



ANEXO 1

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

1. Título del proyecto

ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE LA ESTABILIDAD DEL TALUD DE LA CANTERA JARAN - JULIACA

2. Área de Investigación

| Área de investigación | Línea de Investigación | Disciplina OCDE |
|-----------------------|------------------------------------|-----------------|
| | Geología Minas y Metalurgia | |

3. Duración del proyecto (meses)

12 Meses

4. Tipo de proyecto

| | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| <u>Individual</u> | <input checked="" type="radio"/> |
| <u>Multidisciplinario</u> | <input type="radio"/> |
| <u>Director de tesis pregrado</u> | <input type="radio"/> |

4. Datos de los integrantes del proyecto

| | |
|----------------------------|--|
| Apellidos y Nombres | AQUINO ALANOCA ESTEBAN |
| Escuela Profesional | INGENIERÍA DE MINAS |
| Celular | 951970346 |
| Correo Electrónico | eaquino@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)

ANÁLISIS PROBABILÍSTICO DE ESTABILIDAD DE TALUD DE LA CANTERA JARAN - JULIACA

- 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 proyecto de investigación titulado Análisis probabilístico de la estabilidad de talud de la cantera JARAN Juliaca corresponde a una caracterización geotécnica y determinación de ángulos de talud de la



cantera JARAN, ubicada en el distrito de Juliaca, Región Puno. Se realizará una revisión de los métodos de clasificación geotécnica y la consiguiente selección del método a utilizar. Con el método de caracterización se realizará, de acuerdo también con la orientación de las estructuras, una zonificación de dominios estructurales en la mina. A partir de la clasificación se determinarán los parámetros importantes para realizar los distintos análisis en los dominios geotécnicos distribuidos dentro de la superficie de la cantera, luego con ayuda de software específico, se realizará simulaciones de estabilidad del talud de acuerdo a cada perfil para el modo de falla determinado.

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

Palabras Clave: Índice SMR, RMR, Estabilidad de Taludes, Minería a Cielo Abierto

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)

El presente estudio permitirá obtener nueva información teórica acerca del análisis probabilístico para determinar la superficie potencial de ruptura y la estabilidad de taludes en macizos rocosos, está orientado a mejorar la metodología para determinar la estabilidad de taludes en macizos rocosos.

La presente investigación proporcionará dos aportes de carácter metodológico. El primer aporte corresponde al método analítico, aproximado y simplificado que se desarrolla en el análisis de la metodología para determinar la estabilidad de taludes en macizos rocosos. El segundo aporte corresponde al método que se aplicará en el desarrollo del presente trabajo el cual puede ser utilizado para otras investigaciones

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)

Melentijevic (2005) Madrid; en su tesis doctoral sobre Estabilidad de taludes en macizos rocosos con criterio de rotura no lineales y leyes de fluencia no asociada expone: En los análisis de estabilidad de taludes en macizos rocosos no se suelen aplicar leyes de fluencia no asociada, en este trabajo se pone de manifiesto la influencia de la hipótesis de no asociatividad, como era de esperar empleando la ley de fluencia no asociada se obtienen los valores de factor de seguridad (FS) menores que con la ley de fluencia asociada.

Cuando mayor es la altura del talud (H) tanto más profundo es el deslizamiento, tanto bajo la hipótesis de deslizamiento plano como circular. Para pequeños valores de altura del talud (H) el deslizamiento resulta más superficial

A nivel nacional no existen antecedentes sobre la investigación.

