



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA
EXPLOTACIÓN DE CANTERAS C.P. SALCEDO - PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JUAN CARLOS FLORES MEDINA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO TOPÓGRAFO AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2015



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACION DE CANTERAS C.P. SALCEDO- PUNO

AUTOR

JUAN CARLOS FLORES MEDINA

RECuento DE PALABRAS

14529 Words

RECuento DE CARACTERES

79427 Characters

RECuento DE PÁGINAS

65 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

940.3KB

FECHA DE ENTREGA

Jun 22, 2023 1:20 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 22, 2023 1:21 PM GMT-5

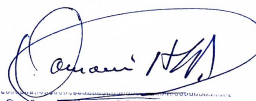
● 7% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


M. Sc. Luis Alberto Mamani Huancu
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
EPITA - FCA

Resumen



DIDACATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a todas las personas que han estado durante el tiempo de mi vida universitaria, brindándome el apoyo moral e incondicional para seguir adelante en el proceso de formación profesional como Ingeniero Topógrafo y Agrimensor.



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer en estas líneas a la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica, la ayuda que me han prestado, al haberme guiado para la elaboración del presente proyecto de investigación su orientación en todo momento que necesité sus consejos, dentro del proceso de elaboración de la investigación.

También a mi familia que siempre ha estado presente con su apoyo incondicional



INDICE GENERAL

DIDACATORIA

AGRADECIMIENTOS

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 10

ABSTRACT 11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 13

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES 14

2.2. MARCO TEÓRICO 26

2.2.1. Métodos geodésicos 26

2.2.2. Métodos geotécnicos 28

2.2.3. Métodos geofísicos 30

2.2.4. Sensores remotos 31

2.2.5. Métodos numéricos en taludes 32

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO 34



3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	35
3.4. METODOLOGÍA.....	36
3.4.1. Diseño de investigación.....	36
3.4.2. Materiales e instrumentos utilizados	36
3.4.3. Variables analizadas	37
3.4.4. Aplicación de pruebas estadísticas	37
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. ESTABILIDAD DE TALUD POR el ANÁLISIS ESTÁTICO	40
4.2. ESTABILIDAD DE TALUD POR EL ANÁLISIS DINÁMICO	44
4.3. APORTE TEÓRICO.....	46
V. CONCLUSIONES	48
VI. RECOMENDACIONES	49
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	62

AREA: Ingenierías

LINEA: Planificación del transporte y territorio

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de julio de 2015



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del talud de estudio	34
Figura 2 Diseño de investigación no experimental-correlacional	36
Figura 3 Vista de la cantera desde el nivel cero de evaluación del talud	42
Figura 4 Vista lateral de ubicación de la cantera de salcedo	43
Figura 5 Ubicación del pie de cantera o pie de inicio del talud	45



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Diferencia entre los métodos de determinación del factor de seguridad en taludes	33
Tabla 2 Medias de los métodos de estabilidad de talud para determinar el F.S	40
Tabla 3 Resultado del laboratorio de las características geomecánicas del suelo	41
Tabla 4 Medias de los métodos de estabilidad de talud para determinar el F.S	44



INDICE DE ACRÓNIMOS

AE	: Emisión Acústica
EM	: Eco Electromagnético
ETR	: Técnica de Resistividad Eléctrica
FOS	: Detección de Fibra óptica
FELA	: Análisis de Limite de Elementos Finitos
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
MCS	: Simulación Monte Carlo
TLS	: Escaneo de Laser Terrestre
TDR	: Reflectometría en dominio del tiempo
SIG	: Sistema de Información Geográfica
SMR	: Método de Reducción de la Resistencia



RESUMEN

La investigación determinó la influencia de los resultados por el análisis dinámico y estático del factor de seguridad en la estabilidad de talud en la cantera de Salcedo-Puno, en el año 2015, con una metodología de investigación correlacional, diseño de investigación no experimental, con un propósito de la investigación aplicada, en la ingeniería geodésica y geomecánica, el proceso de la investigación se desarrolló con la obtención de muestras de suelos inalterados, para luego llevarlos al laboratorio, para determinar la cohesión y el ángulo de fricción de cada muestra de suelo, para luego procesarlo en un ordenador numérico, por los métodos de Fellenius ordinario, Bishop simplificado, Janbu simplificado y Spencer, para fuerzas estáticas y dinámicas, obteniendo resultados de que la influencia es directa con una correlación directa de 0.768 para estabilizar el talud y 0.747 en relación con los datos en situ.

Palabras Clave: Estabilidad, estático, dinámico, taludes, y suelos



ABSTRACT

The investigation determined the influence of the results by the dynamic and static analysis of the safety factor in the slope stability in the Salcedo-Puno quarry, in the year 2015, with a correlational research methodology, non-experimental research design, with a purpose of applied research, in geodetic and geomechanical engineering, the research process was developed with the obtaining of undisturbed soil samples, to then take them to the laboratory, to determine the cohesion and friction angle of each soil sample , to later process it in a numerical computer, by the Fellenius ordinary, Bishop Simplified, Janbu Simplified and Spencer methods, for static and dynamic forces, obtaining results that the influence is direct with a direct correlation of 0.768 to stabilize the slope and 0.747 in relation to the data in situ.

Keywords: Stability, static, dynamic, slopes, and soils



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos de tierra son considerados como uno de los principales peligros naturales que causan enormes pérdidas sociales y económicas. Se han introducido algunas técnicas para monitorear la estabilidad de las laderas, como el sistema de posicionamiento global (GPS), el sistema de información geográfica (SIG), la fotografía aérea y los inclinómetros. Cada uno de estos ofrece ventajas frente a los demás, pero al mismo tiempo también posee diferentes limitaciones (Zaki et al., 2014).

Uno de los desastres naturales más comunes son los deslizamientos de tierra causados por fuertes precipitaciones, inundaciones, terremotos y erosión, y por acciones antrópicas. En muchos países, los deslizamientos de tierra se consideran uno de los desastres naturales más graves. Un deslizamiento de tierra provoca enormes pérdidas socioeconómicas, especialmente en las zonas montañosas o como el altiplano (Lacasse et al., 2009), en caso nuestro el altiplano la ciudad de Puno.

Los deslizamientos de tierra, incluidos los que ocurren en Puno, generalmente ocurren durante la temporada de lluvias o después de lluvias torrenciales prolongadas, es un problema común en áreas con ángulos de pendiente más pronunciados que el ángulo de fricción del suelo, tales pendientes solo son estables dentro de un cierto rango de saturación de agua, cuando el efecto de la succión crea una cohesión aparente entre las partículas del suelo y mejora la resistencia al corte las mismas que pueden ocasionar deslizamientos (Friedel et al., 2006), el otro es por la actividad antrópica en este caso de estudio es por dicha actividad, como es la explotación de cantera, para actividades antrópicas, Muchos análisis geotécnicos comúnmente ignoran las condiciones de contorno (Rahardjo et al., 2013)



Al evitar dichas condiciones se tienen muchos problemas, las condiciones de contorno como el flujo en la superficie del terreno, esto ocurre para evitar la complejidad y determinar los valores reales del flujo en la interfaz suelo-atmósfera, entre otros puntos que conlleva un análisis de taludes, como los datos topográficos en el comportamiento del talud.(Gallage & Uchimura, 2010; Yong, 1994). Por lo que es importante determinar por los métodos dinámicos, que con los métodos tradicionales, en donde se incluyen diversas características, por tal motivo se debe evaluar las diversas formas de análisis para determinar la estabilidad del talud en este caso de un talud con explotación de una cantera.

¿El Análisis dinámico en relación con el estático influenciara en los parámetros de factor de seguridad de estabilidad de talud de la cantera de Salcedo-Puno?, y para responder dichas preguntas en la investigación se resolvió las siguientes preguntas específicas:

- ¿Cuáles son los parámetros obtenidos por un análisis dinámico para determinar la estabilidad de un talud?
- ¿Cuáles son los parámetros obtenidos por un análisis estático para determinar la estabilidad de un talud?

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de los resultados por el análisis dinámico y estático del factor de seguridad en la estabilidad de talud en la cantera de Salcedo-Puno

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros de estabilidad de talud por el de análisis dinámico
- Determinar los parámetros de estabilidad de talud por el análisis estático



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Spencer (1967), en su investigación plantea el estudio de taludes, con un método de análisis de la estabilidad de terraplenes asumiendo fuerzas paralelas entre cortes, indicando que el método simplificado de Bishop. En sus resultados obtuvo gráficos para tres valores diferentes del coeficiente de presión intersticial que identifican la posición del círculo de deslizamiento crítico, utilizando métodos estáticos.

Satyanarayana (1967), en su estudio propone un efecto, que en cada corte la resultante, obteniendo unas fuerzas entre cortes es paralela a la base del corte, paralelas en cada punto de la división, en esta suposición establece la base del método convencional simple y conduce al mismo resultado, dando así a los primeros inicios de búsqueda del comportamiento de los taludes en función a sus características propias, proponiendo que cada espacio tiene distinto comportamiento en cada coordenada o punto de análisis.

Mientras Spencer (1968), en su investigación analiza los métodos mas cercanos a la determinación del factor de seguridad (FS), utilizando el método Bishop mediante el volteo obteniendo distintos valores en relaciones a la línea de influencia, obteniendo gráficos, identificando la línea de influencia del volteo.

Sarma, (1979), sostiene en su investigación que existe dos líneas de investigación en el análisis de estabilidad de terraplenes y taludes existen en la actualidad dos líneas básicas de planteamiento. El primero es el enfoque de equilibrio límite y el segundo es el análisis de tensión-deformación.



Boutrup & Lovell (1980), presentan técnicas de búsqueda para la ubicación de superficies críticas de falla potencial en el análisis bidimensional de estabilidad de taludes, en su investigación contextualiza un programa de computadora, denominada STABL, desarrollado en la Universidad de Purdue, presenta técnicas aleatorias únicas para la generación de superficies de falla de prueba tanto circulares como irregulares en la búsqueda de las más críticas.

Desarrollo el cálculo de estabilidad con STABL, la misma que tiene una base teórica en el método de rebanadas, denominado también como método simplificado de Bishop se adopta para superficies de falla circulares y el método simplificado de Janbu para formas generales de superficies de falla. El procedimiento de Janbu suele proporcionar resultados algo conservadores, y otros procedimientos pueden adaptarse al programa(Boutrup & Lovell, 1980, p 59)

Leshchinsky & Baker (1986), sostiene que los procedimientos comunes para el análisis de estabilidad de taludes son esencialmente bidimensionales en otras palabras que es una deformación plana, a pesar del hecho de que los mecanismos de falla observados en el campo poseen claras características tridimensionales.

Una revisión de los pocos procedimientos de análisis existentes que son aplicables a los mecanismos de falla tridimensionales reveló algunas deficiencias graves, como la imposibilidad de degenerar a soluciones conocidas cuando se consideran casos límite o la dependencia de constantes que son extremadamente difíciles de estimar, por tal motivo, el autor presenta un mecanismo de falla tridimensional que se obtiene a través de un enfoque de equilibrio límite variacional sin suposiciones arbitrarias(Leshchinsky & Baker, 1986, p. 99).



