



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
DE MINAS**

**Análisis de Estabilidad de Taludes Mediante el Equilibrio Límite
para Evitar Daños al Caserío Cercano a la Cantera El Arenal,
Pátapo**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Minas

AUTORES:

Campos Fernández, Yajaira Estefany (ORCID: 0000-0003-0092-5700)

Espinoza Cabrejos, Jeanpierre Jhunior Jesús (ORCID: 0000-0001-6421-7899)

ASESOR:

Mg. Salazar Ipanaqué, Javier Ángel (ORCID: 0000- 0002- 7909- 6433)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Análisis de Estabilidad de Taludes

CHICLAYO – PERÚ

2021

Dedicatoria

Esta tesis es dedicada a Dios, por permitirme culminar esta etapa de mi vida, a mi padre (José) y madre (Rocío) por el esfuerzo que han realizado para educarme, y también a mis hermanas (Clara y Camila), mi padrino (Segundo) y mis abuelos (Humberto y Jesús) por el apoyo que me han brindado.

Yajaira Estefany

A mis padres, personas que me motivaron a lograr mis sueños, darme ánimos en los momentos más difíciles en el lapso de mi desarrollo profesional, mi sincero agradecimiento, Mercy y Luis.

A mis abuelos por brindarme el amor y apoyo en esta etapa de mi vida, Margara, Paulina y Juan.

También a mis seres queridos que ahora ya no me acompañan, pero en su momento me brindaron todo el amor y motivación.

Jeanpierre Jhunion Jesús.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por darnos la vida y ser quien enseñe y guíe a diario, con el fin de tomar buenas decisiones en el camino de la vida.

A la Universidad César Vallejo en especial a la escuela profesional de Ingeniería de Minas, por ser la forjadora de nuestro desarrollo profesional.

A nuestro asesor de tesis el Mg. Ing. Salazar Ipanaqué Javier Ángel, por orientarnos en el desarrollo de nuestra investigación. Asimismo, agradecer a la metodóloga Msc. Aguinaga Castro Silvia Josefina, por brindarnos sus conocimientos y ayudarnos a desarrollar nuestra investigación.

Agradecer a la Cantera El Arenal, por permitirnos desarrollar nuestra investigación en su empresa y brindarnos información.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN | 12 |
| Realidad Problemática | 12 |
| Trabajos Previos | 14 |
| Teorías relacionadas al tema..... | 18 |
| Formulación del Problema | 42 |
| Justificación de estudio | 42 |
| Hipótesis | 43 |
| Objetivos | 43 |
| Objetivo General..... | 43 |
| Objetivos Específicos..... | 43 |
| II. MÉTODO | 44 |
| 2.1. Tipo y Diseño de Investigación | 44 |
| 2.3. Población, muestra y muestreo..... | 46 |
| 2.3.1. Población | 48 |
| 2.3.2. Muestra | 48 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.. | 49 |
| 2.7. Aspectos éticos | 54 |
| III. RESULTADOS | 56 |
| IV. DISCUSIONES | 70 |
| V. CONCLUSIONES | 73 |
| VI. RECOMENDACIONES | 74 |
| REFERENCIAS | 75 |
| ANEXOS | 82 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Valores del factor de seguridad..... | 29 |
| Tabla 2. Variable Independiente..... | 46 |
| Tabla 3. Variable Dependiente..... | 47 |
| Tabla 4. Descripción geomorfológica que ocupa el área del proyecto. | 56 |
| Tabla 5. Descripción de las unidades Geológicas de las concesiones mineras... | 58 |
| Tabla 6. Estratigrafía de Talud N° 1. | 60 |
| Tabla 7. Estratigrafía de Talud N° 2 | 61 |
| Tabla 8. Parámetros del Talud N°1. | 66 |
| Tabla 9. Parámetros del Talud N° 2. | 67 |
| Tabla 10. Factor de seguridad..... | 68 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Derrumbes y caídas de bloques..... | 23 |
| Figura 2. Volcamiento | 23 |
| Figura 3. Reptación del suelo..... | 25 |
| Figura 4. Deslizamientos | 25 |
| Figura 5. Deslizamientos rotacionales o circulares | 26 |
| Figura 6. Coladas o flujos..... | 26 |
| Figura 7. Deslizamientos compuestos..... | 27 |
| Figura 8. Descabezamiento..... | 32 |
| Figura 9. Descabezamiento..... | 33 |
| Figura 10. Malla de guiado de rocas. | 34 |
| Figura 11. Siembra de talud. | 35 |
| Figura 12. Susceptibilidad a los movimientos en masa..... | 38 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Tipos de talud. | 8 |
| Gráfico 2. Clasificación de la inestabilidad según Varnes. | 11 |
| Gráfico 3. Procedimiento. | 12 |
| Gráfico 4. Factores que afectan la estabilidad del talud según pobladores. | 12 |
| Gráfico 5. Factores que afectan la estabilidad del talud. | 12 |
| Gráfico 6. Tipo de movimiento que ha sufrido el Talud según los Pobladores. | 12 |
| Gráfico 7. Movimientos del talud según Guía de Observación. | 12 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo por finalidad “Realizar el análisis de inestabilidad de taludes mediante el método de equilibrio Límite para evitar daños al caserío cercano a la Cantera el Arenal, Pátapo”. La investigación surgió de la observación de un problema vinculado a la inestabilidad de taludes, para dicha investigación se buscó trabajar con una muestra que está formada por dos taludes divididos en (5) tramos cada uno, cercanos que afectan al Caserío de la Cantera del distrito de Pátapo, utilizando como tipo y diseño de investigación transversal, cuantitativa. Asimismo, para el recojo de información se utilizarán métodos como el analítico, sistemático y estadístico y se utilizó las siguientes técnicas de observación, Análisis documental y Entrevista junto a instrumentos empleados como Guía de Observación, Guía de Análisis Documental y Guía de Entrevista. Toda esta metodología le da a esta investigación el respaldo, sustento y seriedad respectiva. Finalmente, se obtuvo como resultados se utilizó el método de equilibrio límite para obtener el factor de Seguridad, la cual nos dio como resultado que el talud se encuentra inestable, los mismos que se presentan por medio de cuadros, tablas, gráficos enumerados, cada una con sus respectivo análisis que contribuyeron a comprobar las hipótesis que mediante la aplicación del método de equilibrio límite se podrá determinar la inestabilidad de los taludes cercanos a la Cantera el Arenal, y también determinando la inestabilidad que presentan los taludes se podrá dar solución para evitar daños al Caserío cercano a la Cantera, todo este trabajo permitió concluir que al realizar el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite, indicó que los taludes se encuentran inestables, por lo que se implementó una técnica de refuerzo para estabilizar los taludes cercanos a la Cantera el Arenal y evitar daños.