Liu (2006), en su trabajo de investigación titulado: Un nuevo enfoque sobre la aplicación de la clasificación del macizo rocoso sobre la evaluación de la estabilidad de taludes de roca concluye: Los principales resultados de este trabajo son dos. El primero es que el método propuesto ha proporcionado una base útil para la introducción de la evaluación cuantitativa del macizo rocoso en la ingeniería de taludes de roca, donde numerosos lugares de falla y varios casos de inestabilidad diferentes en la carretera sureña de Cross-Island en Taiwán. El método propuesto puede ser aplicado con éxito para determinar la calidad del macizo rocoso en las estimaciones de laderas rocosas. Los resultados más o menos demuestran que puede ser utilizado para determinar las estimaciones de calidad de masas rocosas en pistas como un método simple de evaluación de seguridad. Un segundo resultado de este trabajo se presenta que el modelo de análisis lineal discriminante (LDA) se puede aplicar a distinguir entre el grupo de taludes rocosos fallados y estables. Y este análisis también evalúa para establecer las funciones discriminantes para evaluar la probabilidad de fallas de las pistas. Sobre la base de nuestra discusión anterior podríamos concluir que este nuevo método propuesto puede ser utilizado para juzgar los problemas de estabilidad de pistas de roca de acuerdo con el procedimiento propuesto y la probabilidad de falla.

Mnzool (2015), en su trabajo de investigación: Análisis de estabilidad de taludes de la vertiente sur de la mina de cobre Chemenshan de China concluye, la ingeniería geológica e hidrogeología en el talud sur de



Chengmenshan es muy complicado y hay fallas F1 cerca de la pendiente. La pendiente se compone principalmente de dos tipos de areniscas de la formación Wutong (s1s) y la formación Shamao (d3w). Debido al proceso de meteorización, el plano de contacto entre dos tipos de roca arenisca de la formación de Shamao y Wutong ha formado capas suaves débiles con muy baja resistencia que es básicamente paralela a la inclinación de la pendiente y las amenazas de estabilidad del talud.

Según el estudio geotécnico, se clasificó la mina en 6 zonas de la ingeniería geológica (I, II, III, IV, V y VI). Los datos de ingeniería de los seis tipos de rocas fueron recolectados de diferentes partes y profundidades al inicio del desarrollo de tajo abierto. Las investigaciones de campo y los informes de los operadores demostraron que algunos problemas de inestabilidad podrían ocurrir en la ladera sur, que está situado en las zonas I y II. En este estudio, la vertiente sur se divide en seis secciones (I-0, I-1, I-2, II-0, II-1 y II-2) para el análisis de estabilidad de taludes bajo varias condiciones que tengan en cuenta los efectos de la sísmica, agua y la capa débil. Los Análisis de estabilidad del talud se llevaron a cabo usando software Geo Studio y diapositivas y Fase 2. Los resultados mostraron que los valores de Factor de Seguridad (FS) de algunas secciones (I-0, I-1 y I-2) son muy bajos debido a la existencia de la capa débil, y la inestabilidad del talud es probable que se produzca. Este estudio también mostró que el refuerzo es muy importante para aumentar el FS de estas tres secciones. Dos métodos fueron utilizados para el refuerzo del talud. El refuerzo de anclaje pretensado se ha instalado en talud de las tres secciones para aumentar los FS en más de 1,15. Nuevamente el análisis se hizo para obtener la cantidad de la fuerza de refuerzo en cada sección, diapositivas y Software Geo-estudio se utilizó para hacer el cálculo.

Pozo, R. Rodolfo. (2014). En el presente estudio, se ha verificado la aplicabilidad de la técnica del Método de Elementos Finitos con representación explícita de las discontinuidades (J-MEF) en el análisis de taludes de macizos rocosos. Fue utilizado con el método de reducción de los parámetros de resistencia al corte del material (SSR) con la finalidad de evaluar el factor de seguridad (SRF) mediante métodos numéricos y la forma de la superficie de rotura del talud para diferentes escalas geométricas del problema. La aplicabilidad del método J-MEF ha permitido analizar la variación de los mecanismos de rotura de los taludes con el cambio de escala. De esta forma, se concluye que, la combinación de la técnica SSR con el análisis J-MEF