Este mecanismo consiste en la forma de la superficie de deslizamiento y la dirección potenciales de deslizamiento en cada punto de esta superficie(Leshchinsky & Baker, 1986,p 95). Los resultados del análisis se presentan en forma de gráficos de estabilidad que relacionan los parámetros geométricos de la pendiente, las propiedades del suelo y el factor de seguridad tridimensional(Leshchinsky & Baker, 1986, p 98). Cualitativamente, los resultados muestran que los efectos finales tridimensionales son más pronunciados en taludes hechos de suelo altamente cohesivo. Para suelos sin cohesión, no existen efectos finales ya que la superficie de deslizamiento crítica coincide con la superficie del talud(Leshchinsky & Baker, 1986,p 109).

Chen (1992), en su investigación presenta un enfoque combinado que utiliza la búsqueda aleatoria para encontrar una estimación del mínimo global que emplean los métodos de optimización como punto de partida, en su estudio dio pautas para seleccionar un número apropiado de ensayos aleatorios.

Donde sugieren dos métodos simplificados para calcular los factores de seguridad a fin de minimizar el tiempo de cálculo de las búsquedas aleatorias. El enfoque ha demostrado ser más eficiente que uno puramente estocástico o determinista. El factor mínimo de seguridad de un talud se puede encontrar utilizando varios métodos de optimización o mediante búsqueda aleatoria.(Chen, 1992, p 1).

Matsui & San (1992) los autores, determinaron una técnica de reducción de la resistencia al corte para el análisis de estabilidad de taludes por elementos finitos. Planteando un punto importante en el método propuesto, la falla del talud se define de acuerdo con el criterio de falla por deformación por cortante, encontrando así la verificación de la técnica de reducción de la resistencia al corte para el análisis de estabilidad de taludes por elementos finitos.



Se presenta una justificación detallada de la técnica de reducción de la resistencia al corte, se aclara el significado físico de la relación crítica entre la reducción de la resistencia al corte y la deformación cortante total y el aumento de la deformación cortante para terraplenes y taludes excavados y su aplicación práctica en ensayos de campo. Donde es difícil identificar líneas de falla en taludes reforzados (Matsui & San, 1992, p 61).

Como resultado, la relación de reducción de la resistencia al corte crítico concuerda con el factor de seguridad por el método de Bishop si se usa la deformación por corte total para los análisis de taludes de terraplén. En el caso de los taludes de excavación natural, en los que es difícil evaluar la deformación por cortante total, el factor de seguridad se puede relacionar con el promedio de los factores de seguridad locales a lo largo de la superficie de deslizamiento de falla obtenida por la técnica de reducción de la resistencia al cortante (Matsui & San, 1992, p 63).

El comportamiento pronosticado del talud reforzado concuerda con los datos de las pruebas de campo y la observación del sitio. La concordancia entre la técnica de reducción de la resistencia al corte y el método de Fellenius modificado es satisfactoria. En consecuencia, se demuestra la aplicabilidad del método propuesto a trabajos prácticos de diseño (Matsui & San, 1992, p 67).

Ugai & Leshchinsky (1995), en la investigación los autores presentan una comparación numérica de predicciones mediante un riguroso análisis de equilibrio límite tridimensional y un método de elementos finitos. Se modificó el método de los elementos finitos para que pueda predecir un factor de seguridad que tenga la misma definición que en el equilibrio límite.



Por lo tanto, se formó una base significativa para la comparación. Las comparaciones se limitaron a cortes verticales e incluyeron un componente de fuerza sísmica pseudoestático. Los factores de seguridad y sus superficies de deslizamiento asociadas, predichas por los análisis de elementos finitos y de equilibrio límite, exhibieron una muy buena concordancia (Ugai & Leshchinsky, 1995,p 2).

El método analizado por el autor es sorprendente, teniendo en cuenta que los dos análisis son fundamentalmente diferentes. Este buen acuerdo agrega credibilidad a los resultados de cualquiera de los análisis. Esto es particularmente importante en tercera dimensión, ya que la información empírica detallada para la validación del análisis es extremadamente limitada (Ugai & Leshchinsky, 1995, p 5).

Ausilio et al. (2000) En este trabajo se analiza la estabilidad sísmica de taludes reforzados con geosintéticos en el marco del enfoque pseudoestático. Los cálculos se realizan aplicando el teorema cinemático del análisis de límites. Se consideran diferentes modos de falla, y para cada uno de ellos se derivan expresiones analíticas que permiten calcular fácilmente la fuerza de refuerzo necesaria para evitar la falla y la aceleración de fluencia de los taludes sujetos a cargas sísmicas.

Loukidis et al. (2003), los autores en su investigación realizaron un análisis de límite numérico en donde se utilizó para evaluar la estabilidad de taludes sujetos a cargas sísmicas, suponiendo que el suelo sigue el criterio de falla de Mohr-Coulomb. Incluyendo los teoremas de los límites inferior y superior en donde se formulan como problemas lineales que se resolverán utilizando técnicas de programación lineal. Basándose en la discretización de elementos finitos de la pendiente, el campo de velocidad se optimiza para encontrar el límite superior más bajo, y el campo de tensión se optimiza para obtener el límite inferior más alto.



También analizo los cálculos de equilibrio límite y soluciones de límite superior de espiral logarítmica con fines de comparación. Además, se realizaron análisis de elementos finitos para casos seleccionados. Los resultados de los métodos de equilibrio límite y de elementos finitos están en excelente acuerdo con los límites superior e inferior rigurosos para todos los casos estudiados(Loukidis et al., 2003, p 475).

Finalmente sostuvieron que las superficies de deslizamiento obtenidas con los métodos de equilibrio límite y de límite superior de espiral logarítmica se encuentran dentro de las zonas plásticas obtenidas para las pendientes de los análisis de límite numérico y de elementos finitos, presentando gráficos de la relación de aceleración pseudoestático horizontal requerida para provocar el colapso de taludes homogéneos simples en función de los parámetros de inclinación del talud y resistencia al corte(Loukidis et al., 2003, p 477).

Cheng (2003), sostiene en su estudio, que la búsqueda de la superficie de falla crítica de un talud general del suelo es difícil ya que la función objetivo del factor de seguridad no es convexa y existen múltiples mínimos en general, planteando un método de recocido simulado, en donde transforma las restricciones del problema en la determinación de los límites superior e inferior dinámicos de las variables de control, en donde la superficie de falla crítica se puede ubicar con alta precisión con un tiempo de computadora razonable según la presente propuesta, en otras palabra búsqueda de un ordenador que simule los casos de forma infinita.

Concluyendo en su investigación el autor ha demostrado que el método propuesto es eficaz y eficiente en el análisis. Además, el autor también ha propuesto un método de factorización doble en la evaluación del factor de seguridad y ha demostrado que este nuevo enfoque es mucho mejor en convergencia(Cheng, 2003, p 265).



Baker (2003) en su investigación realizó una relación de las variables en los taludes estudiados, en donde obtuvo resultados derivados de la sección, en donde muestro que cuando el modelo de resistencia se asocia con una resistencia a la tracción finita, los factores de seguridad no pueden acercarse a cero, por lo que planteo que el problema de minimización, concluyendo que el criterio de minimización está acotado desde abajo y el límite inferior no se puede realizar, tiene un mínimo regular, que se realiza en un punto estacionario.

Baker, (2006), en su investigación utilizó un análisis variacional para establecer una relación analítica simple entre los factores de seguridad con respecto a la resistencia y la altura. Estos dos factores de seguridad proporcionan medidas alternativas para la estabilidad de un talud dado; pero el factor de seguridad con respecto a la altura parece tener una interpretación física más clara.

Obteniendo un resultado en los factores de seguridad con respecto a la resistencia al corte son abstracciones útiles, pero el significado físico de los resultados basados en esta noción es claro solo en caso de falla cuando el factor de seguridad es igual a uno. Concluyendo en su investigación una relación analítica simple entre los factores de seguridad con respecto a la fuerza y la altura (Baker, 2006,p 275).

Estos dos factores de seguridad proporcionan medidas alternativas para la estabilidad de un talud dado; pero factor horizontal tiene una interpretación física más clara que el factor seguridad. La relación entre FS y la altura es válida para el caso de materiales Hoek-Brown de resistencia cero a la tracción. Esta relación se basa en un riguroso análisis variacional que no emplea suposiciones cinemáticas o estáticas(Baker, 2006,p 277).



Cheng et al. (2007), compara en su estudio realizado, distintos tipos de taludes, en donde determina los factores de seguridad y las ubicaciones de las superficies críticas de falla obtenidas, utilizando el método de equilibrio límite y el método de reducción de resistencia. Obteniendo resultados, en donde indica que para los taludes de suelos homogéneos simples, los resultados de estos dos métodos generalmente concuerdan bien excepto cuando fricción es cero.

El otro punto analizado es el método de reducción de resistencia (SRM), en este punto analizo que generalmente no es sensible al ángulo de dilatación, los módulos del suelo o el tamaño del dominio de la solución y la elección de estos parámetros no es crítica en el análisis. Si bien el SRM puede funcionar bien en muchos de los casos, en este estudio se encuentran dos limitaciones principales de este método es sensible al algoritmo de solución no lineal para el caso de una banda blanda con material de fricción y es incapaz de determinar otras superficies de falla que pueden ser solo un poco menos críticas que la solución SRM pero aún requieren tratamiento para una buena práctica en la ingeniería(Cheng et al., 2007, p 142).

También presento varios resultados para ilustrar la influencia de las fuerzas sísmicas en la estabilidad de taludes. Además, propone un procedimiento adecuado basado en la evaluación del desplazamiento permanente inducido por terremotos para el diseño de taludes reforzados en áreas sísmicamente activas(Cheng et al., 2007, p 149).

Martin, (2011), en su investigación sostiene y desarrolla el método numérico conocido como análisis de límite de elementos finitos (FELA), en donde emplea herramientas para obtener los límites inferior y superior de la carga de colapso exacta de una estructura de continuidad perfectamente plástico.



En su aplicación sostiene que la mayoría de las aplicaciones de FELA en ingeniería geotécnica se han centrado en problemas de deformación plana que involucran los criterios clásicos de rendimiento de Tresca y Mohr-Coulomb, y se ha invertido un esfuerzo del ordenador considerable en el cálculo de soluciones de límite inferior y superior para problemas particulares(Martin, 2011, p 21).

También analiza y demuestra un uso alternativo de FELA: como una herramienta para determinar los campos de líneas de deslizamiento para problemas de deformación plana, en la cual establece una estrategia simple pero efectiva para el refinamiento de la malla adaptativa es una característica clave del proceso; permitiendo con el trazado de regiones plásticas, las regiones rígidas y las discontinuidades de velocidad que se determinarán mediante la inspección de la malla FELA(Martin, 2011,p 24).