Palabras claves: Inestabilidad, taludes, Caserío, Cantera, Equilibrio Limite.

ABSTRACT

This research aimed to “Realizar el análisis de inestabilidad de taludes mediante el método de equilibrio Límite para evitar daños al caserío cercano a la Cantera el Arenal, Pátapo”. The research arose from the observation of a problem linked to the instability of slopes. The sample of this research consisted of two slopes close to the village of the quarry of the District of Pátapo, divided into (5) sections each. The type of research was quantitative with a cross-sectional design. In addition, analytical, systematic and statistical methods were used to collect information and the documentary and interview were observation techniques applied along with tools such as observation, documentary analysis and interview guides. All this methodology supports this investigation and makes it reliable. Finally, the Limit Equilibrium method was used to obtain the Factor of Safety. The results showed that the slope was unstable. This was presented in tables, tables and graphs listed with their respective analyses, which contributed to verify the hypotheses that, by applying the Limit Equilibrium method, it would be possible to determine the instability of the slopes near the quarry El Arenal, and that, by determining the instability the slopes presented, a solution would be found to avoid damage to the village near the quarry. After this, it could be concluded that, the analysis of the stability of slopes through the Limit Equilibrium method indicated that the slopes were unstable. Therefore, a reinforcement technique was implemented to stabilize the slopes near the quarry El Arenal and avoid damage.

Keywords: Instability, slopes, village, quarry, limit equilibrium.

I. INTRODUCCIÓN

Para iniciar la investigación se abordó la **Realidad Problemática**, en la que actualmente la actividad minera es una de las más trascendentales dentro del sector Primario peruano, catalogada una de las más importantes del país, pero también una de las más riesgosas e impactantes, en las últimas décadas surgieron muchos problemas dentro de este sector, hablar de la inestabilidad de un talud es un problema preocupante, el cual causa daños importantes, ya sean materiales, ambientales y pérdidas humanas. Ha sido necesario hablar de este tema ya que nos permitió reconocer las posibles causas, evaluar la posible inestabilidad y dar una solución, para así poder evitar o reducir los posibles daños que cause.

La estabilidad de taludes investiga sobre la posible inestabilidad u estabilidad de un talud este será estable dependiendo del material en el que este compuesto o las discontinuidades que se presenten (Corrales, Valencia, Calderón, Guapacha, Díaz & Patiño, 2013). Un talud es un macizo rocoso inclinado con relación de su horizontal, es decir se refiere talud a un macizo rocoso que ha sufrido cambios en su pendiente a la vez un talud se genera de manera artificial y también de origen natural.

Cuando un talud se origina de forma artificial, es por influencia del hombre a través de las actividades que realizan de la cual influye en su origen, por ejemplo, terraplenes, presas, cortes, rellenos, etc. Por otro lado, en un talud natural no existe alguna intervención en la cual influya en su formación, también conocido como ladera (De Matteis, 2003).

Se refiere a inestabilidad de un talud, a un movimiento de masa rocoso, el cual sufre una modificación con respecto a su estabilidad debido a alguna intervención ya sea natural o por actividad humana (Catanzariti, 2016). Este fenómeno ocasiona diferentes tipos de movimientos de masa, como los deslizamientos, desprendimientos, desmoronamientos, entre otros, los cuales pueden ocasionar fatalidades humanas, daños materiales y daños al medio

ambiente. Y esto es provocado por diversas causas como: las condiciones geológicas, las condiciones climáticas y las excavaciones.

Cuando se refiere a la Condiciones Geológicas, son aquellas que representan un componente de inestabilidad permanente, dentro de esta causa encontramos, la orientación y ángulo de inclinación del macizo rocoso, la alteración hidrotermal y meteorización (alteración de la roca), la litología y las discontinuidades estructurales y estratigráficas (Crespo, 2005).

En la cual hemos encontrado una evidencia clara en deslizamiento en cobre en mina Las cruces, España. En la cual se produjo un deslizamiento a grandes dimensiones dentro de la corta minera la cual trajo como consecuencia que se paralizara la explotación del cobre, y un cierre temporal de mina de 6 meses, trayendo pérdidas materiales a gran escala y según la información del diario de Sevilla calcula en 14 millones de metros cúbicos de terreno movilizado (Geotecnia fácil, 2019).