representan una potencial herramienta para ayudar a los ingenieros geomecánicos a entender mejor y predecir la estabilidad de taludes en macizos rocosos con estructura en bloques. El método J-MEF ha permitido modelar roturas que incluyen deslizamiento a través de las discontinuidades y rotura por corte a través de la roca intacta. En todos los casos estudiados, se determinó automáticamente los mecanismos críticos de rotura sin ninguna suposición a priori sobre los modos o formas de estos mecanismos. Los resultados de los análisis en esta tesis demuestran que, a pesar de que el método J-MEF se basa en los principios de la mecánica de medios continuos, es una alternativa poderosa y creíble en el modelamiento de la estabilidad de taludes en macizos rocosos con estructura en bloques. Esto no excluye en modo alguno el uso de otros métodos de análisis numérico, como el Método de Elementos Discretos (MED), pues hay muchas situaciones, tales como las que implican grandes deformaciones o la separación completa de los bloques, lo que requeriría la aplicación del Método de Elementos Discretos y/o herramientas de modelado del Método de Deformaciones Discontinuas.

Ya-Ching Liu, Chao-Shi Chen (2006), en su artículo de investigación. Un nuevo enfoque para la aplicación de la clasificación del macizo rocoso en la evaluación de la estabilidad del talud rocoso, establece que el objetivo de este trabajo es presentar un nuevo sistema de clasificación de la masa rocosa que puede ser apropiado para la evaluación de la estabilidad del talud del macizo rocoso. En este documento, se presentó un modelo de evaluación basado en la combinación del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) y el método Fuzzy Delphi (FDM) para evaluar las estimaciones de calidad del talud de la masa rocosa. Esta investigación trata sobre la clasificación del talud de la masa rocosa como un problema de decisión grupal y aplica la teoría de la lógica difusa como criterio para calcular los factores de ponderación. Además, se seleccionaron varias laderas rocosas de la Autopista sur de la isla en Taiwán como ejemplos de estudios de casos. Después de determinar las estimaciones de la calidad de la masa rocosa de la pendiente para cada caso, se usó el modelo de Análisis Discriminante Lineal (LDA) para clasificar que son estables o no, y las funciones discriminantes que pueden determinar la probabilidad de falla de las pendientes de la roca se llevaron a cabo mediante el procedimiento LDA. Después, los resultados pueden compararse con los peligros del talud inestables que ocurren en realidad, y luego se discutió la relación y la diferencia entre ellos. Los resultados muestran que el método propuesto se puede usar



para evaluar la estabilidad de talud del macizo rocoso según el procedimiento de clasificación.

Luc Scholtès, Frédéric V. Donzé (2014). En el artículo de investigación. Análisis por método de elementos discretos en fallas de taludes rocosos establece que se proporciona un análisis numérico de los mecanismos de falla de la trayectoria de paso en taludes de roca en base a simulaciones realizadas utilizando un método de elemento discreto específicamente mejorado para el modelado de masas de roca unidas. La fractura de la roca intacta, así como el rendimiento dentro de las discontinuidades Se pueden simular para determinar la superficie de falla sin ningún supuesto a priori en su ubicación. Tanto para conjuntos de discontinuidades coplanares como no coplanares, el fracaso es el resultado de la propagación de microfallas de tracción que se desarrollan en los puentes de roca desde los bordes de los planos de discontinuidad preexistentes de una manera similar a las extensiones de grietas de ala que pueden eventualmente unirse para formar superficies de falla de paso extendido. Se realizan análisis de sensibilidad para comprender mejor los mecanismos críticos que conducen a inclinar la falla y discriminar entre los roles respectivos jugados por la roca intacta y los planos de debilidad en el inicio de la falla. Para un conjunto de uniones distribuidas al azar que comparten la misma orientación preferencial, se muestra que la falla depende de la fuerza de fricción movilizada en las superficies articulares. Los resultados confirman la necesidad crítica de una caracterización completa y extensa de las propiedades mecánicas y geométricas de las discontinuidades al evaluar la estabilidad de una masa rocosa.