Finalmente concluye en su investigación que el campo de línea deslizante correspondiente se puede construir numéricamente de la manera habitual. Tomando en consideración que los taludes evaluados están restringidos a suelos puramente cohesivos, pero el mismo enfoque es aplicable en principio a materiales friccionales o cohesivos-friccionales(Martin, 2011,p. 28)

Sloan (2013), en su investigación describe los avances recientes en el análisis de estabilidad que combinan los teoremas de límite de la plasticidad clásica con elementos finitos para dar límites superiores e inferiores rigurosos a la carga de falla. Sostiene que los métodos estudiados, conocidos como análisis de límite de elementos finitos, no requieren que se hagan suposiciones sobre el modo de falla y usan solo parámetros de resistencia simples que son familiares para los ingenieros geotécnicos, en lo cual sostiene que dichos parámetros son muy variados dentro de la aplicación en la ingeniería geotécnica.



De igual forma manifiesta que las propiedades delimitadoras de las soluciones son invaluable en la práctica y permiten obtener cargas límite precisas mediante el uso de una estimación exacta del error y procedimientos automáticos de mallado adaptativo. (Sloan, 2013,p 534). Dichos métodos utilizados son muy generales y se pueden tratar con perfiles de suelo heterogéneos, características de resistencia anisotrópica, suelos fisurados, discontinuidades, condiciones de contorno complicadas y cargas complejas tanto en dos como en tres dimensiones(Sloan, 2013, p 539).

Concluyendo con un nuevo desarrollo, que incorpora las presiones intersticiales del agua en el análisis límite de elementos finitos, también se describe. Siguiendo un breve resumen de las nuevas técnicas, que dan soluciones de estabilidad para varios problemas prácticos, incluyendo cimentaciones, anclajes, taludes, excavaciones y túneles(Sloan, 2013, p 567).

Liang et al. (2014), en su investigación los autores desarrollan un enfoque de análisis probabilístico de estabilidad de taludes que formula el evento de falla de talud como una serie de eventos mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos usando probabilidad condicional y utiliza la simulación Monte Carlo (MCS) para determinar la probabilidad de ocurrencia para cada uno de los eventos mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos. eventos de manera progresiva.

Además en su investigación sostiene que las estas probabilidades se agregan para representar la probabilidad general de falla del talud, de donde se derivan ecuaciones para el enfoque propuesto y los procedimientos de implementación se ilustran usando una pendiente cohesiva, en donde muestra que los valores obtenidos del enfoque propuesto concuerdan bien con los valores que se han obtenido(Liang et al., 2014)



La búsqueda de dichos valores en un gran número de posibles superficies de deslizamiento determina el factor mínimo de seguridad en cada muestra empleando la herramienta del MCS. Pero sin embargo, mostro que el tiempo computacional se reduce, al menos, en un orden de magnitud(Liang et al., 2014,p 61).

Además, realizaron un estudio de sensibilidad para explorar el efecto de un parámetro clave en el enfoque propuesto, es decir, el umbral del coeficiente de correlación, que determina la precisión de factor como en el costo computacional, cuando la variabilidad espacial es significativa, y el tiempo calculado disminuye(Liang et al., 2014,p 64). En resumen los autores desarrollaron un enfoque de agregación de riesgos que trata racionalmente con la posibilidad de falla de taludes a lo largo de más de una superficie de deslizamiento distinta múltiples de modo falla con esfuerzos computacionales significativamente reducidos en el cálculo(Liang et al., 2014, p 65).

Krabbenhoft & Lyamin (2015), en su investigación presenta un procedimiento para el análisis de reducción de resistencia utilizando el análisis límite de elementos finitos, sosteniendo un esquema que no requiere la toma de decisiones con respecto a las cargas necesarias para llevar a un sistema a falla. Además sostiene que el esquema se basa en la capacidad de los métodos modernos de puntos interiores para detectar la inviabilidad de una manera controlada y confiable. En resumen define un nuevo esquema que ilustra una zapata continua en la parte superior de una pendiente.

Gao-peng et al., (2015), en el estudio los autores presentan gráficos de estabilidad de taludes isotrópicos homogéneos desarrollados por la teoría del análisis del límite superior y la técnica de reducción de resistencia, donde obtuvieron un factor de seguridad, en función de la pendiente isotrópica homogénea, la misma que se optimiza mediante programación cuadrática secuencial no lineal.



Además, sostiene que los gráficos de estabilidad de taludes isotrópicos homogéneos en condiciones simples se desarrollan mediante el análisis de datos sustanciales y los de taludes en diferentes condiciones, También desarrollaron gráficos, para la presión intersticial y fuerzas sísmicas horizontales. En resumen los autores desarrollaron gráficos de falla de taludes para distintas condiciones, ilustrados para uso para determinar la estabilidad del talud(Gao-peng et al., 2015,p 240)

Tschuchnigg et al. (2015), sostienen en su investigación, que el factor de seguridad todavía se determina mediante un análisis de equilibrio límite simple en muchos de los casos. Por lo que replican, que esto es debido a que el análisis de elementos finitos de desplazamiento se aplica rutinariamente para evaluar desplazamientos y tensiones para condiciones de carga de trabajo.

Sostienen que dicha técnica se utiliza cada vez más para calcular los estados límite últimos y, en consecuencia, los factores de seguridad, pero sin embargo, debido a las suposiciones inherentes de los análisis de equilibrio límite, no siempre proporcionan factores únicos de seguridad, recalando que dichas aproximaciones no se ajustan a la realidad del comportamiento de la estructura de los taludes(Tschuchnigg et al., 2015,p 3).

En resumen, en su estudio desarrolla una comparación en el método de reducción de resistencia con análisis límite rigurosos que se basan en los teoremas de plasticidad del colapso y, la deficiencia del método de reducción de resistencia, para determinar, las posibles inestabilidades numéricas para plasticidad no asociada, la misma que puede ser superada, concluyen, sobre el cálculo del factor de seguridad para un análisis de esfuerzos efectivos y totales en condiciones no drenadas, tomando en cuenta las fuerzas externas como es el sismo denominada esfuerzos dinámicos(Tschuchnigg et al., 2015, p 7)



2.2. MARCO TEÓRICO

En la actualidad, se implementaron varios métodos para el monitoreo de taludes y estas se clasifican en cuatro categorías:

2.2.1. Métodos geodésicos

En estos métodos se encuentran el escaneo laser terrestre (TLS) y el sistema de posicionamiento global (GPS), El método SIG es el más utilizado. Es útil para el mapeo del subsuelo de las pendientes del suelo en muchos países, incluidos los Estados Unidos, Japón, Hong Kong y Malasia(Ayalew et al., 2005; Dai & Lee, 2002; Fan & Chang, 2015; Friedel et al., 2006; Lacasse et al., 2009.; Lineback Gritzner et al., 2001; Rahardjo et al., 2013; Sengupta & Giri, 2011; Zaki et al., 2014)

También se encontró que GIS es efectivo para identificar áreas que son susceptibles a la falla de taludes(Pradhan, 2010; Pradhan et al., 2012; Sezer et al., 2011; Syed Omar et al., 2004),la información importante sobre paisaje, geología., la hidrología, la vegetación y el uso de la tierra se obtienen fácilmente a partir de la observación de campo y la interpretación de imágenes satelitales(Ayalew et al., 2005; Dai & Lee, 2002; Gallage & Uchimura, 2010; Lineback Gritzner et al., 2001; Oh & Lee, 2011; Pradhan, 2010; Pradhan et al., 2012; Sengupta & Giri, 2011; Sezer et al., 2011; Yong, 1994).

El método del GPS es un método común utilizado en el monitoreo de pendientes en especiales para taludes en pleno deslizamiento(Abidin et al., 2007), también se sugiere que los resultados de los desplazamientos de los puntos GPS(Abidin et al., 2007; Calcaterra et al., 2012; Gili et al., 2000), se debe de inferir el tipo de deslizamiento de tierra, los desplazamientos estimados por GPS deben probarse y analizarse con diferentes métodos(Kondo et al.,2002.; Othman et al., 2011; Újvári et al., 2009).



El GPS mide los desplazamientos para evaluar la estabilidad de taludes(Kondo et al.,2002.; Othman et al., 2011; Újvári et al., 2009). Durante el levantamiento, los monumentos se colocan en el suelo cubriendo un área de pendiente como puntos de referencia(Mora et al., 2003; Othman et al., 2011; Újvári et al., 2009). Las coordenadas de los monumentos se determinan periódicamente a ciertos intervalos(Kondo et al.,2002.; Mora et al., 2003; Othman et al., 2011).Las características y tipos de desplazamiento se evalúan estudiando el comportamiento y la tasa de cambio de punto(Abidin et al., 2007; Calcaterra et al., 2012; Gili et al., 2000; Kondo et al., 2002; Mora et al., 2003).

Los resultados de los levantamientos GPS brindan información sobre las magnitudes de los movimientos de taludes en el área de estudio(Mora et al., 2003; Othman et al., 2011, 2011; Újvári et al., 2009).El método generalmente produce resultados geodésicos de alta precisión(Calcaterra et al., 2012; Gili et al., 2000; Kondo et al., 2002; Mora et al., 2003; Othman et al., 2011). Sin embargo, la antena de este sistema debe tener un acceso claro a por lo menos cuatro satélites comunes(Gili et al., 2000; Kondo et al., 2002; Mora et al., 2003; Othman et al., 2011; Újvári et al., 2009). El satélite no se puede emplear de manera efectiva en áreas selváticas porque su señal puede ser bloqueada por árboles (Calcaterra et al., 2012; Gili et al., 2000; Kondo et al., 2002; Mora et al., 2003; Othman et al., 2011, 2011; Újvári et al., 2009)

El otro método de monitoreo de pendientes es escaneo de laser terrestre (TLS), es una herramienta también utilizada como el GPS y pertenece a los métodos geodésicos (Zhu et al., 2011). El objetivo de TLS es registrar datos de superficie en una amplia gama de condiciones ambientales(Abidin et al., 2007; Ayalew et al., 2005; Gallage & Uchimura, 2010; Jongmans & Garambois, 2007; Lacasse et al., 2009; Oh & Lee, 2011; Zhu et al., 2011)



TLS se ha convertido en una herramienta para evaluar la amenaza de deslizamientos a través del monitoreo del cambio de superficie de taludes (Abellán et al., 2010; Akib et al., 2012; Luzi et al., 2009; Syahmi et al., 2011). Dado que el sistema de escaneo de TLS puede generar todas las nubes de puntos del área, cualquier cambio en la superficie se puede diferenciar por las coordenadas de las nubes de puntos (Lineback Gritzner et al., 2001; Oh & Lee, 2011; Othman et al., 2011; Újvári et al., 2009).

El principal inconveniente de este sistema es que no existe un estándar para describir la precisión y la exactitud (Abellán et al., 2010; Abidin et al., 2007; Akib et al., 2012; Calcaterra et al., 2012; Gili et al., 2000; Kondo et al., 2002; Luzi et al., 2009; Mora et al., 2003). Además, en general, la influencia de los ángulos de incidencia, la reflectividad de la superficie y las condiciones de luz ambiental siguen siendo difíciles de comprender (Othman et al., 2011, 2011; Syahmi et al., 2011; Újvári et al., 2009).

