Excélsior ha impactado severamente los ecosistemas y ha modificado de manera definitiva el ambiente físico, biológico y social, presentando impactos negativos, de larga duración, parcialmente reversibles a irreversibles y con importantes impactos, para los componentes ambientales.

Cuadro N°01

MATRIZ DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS - DEPOSITO DE DESMONTES EXCELSIOR				
Factores Ambientales		Impacto Ambiental	Componentes del proyecto	
Medio	Componente Ambiental		Sistema de drenajes	Desmontes
Medio Abiótico	Topografía y Relieve	Variación de la Estructura Geomorfológica	X	X
		Inestabilidad de taludes		X
	Suelo	Alteración de la Calidad de suelos		X
		Problemas de erosión		X
	Aire	Generación de material particulado		X
Agua	Generación de drenaje ácido		X	
Medio Biótico	Flora	Variación en la Diversidad de especies		X
	Fauna	Perturbación de especies de fauna		X
		Alteraciones al hábitat de la fauna		X
Medio Social	Componente Social	Cambios en el modo de vida de la población		X
		Efectos en la salud		X
		Efectos en la seguridad		X
	Interés Humano	Cambios en la estructura del paisaje	X	X

Fuente: CESEL S.A.

El depósito de desmonte Excélsior es un ambiente que actualmente se encuentra alterado, debido a la acumulación de los desechos de la explotación minera.

Para la identificación y evaluación de impactos se considerará los componentes y las actividades de abandono, determinando los impactos positivos o negativos sobre los ambientes físico, biológico y socioeconómico.

B. Evaluación de Impactos

La evaluación de impactos se realizó mediante una matriz de valorización, aplicando una relación de causalidad entre los componentes del depósito de desmontes y los impactos generados.

Cuadro N° 02

MATRIZ DE EVALUACION DE IMPACTOS - CIERRE DE DEPOSITO DE DESMONTES EXCELSIOR															
Factores Ambientales		Impacto Ambiental Probable	Carácter	Probabilidad de Ocurrencia	Magnitud					Importancia	Impacto Parcial	Significancia del Impacto	Sub Total por componente	Total por Medio	Impacto Total
Medio	Componente				Extensión	Intensidad	Desarrollo	Duración	Reversibilidad						
Medio Abiótico	Topografía y Relieve	Variación de la Estructura Geomorfológica	-	1	1	0	2	2	2	2	-14	No significativo	-15.6	-98.6	-137.5
		Inestabilidad de taludes	-	0.2	1	1	2	0	0	2	-1.6	No significativo			
	Suelo	Alteración de la Calidad de suelos	-	1	1	1	1	1	1	2	-10	No significativo	-14		
		Problemas de erosión	-	0.5	1	1	0	1	1	2	-4	No significativo			
	Aire	Generación de material particulado	-	0.5	1	1	2	1	1	9	-27	Poco significativo	-27		
Agua	Generación de drenaje ácido	-	1	1	1	2	1	1	7	-42	Medianamente significativo	-42			
Medio Biótico	Flora	Variación en la Diversidad de especies	-	0.1	0	0	1	0	0	3	-0.3	No significativo	-0.3	-0.9	
	Fauna	Perturbación de especies de fauna	-	0.1	0	0	1	0	0	3	-0.3	No significativo	-0.6		
		Alteraciones al hábitat de la fauna	-	0.1	0	0	1	0	0	3	-0.3	No significativo			
Medio Social	Componente Social	Cambios en el modo de vida de la población	-	0.5	1	1	1	1	0	5	-10	No significativo	-20	-38	
		Efectos en la salud	-	0.4	1	1	0	0	0	5	-4	No significativo			
		Efectos en la seguridad	-	0.4	1	1	1	0	0	5	-6	No significativo			
	Interés Humano	Cambios en la estructura del paisaje	-	1	1	2	2	2	2	2	-18	No significativo	-18		

Los impactos son calificados como:

- 0 - 20 no significativo
- 21 - 40 poco significativos
- 41 - 60 medianamente significativos
- 61 - 80 significativos
- 81 - 100 altamente significativos

C. Descripción de Impactos

Impactos en la Topografía y Relieve

Los impactos identificados en la topografía y relieve son:

- Variación en la estructura geomorfológica.
- Inestabilidad de taludes.

La conformación del depósito de desmontes Excélsior ha generado variaciones en la estructura geomorfológica, debido a que estos lugares están conformados por hondonadas o depresiones, las cuales al ser utilizadas como depósitos de material excedente son niveladas de acuerdo a su condición inicial. Es así que el depósito de desmontes Excélsior ha variado la geomorfología en el área de influencia ambiental. Asimismo, esto genera la inestabilidad de los taludes del depósito de desmontes.

Impactos en el Suelo

Los impactos al suelo identificados actualmente son:

- Alteración en la calidad del suelo.
- Problemas de erosión.

La variación de la calidad edáfica originada por el emplazamiento del depósito de desmontes Excélsior se debe a que su conformación genera cambios en las características físicas (resistencia, permeabilidad, composición química y estructura física) de los suelos del área.