Masoud Zare Naghadehi et al (2013). En su artículo de investigación: Un nuevo índice de inestabilidad del talud de la mina a cielo abierto es definido utilizando enfoque mejorado de sistemas de ingeniería de rocas, establecen un nuevo índice de inestabilidad en el talud de la mina (MSII) para evaluar las condiciones de inestabilidad de los taludes en la minería a cielo abierto. Dieciocho parámetros que se pueden obtener y calificar fácilmente en el campo, y que son importantes para la estabilidad del talud en minería a cielo abierto, se emplean para la definición de MSII. También se proponen sus calificaciones correspondientes, de modo que el MSII se pueda calcular como una suma ponderada simple de calificaciones para todos los parámetros considerados; para minimizar la subjetividad, los pesos se calculan, en el



contexto del paradigma de Rock Engineering Systems, utilizando una Red Neural Artificial de Propagación posterior optimizada que ha sido entrenada con una extensa base de datos de historias de casos de estabilidad de taludes a cielo abierto en todo el mundo. Los resultados muestran que la ANN proporciona una matriz de interacción RES altamente confiable, y también que los parámetros son importantes para la estabilidad del talud a cielo abierto. Se definen los niveles de peligro de inestabilidad del talud.

Hyuck-Jin Park y otros (2015). en su artículo de investigación: Evaluación de la estabilidad del talud rocoso utilizando un análisis cinemático probabilístico basado en SIG, establece que la inestabilidad en el talud de un macizo rocoso depende en gran medida de las orientaciones desfavorables de las discontinuidades en la masa rocosa. Por lo tanto, el análisis cinemático se ha utilizado para analizar la condición estructural de las discontinuidades orientadas desfavorablemente utilizando el método de proyección estereográfica. En este análisis, la orientación de una discontinuidad se compara con la orientación del talud y el ángulo de fricción al trazar la orientación de una discontinuidad en un estereograma. Este análisis cinemático basado en estereotipos supone que existe una orientación de talud uniforme y una orientación agrupada de las discontinuidades. Sin embargo, la orientación del talud representada por el aspecto del talud y el ángulo del talud, no puede ser uniforme si las caras del talud son escarpadas, como en muchas laderas de rocas naturales, o si el talud se creó por voladura deficiente. Además, la orientación de las discontinuidades medidas en el campo a menudo se dispersa, incluso en un mismo conjunto de discontinuidades. Sin embargo, tales variaciones no pueden ser incluidas en el análisis cinemático tradicional y se utilizan valores representativos de la orientación de la pendiente y la orientación media de una discontinuidad, lo que crea incertidumbres. Para superar estos problemas, se propone una metodología basada en SIG que utiliza datos basados en cuadrícula sobre los datos de orientación del talud y un enfoque probabilístico. Para tener en cuenta las variaciones en la orientación de un talud se utilizó el modelo de elevación digital (DEM) de la cara del talud y los datos topográficos de la cara del talud se derivaron de la DEM. Las caras del talud se dividieron en $2 \times 2 \text{ m}^2$ píxeles y la orientación de la cara del talud se evaluó en función de las celdas de la cuadrícula. Además, la orientación de una discontinuidad fue tratada como una variable aleatoria, de este modo, se tuvo en cuenta la variabilidad natural y se adoptó un enfoque de



análisis probabilístico para abordar las incertidumbres y la variabilidad. Por lo tanto, un módulo de análisis probabilístico basado en cuadrícula para el análisis cinemático se desarrolló y se utilizó celda por celda para predecir la inestabilidad en las caras del talud distribuidas espacialmente. Este análisis cinemático probabilístico se realizó en un entorno GIS porque GIS proporciona una excelente plataforma para la gestión y manipulación de datos basados en rastreo espaciales. Aplicamos este enfoque a las laderas de rocas escarpadas distribuidas espacialmente en el área de Baehuryeong, Corea, ubicadas a lo largo de una tortuosa carretera de montaña.