2.2.2. Métodos geotécnicos

Dentro de los métodos geotécnicos se tiene; la reflectometría en el dominio del tiempo (TDR) y detección de fibra óptica (FOS), métodos recomendados en su uso por varios especialistas pero sin embargo la confiabilidad de ellos, varios lo ponen en duda. Entre los métodos GIS, SAR, TLS y GPS, el método GIS es el más utilizado. El método facilita la clasificación del área de la pendiente, pero los métodos TRD y FOS dan confianza en los datos obtenidos (Amitrano, 2005; Dixon et al., 2003; Jurich & Miller, 1987; Spillmann et al., 2007; Syed Omar et al., 2004).

Para mejorar su confiabilidad, por lo tanto, se requiere que los métodos geotécnicos, el método TDR, inclinómetro y detección de fibra óptica y métodos geofísicos (Amitrano, 2005; Dixon et al., 2003; Dixon & Spriggs, 2007),



Empleando junto a los métodos sísmicos, adoptarse para completar la evaluación de la estabilidad de taludes(Amitrano, 2005; Dixon et al., 2003; Dixon & Spriggs, 2007; Jurich & Miller, 1987; Spillmann et al., 2007). Estos métodos permiten obtener descripciones geológicas y físicas más detalladas de los materiales del suelo, así como definir el límite vertical de la pendiente(Jurich & Miller, 1987). También se encuentra que TDR, inclinómetros, FOS y otros métodos geotécnicos similares son capaces de realizar un seguimiento de taludes en tiempo real (Dixon et al., 2003; Dixon & Spriggs, 2007).

Pero sin embargo, estos métodos se limitan a la medición de los movimientos de taludes después de ocurrido un desastre(Amitrano, 2005; Dixon et al., 2003; Dixon & Spriggs, 2007; Jurich & Miller, 1987).Por lo tanto, los métodos sísmicos ,se consideran buenos métodos complementarios al método TDR. La técnica AE a menudo es capaz de detectar la deformación previa al desastre(Dixon & Spriggs, 2007; Jurich & Miller, 1987; Spillmann et al., 2007; Tonnellier et al., 2013).De modo que se pueda dar una alerta temprana para permitir la evacuación, lo que también puede facilitar la captura de la derivación de la pendiente para una investigación detallada y un remedio efectivo(Amitrano, 2005; Dixon et al., 2003).

El estudio sísmico se puede utilizar para rastrear los movimientos de la pendiente(Friedel et al., 2006; Gallage & Uchimura, 2010; Jongmans & Garambois, 2007).Consiste en identificar fuentes sísmicas en general inducidas por movimientos de taludes utilizando sensores sísmicos(Amitrano, 2005; Dixon et al., 2003).

Las señales sísmicas pueden ser inducidas por varios mecanismos, como la flexión, el corte, la caída de rocas, el flujo de escombros o el deslizamiento en la interfaz del lecho rocoso(Dixon & Spriggs, 2007; Jurich & Miller, 1987; Mora et al., 2003; Othman et al., 2011, 2011; Spillmann et al., 2007; Syahmi et al., 2011; Tonnellier et al., 2013).



Un sistema de levantamiento sísmico típico generalmente involucra uno o más transductores (sensores), un sistema de amplificación, un sistema de filtrado y un registrador.(Dixon et al., 2003; Dixon & Spriggs, 2007; Jurich & Miller, 1987; Spillmann et al., 2007). Un sistema de levantamiento sísmico detecta una actividad sísmica asociada con la iniciación, formación, crecimiento y coalescencia de movimientos de taludes(Tonnellier et al., 2013)

2.2.3. Métodos geofísicos

Dentro de los métodos geofísicos se encuentra la, técnica de resistividad eléctrica (ERT)y emisión acústica (AE), y sensores remotos

El método emisión acústica (AE) también se puede utilizar en levantamientos sísmicos, que tiene el potencial de proporcionar información crucial para mejorar la comprensión de las inestabilidades de taludes(Ayalew et al., 2005; Dai & Lee, 2002; Dixon & Spriggs, 2007; Fan & Chang, 2015; Kondo et al., 2002; Luzi et al., 2009; Mora et al., 2003; Othman et al., 2011, 2011; Syahmi et al., 2011; Újvári et al., 2009)

Las evaluaciones actuales de la estabilidad de taludes se basan en sensores puntuales, cuyos resultados a menudo son difíciles de interpretar, tienen costos relativamente altos y no brindan una cobertura de área grande(Amitrano, 2005; Dixon et al., 2003; Dixon & Spriggs, 2007). Se está desarrollando un nuevo sistema, basado en sensores geofísicos geotécnicos integrados para monitorear las condiciones del agua subterránea mediante tomografía de resistividad eléctrica(Friedel et al., 2006; Gallage & Uchimura, 2010; Jongmans & Garambois, 2007). El ERT es un método es una técnica de imagen del suelo que se aplica cada vez más a la caracterización y el seguimiento del subsuelo(Amitrano, 2005; Binley et al., 2015; Guerra et al., 2017; Loke et al., 2013; Spillmann et al., 2007; Tonnellier et al., 2013)



La resistividad es particularmente sensible a los cambios en la resistividad y la saturación del fluido de los poros, ya que el principal modo de flujo de corriente en el subsuelo es a través de la conducción electrolítica en el fluido de los poros; en consecuencia (Chambers et al., 2011; Guerra et al., 2017; Hen-Jones et al., 2017; Jaboyedoff et al., 2009), ERT es ampliamente utilizado en investigaciones hidrogeofísicas (Binley et al., 2015; Guerra et al., 2017; Loke et al., 2013). El ERT también se puede utilizar para distinguir entre litologías de resistividad contrastante, donde la resistividad puede variar debido a diferentes porosidades o debido a la presencia de minerales arcillosos (Chambers et al., 2011; Jaboyedoff et al., 2009)

2.2.4. Sensores remotos

El otro método práctico es el radar de apertura sintética (SAR), que es un instrumento activo basado en microondas capaz de registrar el eco electromagnético (EM) retrodispersado desde la superficie de la Tierra (Colesanti & Wasowski, 2006; Jaboyedoff et al., 2009; Pieraccini et al., 2006), cuyas dimensiones se consideran como la distancia sensor-objetivo y la dirección de vuelo de la plataforma mediante la azimut (Chambers et al., 2011; Guerra et al., 2017; Hen-Jones et al., 2017).

Una versión avanzada del sistema SAR puede operar tanto para el monitoreo de pendientes a corto como a largo plazo (Colesanti & Wasowski, 2006; Pieraccini et al., 2006). El monitoreo se puede realizar de forma remota sin una instalación directa de sensores en el talud, por lo que puede proporcionar una solución alternativa efectiva para el levantamiento satelital (Chambers et al., 2011; Hen-Jones et al., 2017). A pesar de su capacidad, SAR también presenta considerables dificultades de procesamiento e interpretación de datos, lo que dificulta en cierta medida su popularidad (Colesanti & Wasowski, 2006; Jaboyedoff et al., 2009; Pieraccini et al., 2006).



Pero sin embargo, GIS solo adquiere datos de movimiento horizontal de la superficie que indican la expresión topográfica del derrumbe de taludes, no se puede acceder a los datos de movimiento relacionados con el deslizamiento que se ha acumulado dentro de la roca y el suelo (Dai & Lee, 2002; Fan & Chang, 2015; Friedel et al., 2006; Gallage & Uchimura, 2010; Jongmans & Garambois, 2007; Lacasse et al., 2009; Lineback Gritzner et al., 2001; Oh & Lee, 2011; Pradhan et al., 2012; Rahardjo et al., 2013; Sezer et al., 2011; Syed Omar et al., 2004; Yong, 1994; Zaki et al., 2014; Zhu et al., 2011)

El uso de estos métodos es frecuente dando así para la apertura al radar de apertura sintética (SAR) y sistema de información geográfica (GIS), como esta dado existe varios métodos como GIS, SAR, GPS y TLS se usan más comúnmente para el monitoreo de pendientes (Chambers et al., 2011; Guerra et al., 2017; Hen-Jones et al., 2017), pero sin embargo la incidencia en la prevención del análisis estático y dinámico de las pendientes aun está en discusión, tomando en cuenta las normativas nacionales y criterios internacionales (Amitrano, 2005; Binley et al., 2015; Loke et al., 2013).

2.2.5. Métodos numéricos en taludes

Existen varios métodos estáticos como dinámicos, pero los modelamientos en la actualidad se basan o se determinan por un ordenador analíticos, como son los procesos mecánicos, las mismas que se aplican en la geingeniería, en donde involucra las consideraciones especiales y una filosofía de diseño diferente a las que se siguen al diseñar con materiales manufacturados o también llamados sólidos (Michalowski, 2002)

Por tal razón se deben considerar a los métodos de aproximación diversos factores como las propiedades de deformación y la resistencia que pueden variar muchos, en este caso los datos a obtenerse son los datos de cohesión y la fricción recolectado in situ, y procesado en un laboratorio de suelos (D'Andrea & Sangrey, 1982).

Pero la base fundamental en el desarrollo de los métodos se basa directamente por los métodos Fellenius ordinario, Bishop simplificado, Janbu simplificado y Spencer, las misma que tiene las características siguientes dentro de cada condición de equilibrio y fuerza(Ureel et al., 2012):

Tabla 1

Diferencia entre los métodos de determinacion del facto de seguridad en taludes

Método	Filosofía de calculo
Ordinario o Fellenius	Las fuerzas entre cortes se desprecian
Bishop's simplificado	Las fuerzas resultantes entre cortes son horizontales son efectivos es decir, no hay fuerza cortante en el corte
Janbu's simplificado	Las fuerzas resultantes entre cortes son horizontales; un factor de corrección empírico es utilizado para tener en cuenta las fuerzas de corte
Spencer	Las fuerzas resultantes entre cortes tienen una pendiente constante en toda la masa deslizante.

Nota, en los cuatro métodos establecidos son claros en cada punto de la filosofía de diseño, en el primero de Fellenius sostiene que las fuerzas de corte se disipan, mientras Bishop las fuerzas de corte no existen, solo las horizontales dentro de una resultante, el otro punto en que Janbu si manifiesta en las fuerzas de corte pero empíricamente, mientras Spencer si establece dicha fuerza de corte(Sengupta & Giri, 2011).

Dentro de dicho análisis, se establece por los métodos estáticos en relación con los métodos dinámicos, la diferencia entre ambos es la aplicación de los elementos de dos dimensiones y tres dimensiones, pero la principal diferencia es la aplicación de las fuerzas sísmicas y otras fuerzas como el factor del agua, a través de las precipitaciones(Chambers et al., 2011; Colesanti & Wasowski, 2006; Jaboyedoff et al., 2009).

El análisis de los taludes mediante el monitoreo en la geociencia como los métodos de análisis no solo se debe realizar en una forma estática, si no en forma dinámica, como los elementos externos(Binley et al., 2015; Tonnellier et al., 2013).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

La ciudad de Puno está ubicada geográficamente; Longitud oeste: $15^{\circ} 50' 15''$
Latitud sur: $70^{\circ} 01' 18''$, Altitud: 4 047 m ubicado en la zona 19L (WGS 84), según la
municipalidad provincial de Puno, en un punto específico en la cantera de Salcedo que
está ubicada en las coordenadas UTM

Figura 1

Ubicación geográfica del talud de estudio



Nota, imagen recopilada por Google Earth Pro en fecha 17 de mayo del 2014, en la
imagen se muestra el talud en su forma horizontal, sus coordenadas de ubicación son en
el cuadrante 19L, con UTM 392557.54 m E, 8245422.68 m S.