Otra evidencia, es lo que ocurre en el departamento de la libertad- Perú que tuvo un muerto y un herido tras derrumbe de mina por las lluvias intensas. El Instituto Nacional de Defensa Civil informó que una persona resultó herida y otra falleció a causa de un derrumbe que se produjo en una mina a causa de un deslizamiento registrado en el distrito de Huaranchal, provincia de Otuzco, en la región de La Libertad, provocado por las lluvias intensas. Medios locales informaron que en la zona se registran lluvias intensas, lo que habría provocado el deslizamiento que originó el derrumbe de la mina dedicada a la extracción de carbón (Indeci, 2019). La causa sería las Condiciones Climáticas, que son las condiciones atmosféricas que influyen en una determinada zona.

La concurrencia de estos componentes viene expresada por la influencia de una serie de factores climáticos: el mar que actúa como reguladores térmicos, el aumento de humedad y descenso de temperatura, la vegetación, y la distribución del relieve la cual origina áreas de escasa, moderada o abundante lluvia (Pérez, 2009).

Otro indicador del problema son las excavaciones, que son aquellas que producen una variación del estado de equilibrio del terreno, descalces de potenciales superficies de deslizamiento, desequilibrio de masas, etc. Constituyen uno de los factores desencadenantes más extensos, debido a la necesidad de las estas en las obras civiles, que necesitan de un estudio detallado que garantice la estabilidad de un talud (IGME, 1986). Cabe señalar que Lambayeque no es ajeno a este problema de inadecuadas excavaciones una evidencia clara ocurrió en la Cantera El Arenal, antes de que sea mecanizada, está era explotada de manera manual la cual afectaba directamente a la persona que no tenía alguna protección. Debido a esto se originó un accidente de consecuencia fatal, en el cual el trabajador se encontraba realizando sus labores con pico y palana, excavando y afectando al talud. Al no darse cuenta de que el talud no era estable, pues este se le vino encima es decir se produjo un deslizamiento provocando que este tape al trabajador provocando su muerte instantánea producida por una asfixia.

Ante lo descrito es conveniente preguntarse ¿Por qué se zonificara las características geológicas estructurales del terreno de estudio?, ¿Cuáles son los factores que afectan a la estabilidad de los taludes?, ¿Qué tipos de movimientos están generando la inestabilidad de los taludes?, ¿Qué beneficios trae aplicar el método del equilibrio Límite?, ¿Cuáles son las soluciones hacia la empresa para reducir la inestabilidad de taludes?, ¿Cuáles son los daños que puede causar la inestabilidad del talud al Caserío Cercano a la Cantera?, todas estas preguntas serán contestadas al final del Trabajo de Investigación.

Entre los **Trabajos Previos** que respaldan la investigación, se encuentran antecedentes locales, nacionales e internacionales. Dentro del ámbito local figura la investigación de SILVA QUESQUEN, Paul, en Lambayeque-Perú (2018) el cual realizó una investigación titulada “Análisis comparativo de estabilidad de talud y propuesta de solución con muros anclados en la Carretera Las Pirias - Cajamarca, 2018”. El cual tuvo como objetivo determinar la influencia de los muros anclados para estabilizar un macizo rocoso inclinado, concluyendo que al

realizar un análisis por el programa Slide, se obtuvo un factor de seguridad de 0.91, lo que significó que el macizo rocoso inclinado no es estable, por la similitud de resultados del equilibrio límite, entre todos los métodos, no obstante cuando se efectúa una técnica de refuerzo como en esta investigación la solución es el anclaje con el que se obtendrá un FS. de 1.30 que indica que este talud será estable.

Así mismo se tiene la investigación de CARRIÓN AGUILAR, Carlos Humberto, que ejecutó en Chiclayo – Perú (2017) su trabajo de investigación titulado “Análisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector Sausacocha – Pallar km. 8+000 al 9+000, Sánchez Carrión, La Libertad, 2017”, el cual tuvo como objetivo efectuar el levantamiento de la zona de estudio, con la finalidad de la obtención de curvas de nivel para el análisis de la superficie del talud. Al realizar el estudio obtuvo como resultado que el talud muestra cuatro estratos distintos, el primer estrato está compuesto por fragmentos rocosos coluviales y depósitos recientes de material no consolidado, el segundo estrato está conformado por poca matriz limo arcillosa y material de grandes fragmentos rocosos, el tercer estrato lo formado por material gravoso con arcilla limosa, y el último es la roca madre.

Con lo referido a antecedentes nacionales tenemos la investigación de EUGENIO CARRANZA, Mildor, en Cajamarca - Perú (2017) titulada “Análisis de inestabilidad de taludes mediante equilibrio límite y elementos finitos, tramo Santa Rosa– Tuco bajo carretera Bambamarca – centro poblado tuco”. La cual tiene como objetivo realizar un análisis en la inestabilidad de taludes a través los métodos de cálculo, la cual concluye que el análisis de inestabilidad de los taludes mediante los métodos de cálculo desde el tramo del Km 13+200 hasta el Km 16+826, obtuvo que los taludes con una estabilidad muy alta son el 32.25 %, con inestabilidad alta son el 4.27%, de inestabilidad baja son el 1.95% y estables son el 61.54%.

Además, se tiene el estudio hecho por MENDOZA LOAYSA, Joel, en Lima – Perú (2016) el cual sustentó su investigación titulada “Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay” el cual tuvo como

objetivo determinar los factores del diseño del talud que se edificarán en suelos. Determinando que la geometría de los taludes no influye en la estabilidad, sino que está será relacionada por las características geotécnicas de materiales que se presentan. Así mismo, en esta labor podrían existir riesgos de licuefacción, por lo que contiene estratos de arena y al mismo tiempo se presencia de agua.