A.J. Li, et al (2011). En el artículo de investigación: Efecto de la alteración de la masa rocosa sobre la estabilidad de los taludes rocosos utilizando el criterio de rotura de Hoek-Brown, establece que el proceso de generar taludes construidas por el hombre o "cortadas" en roca invariablemente conduce a un alivio de la tensión dentro de la masa rocosa que a su vez induce cierto grado de fractura y perturbación. El nivel de perturbación puede ser particularmente significativo cuando el talud se forma utilizando técnicas de voladura. Sin embargo, los efectos de esta perturbación en la estabilidad general del talud del macizo rocoso no se han investigado a fondo en la literatura actual. Para tener en cuenta la perturbación de la masa rocosa durante la construcción, se ha incluido un factor de perturbación en el criterio de falla de Hoek-Brown [1]. Este documento utiliza análisis de límite superior e inferior de elementos finitos para estimar la estabilidad del talud del macizo rocoso según el criterio de falla de Hoek-Brown, mientras que incluye el efecto de la perturbación de la masa de roca. Se ha realizado un conjunto riguroso de análisis donde el nivel de perturbación se considera constante o linealmente variable a lo largo del talud. Luego se comparan los resultados a un número de historias de casos reportados para propósitos de verificación. A partir de los resultados de este estudio, se encontró que el factor de perturbación tuvo una influencia significativa en la evaluación de la estabilidad del talud del macizo rocoso, especialmente para masas de roca de peor calidad. Por lo tanto, se debe ejercer prudente juicio de ingeniería al estimar el nivel de perturbación. Además, la utilización de gráficos de estabilidad para estimar la estabilidad de taludes de roca cortadas sin tener en cuenta la perturbación de la masa rocosa puede llevar a una sobreestimación significativa.



Mohammed M, Wan Ling et al (2014). En artículo de investigación: Análisis de estabilidad de taludes en el talud sur de la mina de cobre Chengmenshan – China, concluye la ingeniería geológica y la hidrogeología en el talud sur de la mina de cobre de Chengmenshan son muy complicadas, porque hay una capa suave-débil entre dos tipos de areniscas. Investigaciones de campo demostraron que algunos problemas de inestabilidad pueden ocurrir en el talud. En esta investigación, la pendiente sur, que se divide en seis secciones (I-0, I-1, I-2, II-0, II-1 y II-2), se selecciona para el análisis de estabilidad de la pendiente. Utilizando el método del equilibrio y el método numérico. Los resultados de estabilidad muestran que los valores de factor de seguridad (FOS) de las secciones I-0, I-1 e I-2 son muy bajos y es probable que ocurra una falla en el talud. Por lo tanto, el refuerzo sometido a sísmica, agua y capa débil según las secciones se llevaron a cabo para aumentar el factor de seguridad de las tres secciones, se utilizaron dos métodos; Lechada con hidratación de cemento y agua para aumentar la cohesión (c) y el anclaje pretensado. Los resultados del refuerzo mostraron que el factor de seguridad aumentó más de 1.15.

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

El análisis probabilístico para determinar la superficie potencial de ruptura y la estabilidad de taludes en macizos rocosos es deficiente.

VII. Objetivo general

Establecer la incidencia de Análisis para determinar la superficie potencial de ruptura y la estabilidad de taludes en macizos rocosos.

VIII. Objetivos específicos

- a) Identificar la superficie potencial de ruptura que gobierna el problema de estabilidad de taludes en macizos rocosos.
- b) Analizar metodologías para determinar la estabilidad de taludes en macizos.
- c) Relacionar los resultados del mecanismo de ruptura con la metodología para determinar la estabilidad de taludes en macizos rocosos.



d) Proponer una metodología para determinar la estabilidad de taludes en macizos rocosos.