3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según su propósito la investigación es aplicada, porque se utilizará métodos conocidos de la geociencia y geotécnica, aplicado al monitoreo topográfico e ingeniería geotécnica (Carrasco, 2006; Gómez & Solana, 2005; Hernandez et al., 2014; Salinas, 2012; Sánchez Carlessi & Reyes Meza, 2015).

Según el nivel de investigación y nivel de profundización es correlación, se buscó con la investigación relacionar las variables de los métodos estáticos, con los dinámicos para determinar si es realmente dichas variables es directa, como el grado de correlación considerando que ambos métodos es para determinar el grado de seguridad que tiene su estabilidad la talud (Hernandez et al., 2014)

Su enfoque de investigación es cuantitativo, porque se buscó evaluar si datos están dentro de los datos paramétricos, y si esta tiene una correlación entra ambos grupos de las variables. Finalmente el diseño de investigación es no experimental de corte transversal, porque no se manipulo ninguna de las variables, y se tomara las muestras en solo dia (Carrasco, 2006; Gómez & Solana, 2005; Hernandez et al., 2014; Salinas, 2012; Sánchez Carlessi & Reyes Meza, 2015)

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

Para determinar la muestra se estableció el método planteado por Xu & Chernikov (2014), para poder determinar la cantidad de muestras, como la recomendación de Kondo et al., (2002), estableciendo un muestro de cinco puntos críticos.

Los cinco puntos de muestreo sirvieron para establecer 20 muestras de forma aleatoria para cada método, registrando un total de 40 datos para la evaluación de la estabilidad por un ordenador, de las variables en función de la cohesión y fricción de cada muestra, obteniendo al final 40 resultados.

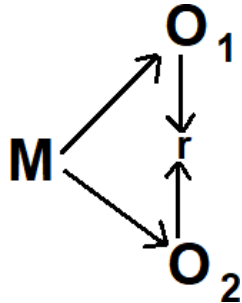
3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental, tomando en cuenta que el nivel de investigación es correlacional se tuvo en cuenta el siguiente diseño(Hernandez et al., 2014; Salinas, 2012):

Figura 2

Diseño de investigación no experimental-correlacional



Nota, M es la muestra, O₁ observación de la variable 1, O₂ observación de la variable 2, r correlación entre las variables(Carrasco, 2006)

3.4.2. Materiales e instrumentos utilizados

Los materiales utilizados para el monitoreo del talud fue una estación total, un GPS diferencial, para poder ubicar la zona y detallar la característica física del talud, tomando en cuenta la hidrografía y la geomorfología de la zona(Othman et al., 2011).

En relación con la determinación de la cohesión y fricción, lo realizo un laboratorio especializado de la universidad, obteniendo datos de laboratorio de suelos, el método utilizado por el laboratorio un ensayo de corte triaxial, el mismo método sirve para la medición de las propiedades mecánicas especialmente el de los suelos(Dixon & Spriggs, 2007)



Para el proceso de datos y evaluación de los dos grupos como son el estático y el dinámico se utilizo el software Slope versión educativo, Slope es un analizador de datos en un ordenador para analizar la estabilidad de los taludes en forma de análisis estático, como en un análisis dinámico, utilizando métodos tradicionales y los métodos discretos(Michalowski, 2002).

3.4.3. Variables analizadas

La variable dependiente son los métodos dinámicos, mientras para la variable independiente es el estático, determinado por cinco métodos por cada grupo:

$$M_d = \beta M_e + \varphi$$

En donde M_d es la variable dependiente denominado métodos dinámicos, M_e son los métodos estáticos que es la variable independiente, siendo β y φ factores de correlación y una constante. Para los variables dependientes como para las variables independientes, en ambos casos se analizó el factor de seguridad del talud, con los métodos de Fellenius ordinario, Bishop simplificado, Janbu simplificado y Spencer

3.4.4. Aplicación de pruebas estadísticas

La prueba estadística para determinar el primer y segundo objetivo se analizo la prueba de la normalidad de los datos procesados con la prueba Shapiro-Wilk, para luego analizar las medias relacionados para determinar cuál prueba de correlación se debe realizar por lo cual en este caso fue la prueba de Pearson

a) Prueba de normalidad de las variables

La prueba compara la función de datos o valores de distribución acumulada del total de las muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales(Bronson et al., 2014; Marcum & Alauzet, 2014; Quadros, 2014).



Variable Dependiente (Método dinámico)

Hipótesis Nula (H_0): la distribución de los datos de la variable del método dinámico es normal, por lo que los datos son paramétricos.

Hipótesis alterna(H_a): la distribución de los datos de la variable del método dinámico es normal, por lo que los datos son paramétricos

$$H_0: Y \approx N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_a: Y \not\approx N(\mu, \sigma^2)$$

Variable Independiente (Método estático)

Hipótesis Nula (H_0): la distribución de los datos de la variable del método estático es normal, por lo que los datos son paramétricos

Hipótesis alterna(H_a): la distribución de los datos de la variable del método estático no es normal, por lo que los datos no son paramétricos

$$H_0: X \approx N(\mu, \sigma^2)$$

$$H_a: X \not\approx N(\mu, \sigma^2)$$

b) Prueba t student

La prueba t de Student esta para determinar y evaluar las relaciones entre la variable dependiente e independiente, para lo cual se analizará en las unidades de cada grupo, por tal motivo que los datos son menores a cincuenta datos, se planteó dos grupos sus medias, por lo cual se planteo prueba de t student a dos muestras relacionados(Engwirda & Ivers, 2014; Kowalski et al., 2014; Mukherjee, 2014; Ruiz-Gironés et al., 2014).

Para poder determinar la correlación se tiene que probar las medias en relación con las dos variables, como se tienen menores a cincuenta de datos se realizara la prueba de t-student, para lo cual se planteó las siguientes hipótesis(Tomac & Eller, 2014).



Variable dependiente e independiente en relación con muestras relacionadas

Hipótesis Nula (H_o): las medias de las variable dependiente e independiente son similares

Hipótesis alterna(H_a): las medias de las variable dependiente e independiente no son similares

$$H_o: \beta = 0$$

$$H_a: \beta \neq 0$$

c) Prueba de coeficiente de correlación de Pearson

Para determinar la correlación de las variable dependiente e independiente, se realiza una prueba que relaciona una estadística entre las variable dependiente e independiente, en donde se determina en la asociación de las variables en donde se determina si los datos son asociados lo que significa que es lineal, mientras si no están asociados los datos no es lineal. Por lo cual se plantea las siguientes hipótesis de las dos variables(Brovka et al.,2014; Mitchell et al., 2014; Remacle et al., 2014).

Hipótesis Nula (H_o): no tiene correlación lineal entre las dos variables

Hipótesis alterna(H_a): existe correlaciona lineal entre las dos variables

d) Reglas de decisión

Si la correlación $r=1$, la correlación es perfecta; si $0.8 < r < 1$ la correlación es muy alta; Si $0.6 < r < 0.8$ la correlación es alta; Si $0.4 < r < 0.6$ la correlación es moderada; si $0.2 < r < 0.4$ la correlación es baja; Si $0 < r < 0.2$ correlación muy baja, Si $r=0$ la correlación es nula, de igual forma influye el signo si es positivo es directo, si es negativo es indirecto (Kowalski et al., 2014; Mukherjee, 2014; Tomac & Eller, 2014).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTABILIDAD DE TALUD POR el ANÁLISIS ESTÁTICO

La recolección de datos en relación con la aplicación de los métodos, se obtuvieron las siguientes medias para cada método, en condiciones óptimas de estabilización del suelo:

Tabla 2

Medias de los métodos de estabilidad de talud para determinar el F.S.

Nombre del método	Nomenclatura	Media
Fellinius ordinario	Met1	1.4
Bishop simplificado	Met2	1.5
Jampu simplificado	Met3	1.48
Spencer	Met4	1.53

Nota, el factor de seguridad para la estabilidad del talud para el método 1, es 1.4, para el método 2 es igual a 1.5, método 3 es igual 1.48, y el método es el F.S. =1.53.

En relación de si los datos obtenidos son paramétricos o no paramétricos se establecido por el método la prueba de Shapiro-Wilk, para los cinco métodos teniendo una significancia de 0.967 que mayor a 0.05, por lo que se toma como parámetro de evaluación, en relación con los datos obtenidos.

También se tiene que el Factor de Seguridad del método Fellinius ordinario es la mas baja de 1.4, mientras para el método de Spencer es de 1.53, esto puede ser por varios factores, según Satyanarayana (1967) y Spencer (1967), sostiene que las variaciones depende de la filosofía en el diseño, como el material del análisis.

Tabla 3

Resultado del laboratorio de las características geomecánicas del suelo

Muestra	Angulo de fricción (ϕ°)<i>kg/cm²</i>	Cohesión (C) <i>kg/cm²</i>
1	28.91	0.18
2	26.44	0.25
3	27.01	0.21
4	25.85	0.19
5	29.52	0.17

Nota, es claro en el análisis del laboratorio de suelos, tiene una clasificación de arcilla el material del talud, como también en los cinco puntos analizados, la variación no es considerable, por tal razón los ejes de calculo de la estabilidad del talud en el método estático no es considerable, como el comportamiento del agua, tomando en cuenta que la napa freática en el talud solo aparece en lluvias(Krabbenhof & Lyamin, 2015; Sarma, 1979; Tschuchnigg et al., 2015)

En el estado actual el talud según el método derivado del ordenador sin las fuerzas externas, se tiene un factor de seguridad de 0.84,0.84, 0.80 a 0.90, muy debajo de lo recomendado, para poblaciones en estudios al límite en relación con las indicaciones de tiene que valores de F superiores a 1 indican condiciones estables, y valores menores de 1 indican condiciones inestables(Chen, 1992; Leshchinsky & Baker, 1986; Matsui & San, 1992).

Cuando $F = 1$ la ladera o el talud se encuentra en el punto de rotura, es claro como se muestra en la figura 3, que se muestra rotura en varios puntos, y estas pueden desplazarse(Ausilio et al., 2000; Cheng, 2003; Ugai & Leshchinsky, 1995)

La línea de falla puede ser uniforme, como las cargas verticales en relación a los horizontales en método estático, pero el monitoreo del talud en relación a un SIG empleado se considero su forma desde el pie como en su forma vertical(Gao-peng et al., 2015; Krabbenhoft & Lyamin, 2015; Liang et al., 2014; Tschuchnigg et al., 2015)

Figura 3

Vista de la cantera desde el nivel cero de evaluación del talud



Nota, es claro que por el método de la observación del talud en función al pie del talud, se tiene un talud que la fuerza del suelo en forma vertical va descendiendo por cada producción de material de la cantera, y esto se debe al comportamiento geotécnico, y a la vez esta puede dañar a las poblaciones cercadas como puede ser a las viviendas cercanas al talud(Jongmans & Garambois, 2007; Lacasse et al., 2009; Pradhan, 2010).

