



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

**CALCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES ALUVIALES MORRENICOS
CASO ANANEA S.A**

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE

3. Duración del proyecto (meses)

Del 15 de marzo 2022 al 15 de marzo 2023

4. Tipo de proyecto

<u>Individual</u>	☐
<u>Multidisciplinario</u>	☒
<u>Director de tesis pregrado</u>	☐

4. Datos de los integrantes del proyecto

Apellidos y Nombres	Oscar Eloy Ilanque Maquera - 910528 Américo Arizaca Avalos - 2011304 Fidel Huisa Mamani – 2121229/ dni : 01286423
Escuela Profesional	Ingeniería de Minas
Celular	989597121 958328070 951921282
Correo Electrónico	oellanque@unap.edu.pe aarizaca@unap.edu.pe fhuisa@unap.edu.pe

- I. Título (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)

**CALCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES ALUVIALES
MORRENICOS CASO ANANEA S.A**



- II. Resumen del Proyecto de Tesis (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

El presente trabajo de investigación denominado **“CALCULO DE FACTOR DE SEGURIDAD EN TALUDES ALUVIALES MORRENICOS CASO ANANEA S.A”**, específicamente de la Cooperativa Minera Santiago, cuyo objetivo es dimensionar los bancos y los taludes que sean los más óptimos con el fin de controlar las fallas que puedan ocasionarse durante su operación y almacenaje de los desmontes provenientes de las canteras.

La cooperativa minera Santiago - Ananea realiza sus operaciones excavando el material morrénico con maquinarias pesadas en los tajos, en muchas veces sin tener el control del talud crítico en la mayoría de los casos y en vista de que han ocurrido accidentes por deslizamiento y rotura de bancos, en muchas zonas del proyecto se trabajan con poca o sin una planificación adecuada; por lo cual se ha visto por conveniente realizar una evaluación y un estudio geotécnicas del talud.

Para la extracción del material se hace uso de excavadoras y para el transporte se emplean volquetes. La metodología empleada para el estudio será analítico y descriptivo y los resultados se emplearan para un buen control de la estabilidad de taludes dentro de un factor de seguridad recomendable, como también servirán en los cursos de mecánica de rocas y geotecnia para los alumnos de la escuela profesional de ingeniera de Minas.

- III. Palabras claves (Keywords) (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)

Factor de seguridad, estabilidad, taludes, aluviales
--

- IV. Justificación del proyecto (Describa el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)

En los proyectos mineros, como son la explotación de canteras y morrenas como es el



caso de las Cooperativas mineras en la zona de Ananea, la Estabilidad de taludes es muy importante que debe de estimarse en base al factor de seguridad, ya sea por factores ambientales, seguridad en las operaciones mineras, etc. La seguridad del recurso humano y equipos es primordial en cualquier empresa minera, así como el cuidado del medio ambiente. Por los diseños no adecuados en el método de explotación, Beneficio de minerales y almacenamiento de los relaves y desmontes, en estos dos últimos la estabilidad de taludes es muy importante para controlar los derrumbes y colapsos. El presente estudio de Investigación plantea estimar el factor de seguridad recomendable y el análisis de la resistencia de taludes en operación en la contrata minera Santiago y el diseño de los mismos durante el minado. La Contrata minera Santiago está dentro de la Mina San Antonio de Poto (ANANEA) denominado anteriormente es una Empresa conformada por varios contratistas mineros, centralizados por la Cooperativas. Ha sido operada por varios años con varios propietarios, pero hasta hoy no tiene un estudio de reservas, ni estudios de planificación, medio ambiental, mucho menos estudios geotécnicos para las operaciones Mineras ni de los desmontes. En muchas minas del país del extranjero las canteras mineras han colapsado por no tener un buen estudio de estabildades de sus taludes y esto ha traído como consecuencias grandes desastres a la naturaleza y al medio ambiente, por lo cual es necesario que los depósitos Minerales en explotación deben tener un buen estudio geotécnico referido a la estabilidad de taludes, materia del presente estudio.