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)

Diseño y métodos de investigación

Se realizará un estudio de tipo descriptivo - deductivo.

Método de investigación

Recopilación y procesamiento de la información bibliográfica



Sistematización de la información sobre análisis de estabilidad de taludes en macizos rocosos



Selección de los parámetros geotécnicos y métodos de análisis



Levantamiento geológico y geomecánico y toma de muestras representativas en el campo.



Construcción de modelo geológico, geomecánico y matemáticos correspondientes.



Análisis de la fábrica estructural del macizo rocoso junto con la posición simulada del talud.



Análisis probabilístico de estabilidad del talud en el área de minado y cálculo de los factores de seguridad.



Evaluación de la eficacia y eficiencia del método de cálculo.

Conclusiones y recomendaciones.

Modelo Matemático:

Método Numérico: Elementos Finitos

Método de equilibrio límite



$$F.S. = \frac{\sum \text{Momentos y, Fuerzas Resistentes}}{\sum \text{Momentos y, Fuerzas Deslizantes}}$$

Fuente: Rock Slope Stability (Kliche, 1999)

La presente investigación proporcionará dos aportes de carácter metodológico. El primer aporte corresponde al método analítico, aproximado y simplificado que se desarrolla en el análisis de la metodología para determinar la estabilidad de taludes en macizos rocosos. El segundo aporte corresponde al método que se aplicará en el desarrollo del presente trabajo el cual puede ser utilizado para otras investigaciones similares.

Procedimientos de investigación

Recolección de datos

Se recolectará la información bibliográfica y se realizará la sistematización sobre la metodología para determinar la estabilidad de taludes.

Se desarrollará el levantamiento de información geológica teniendo en cuenta la sectorización litológica presente en el área, luego se realizará el mapeo en áreas que presenta afloramiento rocosos y en el tipo de mapeo se considerará los sistemas, de fracturamiento más persistentes y a los cuales se les tomará sus características estructurales, tales como su orientación, espaciamiento, apertura, rugosidad, persistencia y meteorización (Evert Hoek, 2000)

Luego se analizará las tendencias orientacionales de los sistemas de fracturamiento y como estos influirán en la estabilidad del talud.

Los parámetros usados para la caracterización en macizos rocosos serán: Resistencia de la roca intacta, grado de fracturamiento (RQD), espaciamiento promedio del sistema dominante, las condiciones de las discontinuidades, rugosidad, persistencia, relleno y el grado de alteración (Bieniavski, 1989)

Se analizará la fábrica estructural en el corte simulado para determinar si la orientación de las discontinuidades podría resultar en inestabilidad los ensayos necesarios para evaluar la estabilidad del talud serán: Propiedades físicas, resistencia a la comprensión simple y el corte directo (Hoek y Brown, 1992)

Procesamiento de datos

Para procesar la literatura recolectada sobre el tema de Análisis probabilístico de estabilidad de taludes en macizos rocosos, se aplicará la técnica de análisis de textos o de contenido, y como instrumentos se utilizarán fichas pre-elaboradas y categorías de análisis.

Se procesarán textos consistentes en libros, artículos técnicos, informes, memorias de congresos, fotografías, videos, dibujos y otros. Además se procesarán los análisis de



muestras representativas del macizo rocoso.

Para evaluar la fábrica estructural de macizo rocoso, se realizara por medio de un análisis estereográfico junto con la posición simulada del talud a lo que se denomina análisis cinemático. En el análisis de condiciones estáticas se analizará por equilibrio límite los instrumentos correspondientes consistirán en los algoritmos de cálculo contenido en el programa SLIDE y las calculadoras electrónicas (Rock Science, V. 5.5)

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

| |
|--|
| |
|--|

Almenara Raymundo (1995). Metodología para el Diseño de refuerzos en excavaciones en Roca. CIP – Lima Perú.

BIENIAWSKI, Z.T. (1973). Engineering Classification of Jointed rock masses. The Civil Engineer in South Africa, Vol. 15, N°12, pp.335-344.