La formación geomorfológica, es artificial por la actividad antrópica, por la explotación de dicha cantera, como se puede observar en la figura 3, se observa claramente que el deslizamiento es por la fuerza de la gravedad del material(Amitrano, 2005)

Provocando deslizamiento desde la parte superior del talud, tal como se puede observar en la figura 4, el material se deslizo conforme existió actividad al pie de la talud, tal como se puede observar en la figura 4, de igual forma se puede observar que no solo es material arcilloso, si no que tiene conglomerado de material de roca, y líneas granulares lo que corresponde a un talud compuesto por capas de arcilla, y montículos granulares(Dixon & Spriggs, 2007; Jaboyedoff et al., 2009)

Figura 4

Vista lateral de ubicación de la cantera de salcedo



Nota, el material de deslizamiento es frecuente, y estos movimientos pone en peligro las viviendas cercanas, tal como se observa en la figura 4, es claro que las autoridades encargadas de evaluar los riesgos establezcan los parámetros como la distancia mínima donde se puedan prohibir la urbanización cercanas a la cantera.

Los parámetros calculados por el método estático esta debajo de 1(Chambers et al., 2011), por lo que se debe considerar los refuerzos mediante tendones que puedan estabilizar la talud conforme a las recomendación establecidas por defensa civil, dentro del marco de control de riesgos(Tonnellier et al., 2013)

4.2. ESTABILIDAD DE TALUD POR EL ANÁLISIS DINÁMICO

En relación con el análisis dinámico también se aplicó los mismos métodos, pero están tuvieron un comportamiento diferente, analizando los resultados se obtuvieron las siguientes medias por cada método.

Tabla 4

Medias de los métodos de estabilidad de talud para determinar el F.S.

Nombre del método	Nomenclatura	Media
Fellinius ordinario	Met1	1.05
Bishop simplificado	Met2	1.1
Jampu simplificado	Met3	1.05
Spencer	Met4	1.1

En relación de si los datos obtenidos son paramétricos o no paramétricos se establecido por el método la prueba de Shapiro-Wilk, para los cinco métodos teniendo una significancia de 0.814 que mayor a 0.05, por lo que se toma como parámetro de evaluación, en relación con los datos obtenidos.

Binley et al., (2015); Loke et al., (2013); y Tonnellier et al., (2013) sostienen que los métodos estáticos, no incluyen otras fuerzas que cambian la estabilidad del talud, es claro que en este caso se insertó un variable sísmico del coeficiente sísmico de 0.153, considerando la ubicación sísmica de la zona, como la reflectancia de la geofísica de la zona como la geomorfología, con una simulación de penetración del agua en las ranuras que ocasiono los deslizamientos por la actividad antrópica(Chambers et al., 2011; Dixon & Spriggs, 2007; Jaboyedoff et al., 2009; Loke et al., 2013; Tonnellier et al., 2013).

Los valores obtenidos del factor de seguridad con los factores de movimiento dinámico se obtuvo una relación de 0.52, 0.47, 0.47 y 0.53, los motivos en comparación con el método estático son varios como el factor de sismo, como la introducción del flujo de agua, en este último se puede observar en la figura 5

Figura 5

Ubicación del pie de cantera o pie de inicio del talud



Nota, se puede observar que el flujo de agua es constante en épocas de lluvias, y este factor es muy importante en la determinación del factor de seguridad, se debe tomar en cuenta que este factor determina la modificación morfológica, tomando en cuenta que la escorrentía producida encima del talud ocasiona la erosión como se puede observar en la figura 4 (Chambers et al., 2011; Jaboyedoff et al., 2009).

El monitoreo, como un análisis externo es importante en la determinación del factor de seguridad tomando en cuenta que dichas variaciones tridimensionales en el talud, pueden determinar varias variables, en este análisis es claro, como determino varios autores que pueden cambiar el cálculo del factor de seguridad (Colesanti & Wasowski, 2006; Dixon & Spriggs, 2007; Pieraccini et al., 2006; Spillmann et al., 2007)

4.3. APORTE TEÓRICO

En relación con el análisis dinámico también se aplicó los mismos métodos, pero están tuvieron un comportamiento diferente, analizando los resultados se obtuvieron las siguientes medias por cada método, en relación a la variable dependiente se obtuvo que son datos paramétricos, en un análisis de la situación actual, como la determinación de establecer un diseño de estabilidad del talud, por lo que tiene que, en relación al método dinámico con relación al estático se tiene una correlación de 0.768 que es de manera directa, en relación al óptimo también la correlación de los resultados es de 0.747 también de manera directa.

Por lo que pude explicar que esta diferencia se puede explicar que existe otras variables en forma tridimensional, en especial por relaciones del análisis de los datos en laboratorio en la determinación del ángulo de fricción y la cohesión en donde se tomó las muestras, y el otro punto es la determinación del coeficiente sísmico como la apreciación de la escurrentía, conforme a lo manifestado por los autores Gao-peng et al.(2015); Krabbenhoft & Lyamin (2015); Liang et al.(2014) y Tschuchnigg et al. (2015).

La influencia de los métodos dinámicos en relación con los estáticos se tiene con las siguientes relaciones:

$$M_d = \beta M_e + \varphi$$

En donde β para el primer grupo en relación con la estabilización del talud se tiene a un coeficiente de 0.425, con relación al cálculo con los datos obtenidos en relación con los datos in situ se tiene que el coeficiente es de 0.509, con relación al residuo φ se tiene para el primer grupo de 0.446, en el segundo grupo es de 0.070.



Por las razones expuestas los coeficientes de la regresión lineal no coinciden ambos grupos, teniendo en cuenta, la influencia en relación de los métodos dinámicos tiene una influencia muy alta con una correlación de 0.768 y 0.747, en ambos grupos de análisis, en lo cual se debe considerar, que estos mismos influencia en la determinacion del factorde seguridad y los métodos determinados en el cálculo.

La correlación es directa en ambos casos, con una correlación de Persson, tomando en cuenta un análisis con métodos estáticos y el otro con el método dinámico, el otro punto a considerarse es importante determinar el monitoreo del desplazamiento, antes de buscar un método adecuado para determinar el factor de seguridad, es claro que le limite es 1, pero por diseño y empelo a la ingeniería debe ser mayora a 3, por lo que se debe plantear diversas alternativas en relación a la seguridad social, como evitar gastos a la comuna que pueda ocasionar el deslizamiento de los taludes.



V. CONCLUSIONES

5.1. La influencia de las fuerzas externas aplicados en los métodos dinámicos influencia de manera directa en los métodos estáticos en determinar el factor de seguridad del talud, según lo estimado la correlación es de 0.768 y 0.747 en ambos grupos analizados.

5.2. En relación con los métodos estáticos, tomando con relación a la estabilización del talud, se tiene en una evaluación por métodos estáticos son de 1.40,1.50,1.48 y 1.53, mientras con datos del situ es de 0.80, 0.80, 0.70, 0.80 y 0.9, la variación en relación con los datos de estabilización con el estado limite del talud en función del método estático es de 47% a 58%

5.3. En relación con los métodos dinámicos, en la evaluación de los cuatro métodos en el grupo de análisis dinámico el factor de seguridad es de 1.05, 1.10, 1.05 y 1.10, en relación con datos de situ es de 0.52, 0.47, 0.47 y 0.53, con una relación de resultado de datos de 42% a 48%



VI. RECOMENDACIONES

- 6.1.** La determinación del factor de seguridad del talud es importante determinar porque la zona de estudio se encuentra dentro de la zona de expansión urbana, tomando en cuenta que la asociación pro-vivienda de Virgen de las Mercedes, en el cual sostiene su expansión, por lo que se debe analizar para determinar la urbanización cercana a la cantera en relación del talud.
- 6.2.** Conforme a las nuevas directivas en donde se debe urbanizar, se debe determinar la zona de riesgo de la zona, en este caso la evaluación del talud para determinar su estabilización con relación al monitoreo de deslizamiento es claro que la fuerza sísmica según la norma sismo resiste no es relevante, se debe tomar en cuenta por la probabilidad de ocurrencia, como la infiltración de ladera al talud, que es otro factor en consideración.
- 6.3.** Respecto al monitoreo de deslizamiento de monitoreo de taludes en la ciudad de Puno, es sumamente importante, con relación al talud en Azoguini, Machallata, o Llavini, las mismas que la actividad antrópica, puede ocasionar deslizamientos, que puede ocasionar daños sociales, como económicos, por tal motivo se sugiere el análisis de estabilidad de taludes en la ciudad de Puno, como también el monitoreo en cada falla geológica como el desarrollo antrópico en topografías altamente pronunciadas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellán, A., Calvet, J., Vilaplana, J. M., & Blanchard, J. (2010). Detection and spatial prediction of rockfalls by means of terrestrial laser scanner monitoring. *Geomorphology*, *119*(3–4), 162–171.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.03.016>
- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gamal, M., Sadarviana, V., Darmawan, D., Suro, Hendrasto, M., & Suganda, O. K. (2007). Studying landslide displacements in the Ciloto area (Indonesia) using GPS surveys. *Journal of Spatial Science*, *52*(1), 55–63. <https://doi.org/10.1080/14498596.2007.9635100>
- Akib, W. A. A. W. M., Tahar, K. N., & Ahmad, A. (2012). Slope gradient analysis at different resolution using terrestrial laser scanner. *2012 IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications*, 169–173.
<https://doi.org/10.1109/CSPA.2012.6194712>
- Amitrano, D. (2005). Seismic precursory patterns before a cliff collapse and critical point phenomena. *Geophysical Research Letters*, *32*(8), L08314.
<https://doi.org/10.1029/2004GL022270>
- Ausilio, E., Conte, E., & Dente, G. (2000). Seismic stability analysis of reinforced slopes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, *19*(3), 159–172.
[https://doi.org/10.1016/S0267-7261\(00\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0267-7261(00)00005-1)
- Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., & Kanno, T. (2005). Landslides in Sado Island of Japan: Part I. Case studies, monitoring techniques and environmental considerations. *Engineering Geology*, *81*(4), 419–431.
<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.08.005>



- Baker, R. (2003). Sufficient conditions for existence of physically significant solutions in limiting equilibrium slope stability analysis. *International Journal of Solids and Structures*, 40(13–14), 3717–3735. [https://doi.org/10.1016/S0020-7683\(03\)00075-1](https://doi.org/10.1016/S0020-7683(03)00075-1)
- Baker, R. (2006). A relation between safety factors with respect to strength and height of slopes. *Computers and Geotechnics*, 33(4–5), 275–277. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2006.07.001>
- Binley, A., Hubbard, S. S., Huisman, J. A., Revil, A., Robinson, D. A., Singha, K., & Slater, L. D. (2015). The emergence of hydrogeophysics for improved understanding of subsurface processes over multiple scales. *Water Resources Research*, 51(6), 3837–3866. <https://doi.org/10.1002/2015WR017016>
- Boutrup, E., & Lovell, C. W. (1980). Searching techniques in slope stability analysis. *Engineering Geology*, 16(1–2), 51–61. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(80\)90006-X](https://doi.org/10.1016/0013-7952(80)90006-X)
- Bronson, J. R., Sastry, S. P., Levine, J. A., & Whitaker, R. T. (2014). Adaptive and unstructured mesh cleaving. *Procedia Engineering*, 82, 266–278. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.389>
- Brovka, M., López, J. I., Escobar, J. M., Cascón, J. M., & Montenegro, R. (2014). Construction of polynomial spline spaces over quadtree and octree T-meshes. *Procedia Engineering*, 82, 21–33. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.370>
- Calcaterra, S., Cesi, C., Di Maio, C., Gambino, P., Merli, K., Vallario, M., & Vassallo, R. (2012). Surface displacements of two landslides evaluated by GPS and inclinometer systems: a case study in Southern Apennines, Italy. *Natural Hazards*, 61(1), 257–266. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9633-3>