- V. Antecedentes del proyecto** (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

La resistencia al cortante que se va a utilizar en los análisis, puede ser medida por alguno de los métodos de laboratorio o de campo que se indicaron en el desarrollo del trabajo. Se debe tener en cuenta si se trata de condiciones drenadas o no drenadas o si el análisis es realizado en estado no-saturado. Los parámetros deben corresponder a los niveles de esfuerzos sobre las superficies de falla potenciales. En los casos en los cuales ya ha ocurrido la falla del talud, se recomienda emplear las resistencias residuales (Skempton, 1970, 1977,1985).

Igualmente, debe tenerse en cuenta la disminución de resistencia, con el tiempo. Para suelos que son completamente saturados, el ángulo de fricción para condiciones no drenadas, es igual a cero. La resistencia no drenada para suelos saturados puede ser determinada a partir de los ensayos no-consolidados no-drenados.(Jaime Suarez. 2002).



Las fallas de los taludes pueden ocurrir en condiciones drenadas o no drenadas. Si la inestabilidad es causada por los cambios en la carga, tal como la remoción de materiales de la parte baja del talud o aumento de las cargas en la parte superior (en suelos de baja permeabilidad) éstos pueden no tener tiempo suficiente para drenar durante el tiempo en el cual ocurre el cambio de carga. En ese caso, se dice que las condiciones son no drenadas. Generalmente, los suelos tienen permeabilidades suficientes para disipar las presiones de poros en exceso y se comportan en condiciones drenadas. Para las ratas normales de carga que equivalen a meses o semanas, se pueden considerar drenados suelos con permeabilidades mayores de 10–4 cm/seg. En cambio, los suelos con permeabilidades menores de 10–7 cm/seg, se consideran no drenados. Mientras, las permeabilidades intermedias se consideran parcialmente drenadas (Suarez, 2002) Para determinar las condiciones de drenaje (Reynares, Marcela. F. F., Morbidoni, N. & Schreider, M. , 2004) sugiere utilizar la siguiente expresión:

$$T = \frac{C_v t}{D^2}$$

Dónde:

T= Factor adimensional

Cv= Coeficiente de consolidación

t = Tiempo de drenaje

D = Longitud del camino de drenaje o distancia de salida del agua al cambio de presiones. Si T es mayor de 3, la condición es drenada.

Si T es menor de 0.01, la condición es no drenada. Si T está entre 0.01 y 3.0, ocurre drenaje parcial durante el tiempo de cambio de cargas. En este caso, deben analizarse ambas condiciones, el caso drenado y el caso no drenado. (Suarez, 2002).

En la estabilidad a corto plazo debe tenerse en cuenta que los suelos que no tienen un drenaje rápido, están sujetos a presiones de poros por acción de las cargas aplicadas. En la estabilidad a largo plazo, se supone que los suelos están drenados. Para la estabilidad (a corto plazo) de las arcillas normalmente consolidadas y de limos, se recomienda modelar con análisis de esfuerzos totales. Aunque se puede realizar el análisis empleando esfuerzos efectivos, es muy difícil estimar o medir las presiones de poros para su utilización en el análisis (Suarez, 2002).

Nina (2017), estudia la evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel de la Cia. De minas Buenaventura, donde concluyo que se realizó la evaluación de las características geomecánicas del sitio, a través de la realización de ensayos de laboratorio y mapeo de campo de 40 estaciones geomecánicas por el método de celdas o ventanas, obteniéndose las características típicas del macizo rocoso



presente en el Proyecto San Gabriel. Teniendo las siguientes características: Se presentan 5 familias de discontinuidades relevantes, con un RQD de valor medio a bueno, espaciados muy junto a extremadamente junto, persistencia media a alta, con superficies rugosa, apertura angosta, relleno típico de óxido y condición de humedad. La clasificación geomecánica nos muestra que el Proyecto San Gabriel presenta un tipo de roca regular a buena calidad.