BIENIAWSKI, Z.T. (1979). The geomechanics Classification in rock engineering applications. 4th. Inter. Conf. Mech. Montreaux, pp.41-48.

BIENIAWSKI, Z.T. (1989) Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley and sons. Inc.

Bieniawsky Z.T. (1989). Engineering Rock Mass Classification & sons, Inc. U.S.A.

BISHOP, A.W. y MORGENSTERN, N. “stability Coefficients for earth slopes”. Geotechnique, 10, n° 4, Diciembre (1960).

BROMHEAD, E.N. (1986). “The stability of slopes”. Sorrey University Press.

Canmet (1977). (Canada centre of mineral and energy technology). “Pit slope Manual”. Minister of supply and service, Canada.

Córdova Rojas, David. (2001). Mecánica de Rocas aplicado en Minería y Obras Civiles. Lima Perú.

E. HOEK y E.T. BROWN (1992). Rock characterization, London.

Empresa Minera del Centro del Perú S.A. (1975). Mecánica de Rocas. Volumen I. Lima Perú.

GOODMAN, R. (1976). “Methods of Geological Engineering”. West publishing company.

GOODMAN R. (1989). Introduction to rock mechanics. John Wiley & sons, New York.

HOEK, E. y BRAY, J.W. (1977). “Rock slope Engineering”. The Institution of Mining and Metallurgy, London.

Harrison Jhon P. and Hudson John A. Engineering Rock Mechanics (2000). Imperial Collage of Science, Technology and Medicine University of London. London.



HERRAR RODRÍGUEZ Fernando (2000). Análisis de Estabilidad de Taludes. Geotecnia 2000.

Hudson A. (1993). Comprehensive Rock Engineering.

HOEK E. Rock Engineering.

HARRISON J.P. and HUDSON J.A. (2000). Engineering Rock Mechanics, Imperial Collage of Science, London.

HOEK, E., P.K. KAISER F.W.F. BAWDEN (1995). Rock engineering A.A. Balkena Publishers. London.

HOEK, E. and BRAY, J. (1977). Rock slope engineering. The Institute Mining and Metallurgy, London.

Hoek E, Brown ET. Empirical strength criterion for rock masses. J Geotech Eng, ASCE 1980;106(GT9):1013–36.

Hoek E. Strength of jointed rock masses. Geotechnique 1983;33:187–223.

HUDSON, J.A. (1989). Rock mechanics principles in engineering practice. Butterworth's. Ciria. London.

ISRM (1978) Suggested Methods for the quantitative description of discontinuities in rock mass. Int. J. Rock Mech. & Mion. Sci. Vol. 15.

ISRM (1978) Suggested Methods for the quantitative description of discontinuities in rock mass. Int. J. Rock Mech. & Mion. Sci. Vol. 15.

Instituto Tecnológico Geominero de España (1991). Manual de Ingeniería de Taludes. Madrid: Gráficos Monterreinas S.A.

Instituto Tecnológico Geominero de España (1991). Manual de Ingeniería de Taludes, Madrid.

Instituto Tecnológico Geominero de España (1990). Manual de Campo par ala Descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. Madrid.

International Society for Rock Mechanics (1978). Commission on Standardization of laboratory and field tests: “Suggested methods for monitoring rock movements using borehole extensometers”. Inf. J. Rock Mech. Min Sci & Geomech. Abstr., Vol. 15, pp. 305-317.

Karzulovic Antonio (2001). Geomecánica aplicada en Minería. Lima – Perú.

MELENTIJEVIC (2005), Tesis Doctoral Estabilidad de taludes en Macizos Rocosos con Criterio de Rotura no Lineales y Leyes de Fluencia no Asociado. Madrid España.

MEYERHOF, G.G. “Safety factors and limit states analysis in geotechnical engineering”. Canadian Geot Journal, Vol. 22. Nº 1.