- Carrasco, S. (2006). Metodología de la investigación científica. In *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
- Chambers, J. E., Wilkinson, P. B., Kuras, O., Ford, J. R., Gunn, D. A., Meldrum, P. I., Pennington, C. V. L., Weller, A. L., Hobbs, P. R. N., & Ogilvy, R. D. (2011). Three-dimensional geophysical anatomy of an active landslide in Lias Group mudrocks, Cleveland Basin, UK. *Geomorphology*, *125*(4), 472–484.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.09.017>
- Chen, Z.-Y. (1992). Random trials used in determining global minimum factors of safety of slopes. *Canadian Geotechnical Journal*, *29*(2), 225–233.
<https://doi.org/10.1139/t92-026>
- Cheng, Y. M. (2003). Location of critical failure surface and some further studies on slope stability analysis. *Computers and Geotechnics*, *30*(3), 255–267.
[https://doi.org/10.1016/S0266-352X\(03\)00012-0](https://doi.org/10.1016/S0266-352X(03)00012-0)
- Cheng, Y. M., Lansivaara, T., & Wei, W. B. (2007). Two-dimensional slope stability analysis by limit equilibrium and strength reduction methods. *Computers and Geotechnics*, *34*(3), 137–150. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2006.10.011>
- Colesanti, C., & Wasowski, J. (2006). Investigating landslides with space-borne Synthetic Aperture Radar (SAR) interferometry. *Engineering Geology*, *88*(3–4), 173–199. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2006.09.013>
- D’Andrea, R. A., & Sangrey, D. A. (1982). Safety Factors for Probabilistic Slope Design. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, *108*(9), 1101–1118.
<https://doi.org/10.1061/AJGEB6.0001336>
- Dai, F. ., & Lee, C. . (2002). Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, *42*(3–4), 213–228.
[https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00087-3)



- Dixon, N., Hill, R., & Kavanagh, J. (2003). Acoustic emission monitoring of slope instability: development of an active waveguide system. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering*, 156(2), 83–95.
<https://doi.org/10.1680/geng.2003.156.2.83>
- Dixon, N., & Spriggs, M. (2007). Quantification of slope displacement rates using acoustic emission monitoring. *Canadian Geotechnical Journal*, 44(8), 966–976.
<https://doi.org/10.1139/T07-046>
- Engwirda, D., & Ivers, D. (2014). Face-centred Voronoi refinement for surface mesh generation. *Procedia Engineering*, 82, 8–20.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.364>
- Fan, C.-C., & Chang, H.-W. (2015). The role of time in the hydrological behavior of residual soil slopes during rainfall events. *CATENA*, 124, 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.08.014>
- Friedel, S., Thielen, A., & Springman, S. M. (2006). Investigation of a slope endangered by rainfall-induced landslides using 3D resistivity tomography and geotechnical testing. *Journal of Applied Geophysics*, 60(2), 100–114.
<https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2006.01.001>
- Gallage, C. P. K., & Uchimura, T. (2010). Effects of Dry Density and Grain Size Distribution on Soil-Water Characteristic Curves of Sandy Soils. *Soils and Foundations*, 50(1), 161–172. <https://doi.org/10.3208/sandf.50.161>
- Gao-peng, T., Lian-heng, Z., Liang, L., & Feng, Y. (2015). Stability charts of slopes under typical conditions developed by upper bound limit analysis. *Computers and Geotechnics*, 65, 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2014.12.008>



- Gili, J. A., Corominas, J., & Rius, J. (2000). Using Global Positioning System techniques in landslide monitoring. *Engineering Geology*, 55(3), 167–192.
[https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(99\)00127-1](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(99)00127-1)
- Gómez, C. R., & Solana, V. H. (2005). La producción científica latinoamericana y la ciencia mundial: una revisión bibliográfica (1989-2003). *Revista Interamericana de ...*, 28(1), 43–61. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-09762005000100003&script=sci_arttext&tlng=es
- Guerra, A., Fullen, M., Jorge, M., Bezerra, J., & Shokr, M. (2017). Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. *Pedosphere*, 27(1), 27–41.
[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60294-7](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60294-7)
- Hen-Jones, R. M., Hughes, P. N., Stirling, R. A., Glendinning, S., Chambers, J. E., Gunn, D. A., & Cui, Y. J. (2017). Seasonal effects on geophysical–geotechnical relationships and their implications for electrical resistivity tomography monitoring of slopes. *Acta Geotechnica*, 12(5), 1159–1173. <https://doi.org/10.1007/s11440-017-0523-7>
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. del P. (2014). Metodología de la investigación. In *Mc Graw Hill Education* (6 Edición).
- Jaboyedoff, M., Demers, D., Locat, J., Locat, A., Locat, P., Oppikofer, T., Robitaille, D., & Turmel, D. (2009). Use of terrestrial laser scanning for the characterization of retrogressive landslides in sensitive clay and rotational landslides in river banks. *Canadian Geotechnical Journal*, 46(12), 1379–1390. <https://doi.org/10.1139/T09-073>
- Jongmans, D., & Garambois, S. (2007). Geophysical investigation of landslides : a review. *Bulletin de La Société Géologique de France*, 178(2), 101–112.
<https://doi.org/10.2113/gssgfbull.178.2.101>



- Jurich, D. M., & Miller, R. J. (1987). Acoustic Monitoring of Landslides. *Transportation Research Record*, 1, 30–38.
- Kondo, H., Sugiyama, A., & Cannon, M. E. (n.d.). Precise carrier phase GPS and its application to real-time landslide detection. *Proceedings of Digital Processing Applications (TENCON '96)*, 2, 906–911.
<https://doi.org/10.1109/TENCON.1996.608468>
- Kondo, H., Sugiyama, A., & Cannon, M. E. (2002). Precise carrier phase GPS and its application to real-time landslide detection. *Proceedings of Digital Processing Applications (TENCON '96)*, 2, 906–911.
<https://doi.org/10.1109/TENCON.1996.608468>
- Kowalski, N., Ledoux, F., & Frey, P. (2014). Block-structured hexahedral meshes for CAD models using 3D frame fields. *Procedia Engineering*, 82, 59–71.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.373>
- Krabbenhoft, K., & Lyamin, A. V. (2015). Strength reduction finite-element limit analysis. *Géotechnique Letters*, 5(4), 250–253.
<https://doi.org/10.1680/jgele.15.00110>
- Lacasse, S., Nadim, F., Lacasse, S., & Nadim, F. (2009). Landslide Risk Assessment and Mitigation Strategy. In *Landslides – Disaster Risk Reduction* (pp. 31–61). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69970-5_3
- Leshchinsky, D., & Baker, R. (1986). Three-Dimensional Slope Stability: End Effects. *Soils and Foundations*, 26(4), 98–110. https://doi.org/10.3208/sandf1972.26.4_98
- Liang, L., Yu, W., & Zijun, C. (2014). Probabilistic slope stability analysis by risk aggregation. *Engineering Geology*, 176, 57–65.
<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2014.04.010>
- Lineback Gritzner, M., Marcus, W. A., Aspinall, R., & Custer, S. G. (2001). Assessing



- landslide potential using GIS, soil wetness modeling and topographic attributes, Payette River, Idaho. *Geomorphology*, 37(1–2), 149–165.
[https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(00\)00068-4](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(00)00068-4)
- Loke, M. H., Chambers, J. E., Rucker, D. F., Kuras, O., & Wilkinson, P. B. (2013). Recent developments in the direct-current geoelectrical imaging method. *Journal of Applied Geophysics*, 95, 135–156. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2013.02.017>
- Loukidis, D., Bandini, P., & Salgado, R. (2003). Stability of seismically loaded slopes using limit analysis. *Géotechnique*, 53(5), 463–479.
<https://doi.org/10.1680/geot.2003.53.5.463>
- Luzi, G., Noferini, L., Mecatti, D., Macaluso, G., Pieraccini, M., Atzeni, C., Schaffhauser, A., Fromm, R., & Nagler, T. (2009). Using a Ground-Based SAR Interferometer and a Terrestrial Laser Scanner to Monitor a Snow-Covered Slope: Results From an Experimental Data Collection in Tyrol (Austria). *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(2), 382–393.
<https://doi.org/10.1109/TGRS.2008.2009994>
- Marcum, D., & Alauzet, F. (2014). Aligned metric-based anisotropic solution adaptive mesh generation. *Procedia Engineering*, 82, 428–444.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.402>
- Martin, C. (2011). The use of adaptive finite-element limit analysis to reveal slip-line fields. *Géotechnique Letters*, 1(2), 23–29. <https://doi.org/10.1680/geolett.11.00018>
- Matsui, T., & San, K.-C. (1992). Finite Element Slope Stability Analysis by Shear Strength Reduction Technique. *Soils and Foundations*, 32(1), 59–70.
<https://doi.org/10.3208/sandf1972.32.59>



- Michalowski, R. L. (2002). Stability Charts for Uniform Slopes. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 128(4), 351–355.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2002\)128:4\(351\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2002)128:4(351))
- Mitchell, S. A., Mohammed, M. A., Mahmoud, A. H., & Ebeida, M. S. (2014). Delaunay quadrangulation by two-coloring vertices. *Procedia Engineering*, 82, 364–376. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.397>
- Mora, P., Baldi, P., Casula, G., Fabris, M., Ghirotti, M., Mazzini, E., & Pesci, A. (2003). Global Positioning Systems and digital photogrammetry for the monitoring of mass movements: application to the Ca' di Malta landslide (northern Apennines, Italy). *Engineering Geology*, 68(1–2), 103–121. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(02\)00200-4](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(02)00200-4)
- Mukherjee, N. (2014). An art gallery approach to submap meshing. *Procedia Engineering*, 82, 313–324. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.393>
- Oh, H.-J., & Lee, S. (2011). Landslide susceptibility mapping on Panaon Island, Philippines using a geographic information system. *Environmental Earth Sciences*, 62(5), 935–951. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0579-2>
- Othman, Z., Wan, A. W. A., & Anuar, A. (2011). Evaluating the performance of GPS survey methods for landslide monitoring at hillside residential area: Static vs rapid static. *2011 IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications*, 453–459. <https://doi.org/10.1109/CSPA.2011.5759921>
- Pieraccini, M., Luzi, G., Mecatti, D., Noferini, L., & Atzeni, C. (2006). Ground-based SAR for short and long term monitoring of unstable slopes. *2006 European Radar Conference*, 92–95. <https://doi.org/10.1109/EURAD.2006.280281>