En la investigación realizada por NUÑEZ ROMERO, Ricardo y SANCHEZ LLACTA, Iván el cual su tesis titulada “Riesgo a Deslizamiento en taludes del Sistema Vial Lampa – Parihuanca, Huancayo”, tiene como conclusión que los niveles de riesgo a un deslizamiento son más críticos en los dos taludes cuando están en épocas lluviosas con la aparición de sismos, para la zona de Huasapa el nivel riesgo es medio con un total de 33%. Para la zona del Valle Progreso existe un riesgo del 52% con un nivel de riesgo alto.

Por último en el ámbito internacional el mexicano ARTEAGA BENTANCUR, Daniel en el 2016 ejecutó su tesis titulada “Análisis de estabilidad de taludes 3D considerando el efecto de la infiltración por precipitaciones”, que tuvo como objetivo implementar metodologías para realizar análisis acoplados de flujo transitorio y de estabilidad de macizos rocosos inclinados en dos y tres dimensiones, con el único fin de determinar el rol de la infiltración por precipitaciones en la disminución del F.S. en un talud o una ladera. Concluyendo que implementaron metodologías para la realización de análisis acoplado de flujos transitorio utilizando los métodos de cálculo.

Al mismo tiempo CASANOVA RUANO, Kevin & VALENCIA RIASCOS, Juan, ejecutaron en Colombia (2016) una investigación titulada “Análisis Y Diseño De Los Taludes En La Mina A Cielo Abierto De Diabasa De Triturados El Choch”. Teniendo como objetivo cuantificar la influencia de la variabilidad en el dilema del FS. hacia el plan de cierre de los taludes de una explotación minera a tajo abierto. Teniendo como resultados que los diseños de los taludes de la explotación del material cumplen con un F.S. que no cumple con lo exigido por la norma NSR10 que indica que debe ser superior a 1,05 en las diferentes condiciones de diseño.

Además, GUIDO MÉNDEZ, Orlando & FARIÑAS PÉREZ, Max, realizaron en Nicaragua (2014) una investigación titulada “Evaluación de estabilidad de talud inducida por cargas estáticas y dinámicas en la Loma chico Pelón, Managua-Nicaragua”. La cual tuvo como objetivo realizar una evaluación de la estabilidad de talud. En el cual evaluó en condiciones dinámicas y estáticas el modelo el talud. Con respecto a lo estático se utilizó los métodos de Price y Spencer que pertenecen al método de Equilibrio Limite y con lo referido a la condición dinámica se realizó un estudio por el método de elementos finitos.

De la misma manera ESTRADA BAUTISTA, Verónica & SOBERANIS BELLO, Jonathán, realizaron en México (2014) una investigación titulada “Estabilidad De Taludes En Suelos”, Teniendo como objetivo hablar de los principales métodos de cálculo de estabilidad de taludes. Realizando análisis con ayuda de Excel y AutoCAD el tiempo que se toma para calcular es tardado y algo tedioso, al contrario, usando el software Slide 6.0 podemos en un solo análisis comparar los diversos métodos que el software ofrece. Es de suma importancia remarcar que para poder usar el software adecuadamente es importante conocer la naturaleza de cada método que contiene Slide 6.0 porque un software no hace todo el trabajo hay que saber interpretar resultados y adecuar la búsqueda de falla dependiendo de las características de cada problema ya que no todos tienen la misma falla circular existen otras más que el programa también calcula, todo dependerá del ingeniero a cargo del análisis basándose en su experiencia y conocimiento del tema.

También LEÓN CASTRO, Armida & GONZÁLEZ OLHMEIR, Javier, realizaron en México (2013) una investigación titulada “Análisis cuantitativo de la estabilidad en taludes y laderas”. Cuyo objetivo es conocer información actualizada sobre el cálculo de la estabilidad en taludes, con énfasis en los métodos de cálculo más utilizados, su aplicación y resultados obtenidos. Concluyendo que en el análisis del talud que se realizó hubo una comparación entre el tenso-deformacional y el método del equilibrio límite, en la cual nos menciona que a través del método del equilibrio límite el talud tiene buena

estabilidad ya que el resultado del factor de seguridad es de 1.20, y el método tenso-deformacional indica que el talud no es estable por un asentamiento exagerado mayúsculo de 18 cm, y también que en algunos esfuerzo cortante supera al esfuerzo resistente del suelo, lo cual nos indica que es muy probable que existan deslizamientos.

Finalmente se tiene el trabajo realizado por COLIENTE TLAXCALTECA, Alfredo en México (2010) con la tesis titulada "Inestabilidad en laderas y taludes". Teniendo como objetivo realizar un análisis de los diferentes tipos de deslizamientos que se originan tanto en suelos como en rocas, tomando en cuenta los estudios de laboratorio y campo para determinar las propiedades que intervienen para calcular la estabilidad de un talud. Teniendo como resultados que al aplicar este cálculo de estabilidad por intermedio de métodos computacionales que deben ser revisados caudalosamente y comparados con métodos numéricos.

Con respecto a las **Teorías relacionadas al tema**, Poblete (2006) se refiere a talud a una composición de masa rocosa que ha sufrido cambios en su pendiente. A la vez este autor refiere que un talud se origina de manera artificial y natural.

Cuando un talud se origina de forma artificial, es por influencia del hombre a través de las actividades que realizan de la cual influye en su origen, por ejemplo, terraplenes, presas, cortes, rellenos, etc. Por otro lado, en un talud natural no existe alguna intervención en la cual influya en su formación, también conocido como ladera (De Matteis, 2003).