VI. Hipótesis del trabajo (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)

En base al diseño de taludes en las operaciones mineras de la contrata Minera Santiago se determinará el factor de seguridad y el tipo de falla que podría ocurrir.

VII. Objetivo general

Estimar el factor de Seguridad para los taludes de material aluvial morrénico en el frente de minado en la Contrata Minera Santiago.

VIII. Objetivos específicos

- Establecer las bases técnicas de estabilidad de taludes en las operaciones mineras.
- Estimar el Factor de seguridad más adecuado para los taludes de operación durante el minado de la contrata minera Santiago.

IX. Metodología de investigación (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar)

El tipo de Investigación que se propone realizar es Básica y Tecnológico. En nuestro caso es diseñar los ángulos óptimos de taludes de las operaciones mineras.

Cuando se habla de estabilidad de un talud (acumulación de fragmentos de roca partida en la base de paredes de roca, acantilados de montañas, o cuencas de valles.) se trata de encontrar **el factor de seguridad crítica**, la altura crítica del talud o la carga de colapso aplicada sobre una porción del talud, para una geometría y características de suelo dados. Evaluar la estabilidad de un talud en base a factor de seguridad, implica un estudio en el cual se debe, entre otros eventos: caracterizar la resistencia del suelo,



establecer el perfil del talud así como las condiciones de filtración y agua subterránea, seleccionar una superficie de deslizamiento o falla y calcular su factor de seguridad, finalmente, a partir de este factor de seguridad (el cual se elige en base al destino del talud) se deberá determinar la superficie de falla crítica. (Oscar Moller, 2011)

El factor de seguridad “FS”, para un talud se define generalmente como la relación entre la resistencia al corte disponible con respecto del esfuerzo cortante sobre la superficie de falla crítica. Las características de esfuerzos y deformaciones de la mayoría de suelos son tales que se pueden presentar deformaciones plásticas relativamente grandes en cuanto se aproximan los esfuerzos cortantes aplicados a la resistencia al corte del material. En el diseño de un talud o depósito, el factor de seguridad debe ser mayor a la unidad.

A través del método de límite de equilibrio permite obtener un factor de seguridad o a través de un análisis regresivo, obtener los valores de la resistencia al cortante en el momento de la falla. Una vez se han determinado las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y otras propiedades del suelo y del talud, se puede proceder a calcular el factor de seguridad del talud. Este análisis de estabilidad consiste en determinar si existe suficiente resistencia en los suelos del talud para soportar los esfuerzos de cortante que tienden a causar la falla o deslizamiento (Romero Chojolan, 2011).

La mayoría de los métodos de límite de equilibrio tienen en común, la comparación de las fuerzas o momentos resistentes y actuantes sobre una determinada superficie de falla. Las variaciones principales de los diversos métodos son, el tipo de superficie de falla y la forma cómo actúan internamente las fuerzas sobre la superficie. A partir de lo anterior se describirá el comportamiento físico (estático) en el cual está fundamentado los métodos del límite de equilibrio: Consideremos un bloque de peso W que descansa sobre un plano inclinado de Angulo ψ respecto a la horizontal.

TOMA DE DATOS:

La toma de datos en campo se desarrollará entre Mayo a julio de presente año con apoyo de un grupo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad nacional del altiplano, para lo cual previamente se coordinó visitar las instalaciones de la contrata Minera Santiago Ananea, donde se recogerá muestras del suelo, ver la geometría del talud y ver que otros factores influyentes afectarían a la estabilidad del talud de la unidad minera.