Asimismo, la carencia de vegetación en el depósito de desmontes Excélsior, dejan expuestos los suelos a la acción de agentes erosivos, promoviendo la ocurrencia de procesos físico-geológicos o de geodinámica externa.

Impactos al Aire

Los impactos identificados a la calidad de aire son:

- Generación de material particulado.

La calidad de aire es el mayor el impacto en la emisión de material particulado debido a que el depósito de desmontes aún no se encuentra revegetado y a la cercanía de la población de Champamarca.

Impactos en el Agua

Los impactos al agua identificados actualmente son:

- Generación de drenaje ácido.

Los cursos de agua son susceptibles a los impactos generados por la composición del depósito de desmontes Excélsior.

Las aguas de los afloramientos al pie de los desmontes de Excélsior tienen un pH que revela la presencia de aguas ácidas y de metales que explican esta acidez.

El principal problema para este depósito es la generación de drenaje ácido y la posibilidad de contaminar los acuíferos de la zona. Los materiales depositados que contienen pirita son los que al estar expuestos al ambiente, tienen contacto con el oxígeno, luego de lo cual se oxidan y generan drenaje ácido, el cual luego se transporta con el agua proveniente de las escorrentías. Lo mismo ocurre con las aguas subterráneas que al fluir por dentro del depósito arrastran aguas ácidas y salen en los manantiales al pie del depósito, los cuales tienen pH ácido.

Impactos en la Flora

El impacto a la flora que se ha identificado es:

- Variación en la diversidad de especies

El impacto ambiental a la flora producido por los componentes del depósito de desmontes Excélsior es la variación en la diversidad de especies. Este impacto se debe, principalmente al retiro de cobertura vegetal que se produjo para la conformación del depósito de desmontes.

Impactos en la Fauna

Los impactos identificados a la fauna son:

- Perturbación de las especies de fauna.
- Alteraciones al hábitat de la fauna.

Los impactos sobre la fauna local son no significativos, sin embargo la mayoría de éstos, se deben a la escasez de la cobertura vegetal y consecuentemente a la alteración de los ecosistemas disminuyendo la diversidad y abundancia de especies.

Impactos en el Componente Social

Los impactos generados en el componente socioeconómico son los siguientes:

- Cambios en el modo de vida de la población
- Efectos en la salud
- Efectos en la seguridad

El modo de vida es la forma cómo viven y de qué manera se relacionan con su entorno social los pobladores del área de influencia. El impacto sobre el modo de vida de la población de Champamarca se debe a la cercanía del centro poblado con el depósito de desmontes Excélsior. Esto a su vez afecta la salud de la población debido a la generación de material particulado. El impacto referido a la seguridad se debe a la inestabilidad en los taludes del depósito de desmontes y al riesgo de derrumbes que este implica.

Impactos en el componente Interés Humano

Los impactos al componente de Interés humano.

- Cambios en la estructura del paisaje

El efecto principal está referido a la pérdida del valor paisajístico debido a la presencia de elementos antrópicos, incorporación de formas no naturales en el relieve y pérdida de cubierta vegetal, las cuales influyen sobre la percepción y valoración del paisaje natural y principalmente sobre su valor escénico.

D. Análisis de Impactos Ambientales

La matriz de alcances permitió identificar los impactos socio ambientales, los cuales fueron evaluados en la matriz cuantitativa.

Analizando los resultados de la evaluación de impactos realizada en el cuadro 3.8.3-1, se puede concluir que actualmente en las condiciones en las que se halla el depósito de desmontes Excelsior genera impactos no significativos a medianamente significativos, siendo estos causados principalmente por la composición del desmonte, y la proximidad a la población.

El impacto más significativo es la generación de drenaje ácido y el componente ambiental con una mayor significancia en sus impactos es el agua.

El medio abiótico es el que presenta una mayor cantidad de impactos de significancia más alta de -98.6, seguido del medio social -38 y el medio biológico con una significancia de -0.9.

Debido el impacto que están generando los componentes del depósito de desmontes Excelsior es necesario plantear obras a ser diseñadas que permitirán tener un abandono técnico y ambientalmente adecuado, optimizando los recursos y procurando el menor mantenimiento posible, considerando que es un cierre definitivo.

Las actividades proyectadas para el abandono del depósito de desmontes Excelsior estarán destinadas a mitigar, controlar o rehabilitar las áreas impactadas, implementando medidas a fin de alcanzar la estabilidad física, hidrológica y geoquímica.

Anexo 8: Declaración Jurada de Autenticidad

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Condezo Luna, Mercedes Lucia, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, identificada(o) con DNI N° 47052026, ejecutora de la tesis titulada "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, EMPLEANDO MÉTODOS APROXIMADOS DE DOVELAS, EN DEPÓSITO DE DESMONTE DE MINA EXCÉLSIOR – PASCO".

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.

- 3) La tesis no ha sido autoplagiado, es decir, no ha sido presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en las tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse el fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya haya sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Alas Peruanas.

Huancayo, 25 de Octubre 2019

Fecha (25/10/19)



Mercedes Lucia Condezo Luna

DNI N°47052026