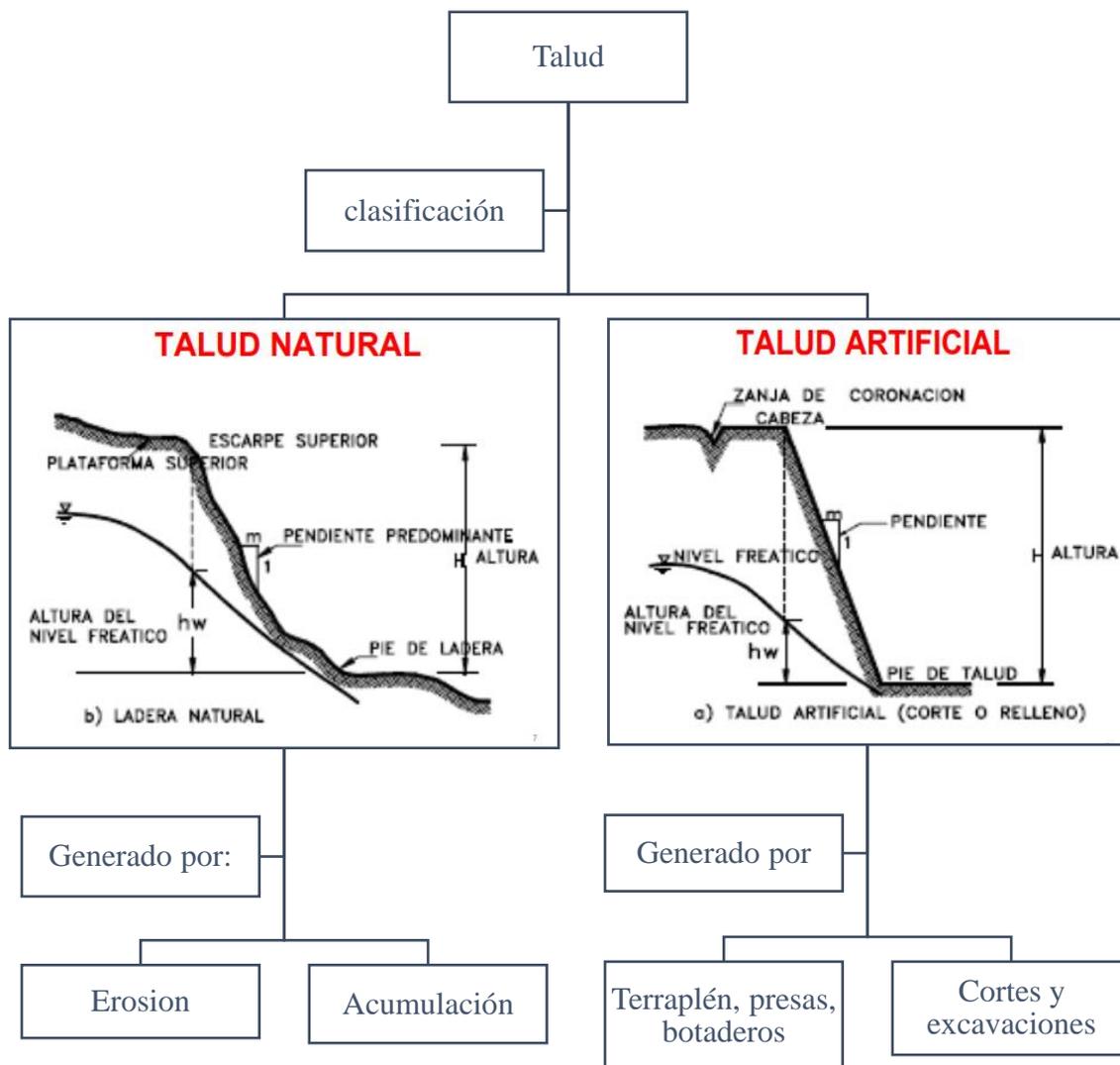


Gráfico 1. Tipos de talud.

Fuente: Lecca, (2010)

En minería para el diseño de los taludes se toma en cuenta la geometría del yacimiento. Comúnmente en yacimientos no metálicos, el talud tiene una característica temporal y se planean para ser estables a mediano o corto plazo.

- **Elementos de un talud**

Lecca (2010), expresa los siguientes elementos de un talud: la cresta, pie, altura, pendiente y nivel freático.

En cuanto a la **Zonificación** de acuerdo a las características geológica estructurales de la zona de estudio, se tomó en cuenta tres temas muy importantes como son la geología regional, geología local y la estratigrafía.

Con respecto a la zonificación consiste en la división de un área en sectores heterogéneos conforme a ciertos criterios, en este caso la geología. “La geología es una de las principales disciplinas científicas que busca el conocimiento de la tierra, cómo se formó, cómo evoluciona y cómo funciona” (Rey, 2014, p. 1). A continuación se mostrarán algunas teorías relacionadas con el primer objetivo de investigación:

- **Geología Regional.** Es una rama de la geología que se encarga de la clasificación geológica de regiones determinadas de la Tierra. (Anton, 2016).
- **Geología Local.** Se refiere a un lugar particular o zona en la cual se encarga de realizar un estudio de la clasificación geológica.
- **Unidad litológica.** “Una unidad litológica es un cuerpo rocoso que presenta características de composición química y mineralógica más o menos homogéneas, tiene límites definidos con otras unidades y una edad de formación determinada” (Anton, 2016, p. 3).
- **Tipo de material.** Es muy importante hablar sobre el tipo de material que se encuentra en un talud ya que este afectará la estabilidad de esta. En este caso hablamos del terreno y estos se dividen en 3 grupos: suelo, roca y materiales de relleno. Se denomina material de relleno a los depósitos artificiales realizados por alguna solicitud de una actividad. Con lo referido a suelo, son fragmentos de rocas que han sido alteradas por factores como la erosión, la lluvia entre otros además se observa materia orgánica generada tanto por la naturaleza y el hombre. Por último la roca es una

masa rocosa que ha sufrido por factores que generan discontinuidades como las fallas, estratificación, diaclasas, etc.