- a. Realizaremos una calicata de 1 metro cuadrado y con una profundidad de 1.5 metros a fin de obtener una muestra que no tenga alteración, esto para el horizonte 3, mientras que para el horizonte 1 y 2, se usara una excavadora para la extracción de muestras.
- b. Luego se toma la muestra y se embolsaran para que la humedad no pueda perderse, esto para el primer, segundó y tercer horizonte.
- c. Después se moldeará un cubo de suelo para poder hacer los ensayos de mecánica de suelos para el primer horizonte, esto por ser más accesible mientras para los horizontes 2 y 3 se usará como ayuda la excavadora de la unidad minera y estas muestras recolectadas servirá para ensayos como:
 - Densidad del suelo.
 - Granulometría para la clasificación del suelo SUCS.
 - Límites de consistencia, limite líquido y limite plástico.
 - Corte directo en suelos
- d. El cubo de suelo tendrá las dimensiones aproximadas de 35 cm x 35 cm x 35 cm, esta primera muestra se toma en la base del talud que será el tercer horizonte. Para los horizontes 2 y 3 la muestra será en forma granular por ser de difícil acceso a dichos horizontes.
- e. En el mismo tiempo que se está tallando la muestra se ira calentando la parafina a fin de pasar por toda la muestra.
- f. Una vez obtenida la muestra cubica del suelo, con todo los procedimientos se realizará los ensayos de laboratorio en la escuela profesional de ingeniería de minas.

Con las muestras alteradas obtenidas de las calicatas se efectuaran los siguientes ensayos:

- | | |
|--------------------------------|------------------|
| - Análisis granulométrico | : ASTM D C136-05 |
| - Límite líquido | : ASTM D 4318-00 |
| - Límite plástico | : ASTM D 4318-00 |
| - Clasificación SUCS | : ASTM D 2487 |
| - Clasificación AASHTO | : ASTM D 3282 |
| - Contenido de humedad natural | : ASTM D 2216-05 |
| - Ensayo al corte directo | : ASTM D 3080-98 |



X. Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)

- Beneyto, P. A., Gutierrez, G. Mroginski, J. I., Di Rado, Hector A. & M. Awruch,. (2011). *Analisis de estabilidad de taludes mediante tecnicas de optimizaxcion heurística*. Buenos aires.
- Candela Gonzales, J. (2012). *Sistemas de estabilizacion de taludes y*. Sevilla: Terratest Tecnicas Especiales S.A. .
- Cepeda Medina, L. L. (2009). *Deslizamientos de taludes en obras civiles y mineras*. lisboa: EGP Editorial.
- Da Costa Garcia, Almudeña . (2004). *Inestabilidades por degradación superficial de taludes en suelos corrección mediante sistemas de refuerzo anclado - tesis doctoral*. Santanader: Universidad Camabria.
- De Leon N.& Belisario A. (1988). *Estudio de estabilidad de taludes en presas de tierra por modelos parametricos y probabilisticos y su aplicacion a casoso especificas*. Caracas : Universidad de los Andes.
- Espinoza Duran, C. E. (2013). *Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra*. Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Evert Hoek, Jonathan D. Bray. (1981). *Rock Slope Engineering*. CRC Press.
- Gonzales de Vallejo. (2002). *Ingenieria Geologica*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Gonzales, C. (2012). *Sistemas de estabilizacion de taludes y*. Sevilla: Terratest Tecnicas Especiales S.A.
- Herrera Rodriguez, F. (2000). *Analisis de estabilidad de taludes*. Ponzano.
- matteis. (2003). *Estabilidad de taludes, deslizamientos de tierra y sus causas*.
- Matteis, F. (2003). *Ingenieria Real, Tipos y diseño de taludes*. honduras.
- Ortuño Abad, L. (2004).). *Estabilizacion de taludes en suelos. Curso de Geomecanica para Infraestructuras*. Sevilla.
- Oscar Moller, W. (2011). *Análisis de estabilidad de taludes mediante écnicas de optimización*,. Rosario: Universidad Nacional de Rosario, Argentina. .
- Reynares, Marcela. F. F., Morbidoni, N. & Schreider, M. . (2004). *Analisis de erosion y estabilidad de taludes*. Argentina: Facultad de Ingenieria y Ciencias.
- Reynares, Marcela. F. F., Morbidoni, N. & Schreider, M. (2004). (2004). *Analisis de erosion y estabilidad de taludes*. Argentina: Facultad de Ingenieria y Ciencias Hidricas, Universidad Nacional del Litoral. .
- Rockscience. (2010).
- Romero Chojolan, M. V. (2011). *Propuesta metodolgica para la evaluacion de estabilizacion de taludes y terraplenes en proyectos de carreteras*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- Sobarzo, V., Villalobos, F. & King, S. (2011). *Estudio de la estabilidad de taludes en roca meteorizada de la formacion quiriquina. Obras y Proyectos*. Ciudad de Mexico.