- Pradhan, B. (2010). Remote sensing and GIS-based landslide hazard analysis and cross-validation using multivariate logistic regression model on three test areas in Malaysia. *Advances in Space Research*, 45(10), 1244–1256.
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2010.01.006>
- Pradhan, B., Chaudhari, A., Adinarayana, J., & Buchroithner, M. F. (2012). Soil erosion assessment and its correlation with landslide events using remote sensing data and GIS: a case study at Penang Island, Malaysia. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(2), 715–727. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-1996-8>
- Quadros, W. R. (2014). LayTracks3D: A new approach to meshing general solids using medial axis transform. *Procedia Engineering*, 82, 72–87.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.374>
- Rahardjo, H., Satyanaga, A., & Leong, E.-C. (2013). Effects of flux boundary conditions on pore-water pressure distribution in slope. *Engineering Geology*, 165, 133–142. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2012.03.017>
- Remacle, J. F., Lambrechts, J., Geuzaine, C., & Toulorge, T. (2014). Optimizing the geometrical accuracy of 2D curvilinear meshes. *Procedia Engineering*, 82, 228–239. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.386>
- Ruiz-Gironés, E., Roca, X., & Sarrate, J. (2014). Optimizing mesh distortion by hierarchical iteration relocation of the nodes on the CAD entities. *Procedia Engineering*, 82, 101–113. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.376>
- Salinas, P. (2012). Metodología de investigación científica. *Universidad de Los Andes*, 198. <https://metodologiaecs.wordpress.com/2016/09/18/metodologia-de-la-investigacion-de-pedro-jose-salinas/>
- Sánchez Carlessi, H., & Reyes Meza, C. (2015). Metodología y diseños en la investigación científica. In *Business Support Anneth: Vol. 5ta e.*



Sarma, S. K. (1979). Stability Analysis of Embankments and Slopes. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 105(12), 1511–1524.

<https://doi.org/10.1061/AJGEB6.0000903>

Satyanarayana, B. (1967). A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces. *Géotechnique*, 17(3), 296–296.

<https://doi.org/10.1680/geot.1967.17.3.296>

Sengupta, A., & Giri, D. (2011). Dynamic analysis of soil-nailed slope. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Ground Improvement* (Vol. 164, Issue 4).

<https://doi.org/10.1680/grim.8.00023>

Sezer, E. A., Pradhan, B., & Gokceoglu, C. (2011). Manifestation of an adaptive neuro-fuzzy model on landslide susceptibility mapping: Klang valley, Malaysia. *Expert Systems with Applications*, 38(7), 8208–8219.

<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.12.167>

Sloan, S. (2013). Geotechnical stability analysis. *Géotechnique*, 63(7), 531–571.

<https://doi.org/10.1680/geot.12.RL.001>

Spencer, E. (1967). A Method of analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces. *Géotechnique*, 17(1), 11–26.

<https://doi.org/10.1680/geot.1967.17.1.11>

Spencer, E. (1968). A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces. *Géotechnique*, 18(3), 384–386.

<https://doi.org/10.1680/geot.1968.18.3.384>

Spillmann, T., Maurer, H., Green, A. G., Heincke, B., Willenberg, H., & Husen, S. (2007). Microseismic investigation of an unstable mountain slope in the Swiss Alps. *Journal of Geophysical Research*, 112(B7), B07301.

<https://doi.org/10.1029/2006JB004723>



- Syahmi, M. Z., Aziz, W. A. W., Zulkarnaini, M. A., Anuar, A., & Othman, Z. (2011). The movement detection on the landslide surface by using Terrestrial Laser Scanning. *2011 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium*, 175–180. <https://doi.org/10.1109/ICSGRC.2011.5991851>
- Syed Omar, S. N., Jeber, F. kh. M., & Mansor, S. (2004). GIS/RS for landslides zonation in Pos Slim-Cameron Highlands district, Peninsula Malaysia. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 13(1), 24–32. <https://doi.org/10.1108/09653560410521661>
- Tomac, M., & Eller, D. (2014). Towards automated hybrid-prismatic mesh generation. *Procedia Engineering*, 82, 377–389. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.398>
- Tonnellier, A., Helmstetter, A., Malet, J.-P., Schmittbuhl, J., Corsini, A., & Joswig, M. (2013). Seismic monitoring of soft-rock landslides: the Super-Sauze and Valoria case studies. *Geophysical Journal International*, 193(3), 1515–1536. <https://doi.org/10.1093/gji/ggt039>
- Tschuchnigg, F., Schweiger, H. F., Sloan, S. W., Lyamin, A. V., & Raissakis, I. (2015). Comparison of finite-element limit analysis and strength reduction techniques. *Géotechnique*, 65(4), 249–257. <https://doi.org/10.1680/geot.14.P.022>
- Ugai, K., & Leshchinsky, D. (1995). Three-Dimensional Limit Equilibrium and Finite Element Analyses: A Comparison of Results. *Soils and Foundations*, 35(4), 1–7. https://doi.org/10.3208/sandf.35.4_1
- Újvári, G., Mentés, G., Bányai, L., Kraft, J., Gyimóthy, A., & Kovács, J. (2009). Evolution of a bank failure along the River Danube at Dunaszekcső, Hungary. *Geomorphology*, 109(3–4), 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.03.002>



- Ureel, S. D., Killian, J. R., & Ryan, T. M. (2012). An analysis to compare factor of safety values between the limit equilibrium method and shear strength reduction technique. *46th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium 2012*, 4(2005), 2852–2858.
- Xu, J., & Chernikov, A. N. (2014). Automatic curvilinear quality mesh generation driven by smooth boundary and guaranteed fidelity. *Procedia Engineering*, 82, 200–212. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.384>
- Yong, R. N. (1994). Soil Mechanics for Unsaturated Soils. In *Engineering Geology* (Vol. 37, Issues 3–4). [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(94\)90064-7](https://doi.org/10.1016/0013-7952(94)90064-7)
- Zaki, A., Chai, H. K., Razak, H. A., & Shiotani, T. (2014). Monitoring and evaluating the stability of soil slopes: A review on various available methods and feasibility of acoustic emission technique. *Comptes Rendus Geoscience*, 346(9–10), 223–232. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2014.01.003>
- Zhu, Z.-W., Liu, D.-Y., Yuan, Q.-Y., Liu, B., & Liu, J.-C. (2011). A novel distributed optic fiber transducer for landslides monitoring. *Optics and Lasers in Engineering*, 49(7), 1019–1024. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2011.01.010>

ANEXOS

Anexo A. Evaluación estadística de las variables

A.1. Determinación de la Normalidad del análisis estático

Tabla A 1. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
	Métodos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
estático	Met1	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met2	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met3	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met4	,136	5	,200*	,987	5	,967

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Como se tiene cinco datos (menor a cincuenta), se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk, para los cinco métodos teniendo una significancia de 0.967 que mayor a 0.05, por lo que se verifica que los datos son paramétricos.

A.2. Determinación de la Normalidad del análisis dinámico:

Tabla A 2. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
	métodos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dinámico	Met1	,237	5	,200*	,961	5	,814
	Met2	,237	5	,200*	,961	5	,814
	Met3	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met4	,237	5	,200*	,961	5	,814

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Como se tiene cinco datos (menor a cincuenta), se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk, para los cinco métodos teniendo una significancia de 0.814 que mayor a 0.05, por lo que se verifica que los datos son paramétricos.

A.3. Determinación de la Normalidad del análisis estático-datos in situ

Tabla A 3. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
	Métodos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estático de cantera	Met1	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met2	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met3	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met4	,136	5	,200*	,987	5	,967

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Como se tiene cinco datos (menor a cincuenta), se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk, para los cinco métodos teniendo una significancia de 0.967 que mayor a 0.05, por lo que se verifica que los datos son paramétricos

A.4. Determinación de la Normalidad del análisis dinámico-datos in situ

Tabla A 4. Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
	Metodos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dinámico en cantera	Met1	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met2	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met3	,136	5	,200*	,987	5	,967
	Met4	,136	5	,200*	,987	5	,967

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Como se tiene cinco datos (menor a cincuenta), se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk, para los cinco métodos teniendo una significancia de 0.967 que mayor a 0.05, por lo que se verifica que los datos son paramétricos

A.5. Determinación de las medias de dos grupos relacionados

Tabla A 5. Análisis de medias de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desvi típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Estático - Dinámico	.40350	.03543	.00792	.38692	.42008	50,927	19	,000

Como se muestra la significancia es menor que 0.05, de mismo que t calculado es de 50.927, la misma que no se encuentra dentro del rango de aceptación por lo que concluye que son distintas las medias en ambos grupos

A.6. Determinación de las medias de dos grupos relacionados

Tabla A 6. Análisis de medias de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviaci ón típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Estático de cantera - Dinámico en cantera	.34000	.02884	.00645	.32650	.35350	52,728	19	,000

Como se muestra la significancia es menor que 0.05, de mismo que t calculado es de 52.728, la misma que no se encuentra dentro del rango de aceptación por lo que concluye que son distintas las medias en ambos grupos

A.7. Determinación de la correlación

Tabla A 7. Correlación de Persson

		Correlaciones	
		Estático	Dinámico
Estático	Correlación de Pearson	1	,747**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	20	20
Dinámico	Correlación de Pearson	,747**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	20	20

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación entre las variables de dinámico y estático es muy fuerte la influencia, e directa, siendo $r = 0.747$

A.8. Determinación de la correlación

Tabla A 8. Correlación de Persson

		Correlaciones	
		Estático de cantera	Dinámico en cantera
Estático de cantera	Correlación de Pearson	1	,768**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	20	20
Dinámico en cantera	Correlación de Pearson	,768**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	20	20

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

La correlación entre las variables de dinámico y estático es muy fuerte la influencia, e directa, siendo $r = 0.768$

A.9. Relación lineal

Tabla A 9. Relación Lineal

Modelo	Coeficientes				t	Sig.
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	Beta		
	B	Error típ.				
(Constante)	,446	,132			3,391	,003
Estático	,425	,089	,747		4,771	,000

a. Variable dependiente: Dinámico

El coeficiente lineal de la relación entre el dinámico es de 0.425 y la constante es 0.446

A.10. Relación lineal

Tabla A 10. Relación Lineal

Modelo	Coeficientes				t	Sig.
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	Beta		
	B	Error típ.				
(Constante)	,070	,084			,832	,416
Estático de cantera	,509	,100	,768		5,085	,000

a. Variable dependiente: Dinámico en cantera

El coeficiente lineal de la relación entre el dinámico es de 0.509 y la constante es 0.070



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JUAN CARLOS FLORES NEDINA
identificado con DNI 41069042 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

“ ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACION
DE CANTERAS C.P. SALCEDO - PUNO ”

” Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 26 de JUNIO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo JUAN CARLOS FLORES MEDINA
identificado con DNI 41069042 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA

,informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

“ ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA EXPLOTACION
DE CANTERAS C.P. SALCEDO - PUNO ”

” Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexas, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 26 de JUNIO del 20 23



FIRMA (obligatoria)



Huella