Los Factores que afectan la estabilidad de un talud. IGME (1986) establece los siguientes:

- **Factores naturales.** Los factores naturales se basan en la climatología o ciertas condiciones de vulcanismo y sismicidad. Dentro del factor natural encontramos también a la lluvia, su impacto de las gotas produce salpicaduras que originan levantamiento y como efecto dejan caer las partículas, haciendo que se transporten a niveles inferiores de la vertiente. Seguidamente se origina, y eso ocasiona pueda hacer que disminuya la capacidad de infiltración trayendo como consecuencias, que se produzcan la inestabilidad del talud debido a que al taponear las partículas movidas originan aberturas.
- **Presencia de Agua.** es aquella que esta almacenada en la superficie terrestre generada por la precipitación en este caso lluvias o agua provenientes de ríos, que llegan hasta los mantos impermeables de la tierra.
- **Sismicidad.** La sismicidad establece elementos desencadenantes de mayores deslizamientos, que ocasionan graves daños. Cuando este factor se genera, efectúa una continuación de vibraciones que se extienden como ondas de distintas frecuencias, para poder ver de qué dimensión ha sido el sismo.
- **Actividad biológica.** Este no es un factor determinante en la estabilidad de los taludes, la cubierta vegetal ayuda a conservar la estabilidad del talud a través de sus raíces debido a que ofrece una alianza entre los elementos de los suelos.

- **Actividad humana.** Este es un factor muy importante porque son fuente de presiones sobre el medio ambiente, en los cuales enfatizan los sectores dirigidos a gestionar los recursos naturales, en la actividad humana las ramas más trascendentes son la minería y las obras civiles.

Clasificación de los movimientos del talud, Según VARNES.

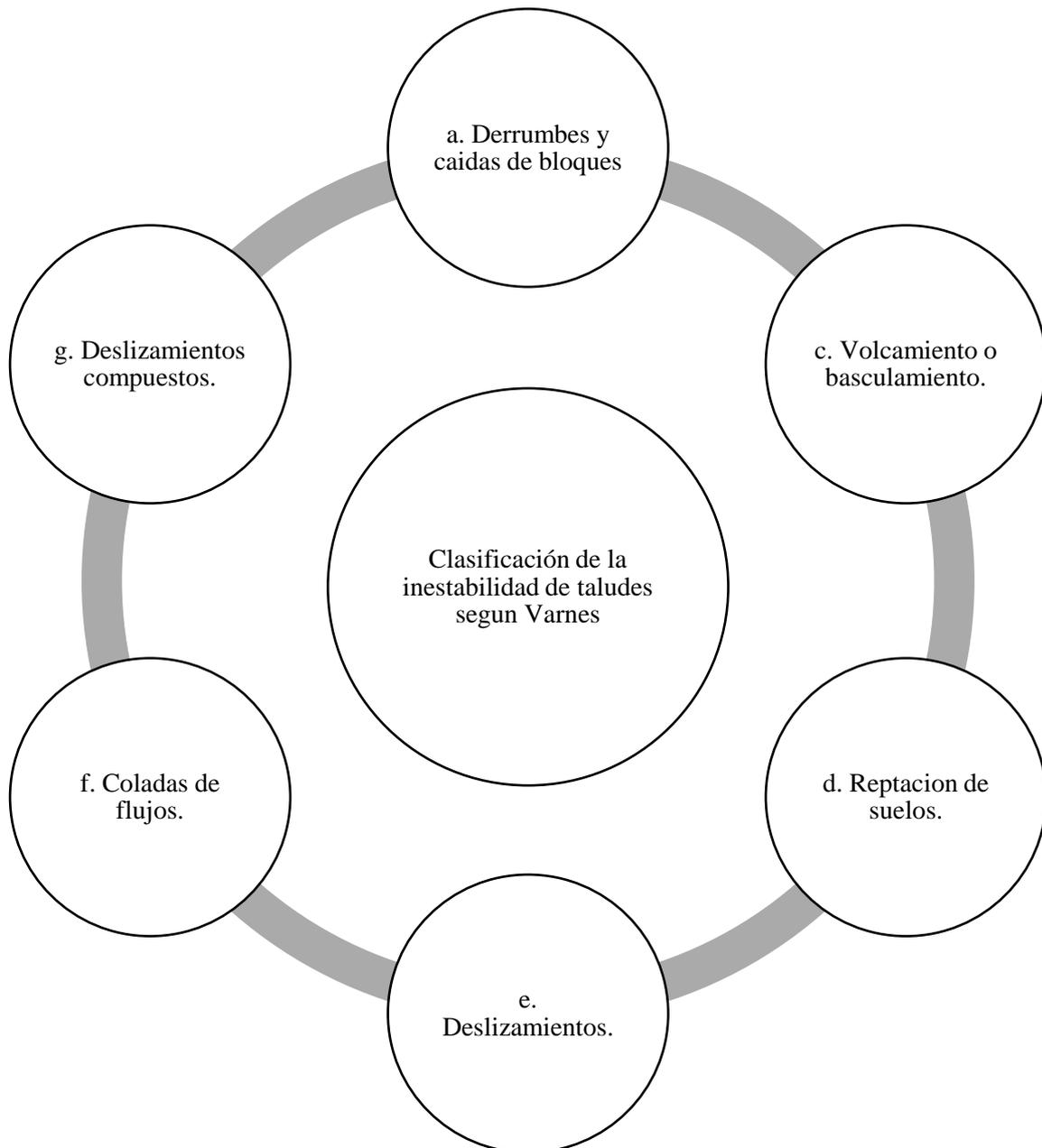


Gráfico 2. Clasificación de la inestabilidad según Varnes.