Suarez, (. (2002). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Colombia: Instituto De Investigacion.

Watson Quesada, R. (2005). *Diseño de Taludes. Geomecanica aplicada a la pequeña mineria*

XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)

En el presente estudio de investigación de Diseño de estabilidad de taludes, tiene como alcance analizar y evaluar los factores que influyen en la estabilidad del talud de la contrata minera Santiago en donde se realizaran estudios de las propiedades físicas y mecánicas del material que afloran en zona de estudio y el análisis de la estabilidad del talud de acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio de las muestras que se obtendrán del frente de minado de la Cooperativa minera Santiago, procesando los datos se analizaran con los softwares SLIDE Y PHASE 2, modelando el talud .Así mismo los resultados se emplearan para los estudiantes de la escuela profesional de ingeniería de Minas en los cursos de mecánica de rocas, geotecnia, medio ambiente, métodos de explotación superficial

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

Controlar el deslizamiento de taludes y evitar accidentes de los recursos humanos como de los equipos

ii. Impactos económicos

Reducir el movimiento del material morrénico innecesario, minimizando los costos operativos.

iii. Impactos sociales.

Contribuir a la Contrata Minera Santiago, con proponer alternativa de solución para la inestabilidad de sus taludes, en base al factor de seguridad mas adecuado.

iv. Impactos ambientales.

Controlar los deslizamientos y derrumbes de los taludes en épocas de lluvias y con taludes críticos.



XIII. Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto).

Los recursos y materiales a emplearse son:

Para toma de muestra:

Brújula.

Picos y palanas,

Yute, bolsas de plástico, parafina según normas.

Retroexcavadora.

En laboratorio:

Equipos de Corte directo.

Equipos de Limite líquido y limite plástico.

Zarandas granulométricas.

Equipos de ensayos de propiedades índices.

Softwares de Mecánica de suelos y rocas.

Etc.

XIV. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

La Unidad Operativa Minera Santiago de la Cooperativa Minera Santiago de Ananea Ltda, que pertenece al Proyecto Minero Estela – CECOMSAP, la mina se ubica en el flanco oriental de la cordillera de los andes, al sur del Perú. El área de estudio de la Cooperativa Minera Santiago de Ananea, se encuentra ubicada en el departamento de Puno, provincia de San Antonio de Putina, Distrito de Ananea, de la zona minera de San Antonio de Poto, en el siguiente cuadro se describen en coordenadas UTM la concesión.

Cuadro No. Concesión minera Santiago

DERECHO MINERO	VÉRTICES	COORDENADAS UTM	
		NORTE	ESTE
Concesión Minera Santiago	V-1	8377251	446108
	V-2	8377273	445881
	V-3	8376100	446237
	V-4	8376337	446693

FUENTE: Ingemmet 2017, PSAD 56

XV. Cronograma de actividades

Actividad	Trimestres
-----------	------------

[illegible]

XVI. Presupuesto

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
Material bibliográfico		500.00	1	500.00
Salida al campo		1000.00	2	2000.00
Preparación de muestras.		500.00	2	1000.00
Ensayos en laboratorio		500.00	5	2500.00
Preparación de informe final		300	1	300.00
Total				6300.00