MORGENSTERN, N. R. y PRICE, V.E. “The analysis of the stability of general slip surfaces”.



Geotechnique,

Mohammed Mnzool, Wan Ling, Wei Zuoan. Slope stability of Southern slope of Chengmenshan Cooper Mine, China. International Journal of Mining Science and Technology 25 (2015) 171-175.

HUANG, V.H._ “Coeficientes de estabilidad para rellenos a media ladera”. Bol. de Inf. Del lab. De Trans. Y Mec. De Suelo. Nº 126, 1978. Traducción del artículo aparecido en J. Geotech. Div. ASCE GT-S, mayo 1977.

STAGG – ZIENKIEWICS, Mecánica de Rocas en la Ingeniería. Práctica. Editorial Blume; Madrid.

Simbron Aquisé (1987). Aplicaciones de Mecánica de Rocas para el Diseño de Estabilidad de Taludes. Tesis de Doctor. Columbia Pacific University. New York.

Ya-Ching Liu, Chao-Shi Chen. A new approach for application of rock mass classification on rock slope stability assessment. Engineering Geology 89 (2007) 129-143.

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

Los resultados del proyecto serán de mucha utilidad en el diseño de taludes en macizos rocosos especialmente en la minería a cielo abierto, lo cual contribuirá en la estabilidad y seguridad de las operaciones mineras

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

La presente investigación proporcionará dos aportes de carácter metodológico. El primer aporte corresponde al método analítico, aproximado y simplificado que se desarrolla en el análisis de la metodología para determinar la estabilidad de taludes en macizos rocosos. El segundo aporte corresponde al método que se aplicará en el desarrollo del presente trabajo el cual puede ser utilizado para otras investigaciones

ii. Impactos económicos

La estabilidad de taludes en las operaciones mineras a cielo abierto



lograra una reducción en los costos que mejora los márgenes económicos de la organización y por lo tanto incrementara las utilidades lográndose mayor rentabilidad y consiguientemente mayor tributación a la sociedad

iii. Impactos sociales

La estabilidad de taludes en las operaciones a cielo abierto permite una reducción en los tiempos de ciclo con lo cual se logra un incremento de la eficiencia operativa trayendo como consecuencia el incremento de la rentabilidad el cual genera que se incremente los impuestos para la contribución social

iv. Impactos ambientales

La estabilidad de taludes en operaciones a cielo abierto mejora en la confiabilidad y seguridad trayendo como consecuencia el incremento de la eficiencia operativa el cual se asocia con menor impacto al medio ambiente pudiendo generarse lagunas artificiales para el turismo en general.

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

Instrumentos básicos de mecánica de rocas
Equipos de ensayo de mecánica de rocas
Software especializado de Rocscience
Uso de ordenadores de la especialidad de geomecanica

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

El presente estudio se desarrollará en el Proyecto minero cantera JARAN, ubicado en el distrito de Juliaca, provincia de San Román y región Puno.

XV. Cronograma de actividades



| Actividad | Trimestres | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | |
| Recolección y procesamiento de la información | x | x | | | | | | | | | | |
| Sistematización de la información | | | x | | | | | | | | | |
| Evaluación geológico, levantamiento geomecánico | | | | x | x | x | | | | | | |
| Pruebas de campo y ensayos de laboratorio | | | | | | | x | x | x | | | |
| Análisis de estabilidad de taludes e Informe final | | | | | | | | | | x | x | x |

XVI. Presupuesto

| Descripción | Unidad de medida | Costo Unitario (S/.) | Cantidad | Costo total (S/.) |
|------------------------|------------------|----------------------|----------|-------------------|
| Material de escritorio | Gbl | 500 | | 500 |
| Pruebas de laboratorio | Gbl | 8000 | | 8000 |
| Pruebas de campo | Gbl | 2000 | | 2000 |
| Imprevistos | Gbl | 300 | | 300 |