Fuente: Varnes, 1978

a) Derrumbes y caída de bloques.

Estos se presentan de una manera violenta ya que son caídas libres y se producen una mayor velocidad ya sea de un bloque o masa rocosa, el máximo volumen que implica son de hasta 100.00 m³, y las causas que originan que surgan los derrumbes y caídas de bloques son los factores sísmicos, y la actividad humana que se produzcan en ella.



Figura 1. Derrumbes y caídas de bloques

b) Volcamiento

El volcamiento es ocasionado por la acción de la gravedad, nos damos cuenta que es un volcamiento cuando encontramos el doblamiento de la parte superior en este caso de estratos afectados por separaciones.

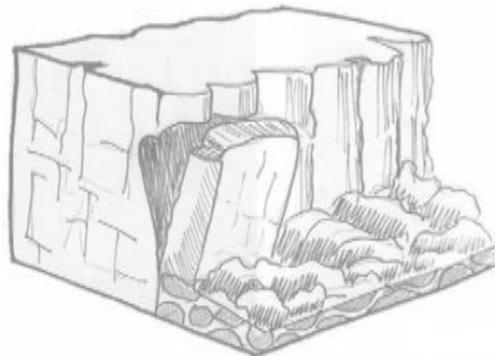


Figura 2. Volcamiento

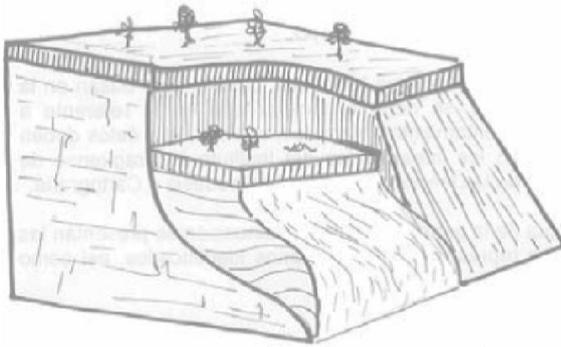


Figura 5. Deslizamientos rotacionales o circulares

e) Coladas o flujos

Son movimientos lentos sin cohesión alguna que mana a través de un viscoso fluido al superar su límite líquido, se logran desplazar a grandes distancias y pueden formarse en rocas y en cualquier material poco consolidado, principalmente pelíticas y esquistosas descompuestas.

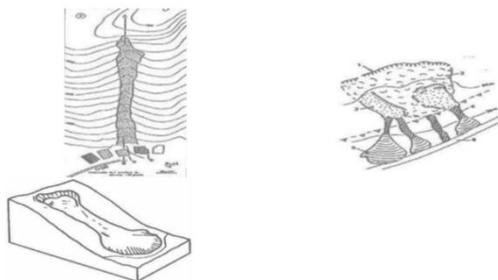


Figura 6. Coladas o flujos.

f) Deslizamientos Compuestos.

Es aquel movimiento que presenta a través de un mecanismo de movilización en los diferentes lugares en las que se produce el movimiento de masa.

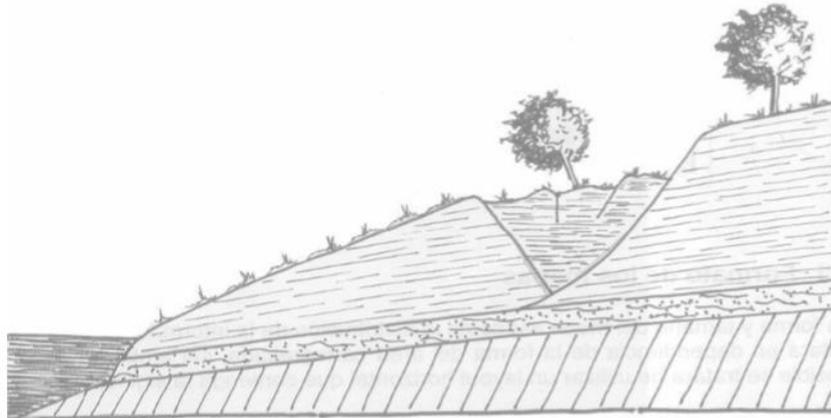


Figura 7. Deslizamientos compuestos.

Fuente: Corominas y García Yagüe, 1997.

Inestabilidad de taludes, Para Crespo, Braja y Suarez (2004), La inestabilidad de taludes se presentan en diferentes grupos, podemos encontrar esta inestabilidad de taludes tanto en rocas y en suelos y esto se debe a los esfuerzos actuantes, resistencia de los esfuerzos en el macizo rocoso que son ocasionados por la naturaleza y actividades humanas.

Según Herrera (2007) Para realizar un diseño de talud se debe tener en cuenta la seguridad tanto al usuario, como la certidumbre al desarrollo normal de las actividades, para que no pueda surgir una inestabilidad de taludes, por eso debe realizar estudios en el talud.

Para Watson (2005), “Un análisis de esfuerzos in situ puede proveer de información importante. Tiene que realizar todos los ensayos con la precisión y siendo muy minuciosos para poder tener resultados reales que reflejen el estado del macizo objeto de estudio” (p.10).

Para Sáenz (2017) En este caso la geotecnia es un aspecto relacionado a la estabilidad de un talud, está nos permite hacer un estudio de las causas de la inestabilidad, la cual es un aspecto relacionado a la estabilidad de un talud, está nos permite hacer un estudio de las causas de la inestabilidad.

Estas son las razones por lo que se produce la inestabilidad de un talud:

- Condiciones geológicas: meteorización, discontinuidades.
- Condiciones climatológicas: lluvias.
- Actividad humana: obras de ingeniería.
- Sismicidad.
- Geomorfología

Los factores que originan la inestabilidad de talud, llevan como consecuencias que se originen posibles desprendimientos, deslizamientos, expansión lateral, volcamiento, flujo, etc.

Morrales (2000), La geometría de un talud es muy importante para el análisis, ya que de ella dependerá la relación entre la carga que produce la inestabilidad y la resistencia del macizo rocoso.

Para el **Análisis de estabilidad de un talud**, Existen dos clases para realizar el cálculo, los Numéricos y el Equilibrio Límite. Para esta investigación se ha tomado en cuenta el cálculo por Equilibrio Límite ya que es admisible para estudios realizados en taludes de tipo suelo. En el anexo N° 27 se muestran los tipos de métodos para calcular la estabilidad de un talud.

Con respecto a **Equilibrio límite**, Este método considera el equilibrio plástico límite que admite obtener el factor de seguridad. A la vez este método se divide en métodos exactos, aproximados y no exactos, en este último encontramos el método de Bishop y Spencer, el cual se tomó en cuenta en esta investigación para calcular el factor de seguridad. Según Sackschewski (2017, p. 34) para calcular el factor de seguridad primero se deben determinar las propiedades geotécnicas de los materiales que se encuentran en el talud como el ángulo de fricción, la cohesión y el peso unitario.

Los Factores utilizados en el cálculo de equilibrio límite, Suarez (2009) menciona que los factores que afectan al talud en su estabilidad son los siguientes:

- La geometría del talud
- Cargas dinámicas causada por sismos
- Parámetros geológicos
- Cantidad de agua
- Presencia de fallas
- Propiedades de resistencia al corte
- Peso unitario del macizo rocoso.

No obstante, de lo mencionado no todos son considerados para utilizarlos en un modelo matemático del cálculo de Equilibrio Límite, ya que pueden producir resultados no satisfactorios.

Además, para este cálculo se debe tener en cuenta, al principal componente de un talud se le conoce como el Face Bench Angle (Mathis, 2014), el cual corresponde a un ángulo formado por la pared del talud y el plano horizontal. Hudtrulid et al (2013), indica que un ángulo adecuado para esta pared del talud debe estar entre los 40° a 70°, de tal manera que permita una buena estabilidad del talud y asegurar una operación segura tanto para personas como a equipos que están cercanos al lugar de operación. En la siguiente tabla se muestra condiciones de valores del factor de seguridad aceptables para distintas escalas del talud.

Tabla 1. Valores del factor de seguridad.

| Escala de Talud | Consecuencia de la falla | FS | PoF (P[FS ≤ 1]) |
|-----------------|--------------------------|------------|-----------------|
| Banco | Baja – Media | 1.1 | 25% - 50% |
| Inter-Rampa | Baja | 1.15 - 1.2 | 25% |
| | Media | 1.2 | 20% |
| | Alta | 1.2 - 1.3 | 10% |
| Global | Baja | 1.2-1.3 | 15% - 20% |
| | Media | 1.3 | 5% - 10% |
| | Alta | 1.3-1.5 | ≤ 5% |

Fuente: (Hudtrulid et al, 2013)

El **Factor de seguridad**, También llamado factor de amenaza, se calcula para que el talud falle en peores condiciones de su comportamiento para el cual se plantea (Gonzales, 2004). Fellenius (1922) lo detalla como la fuerza total que tiende a influir el deslizamiento y la proporción de la fuerza total dispuesta para oponer resistencia al deslizamiento; es decir:

$$FS = \frac{\text{Fuerza resistente}}{\text{Fuerza actuante}}$$

La condición que tiene este método es que el factor de seguridad sea igual a uno. Si es mayor a uno se dice que el talud es plenamente estable y si es menor el talud tiende a ser inestable. Se habla de un talud es estable, cuando las fuerzas que resisten son mayores que las fuerzas que actúan y será inestable si ocurriera el caso contrario. Es así que el factor de seguridad es un índice que detalla la inestabilidad o la estabilidad de un talud.

A continuación, se definen dos tipos de métodos de cálculo:

Método de Bishop (Bishop y Morgenster, 1967). Bishop (1960) demostró este método a través de Dovelas y tomando en cuenta el efecto de las fuerzas entre estas.

Este método es complejo y por ello que se usa una versión simplificada y es la siguiente expresión:

$$FS = \frac{\sum \left[\frac{C' \Delta l \cos \alpha + (W' - u \Delta l \cos \alpha) \tan \phi}{\cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi')} \right]}{\sum W \sin \alpha}$$

Donde, W el peso de cada dovela, b representa el ancho de la dovela, u la Presión de poros en la parte inferior de cada dovela, A el ángulo de la vertical y C' y ϕ' los parámetros de resistencia del suelo. Cabe indicar que en nuestra investigación utilizaremos tablas de referencia para obtener FS.

Método de Spencer (1960). Spencer expresa que la orientación de las fuerzas lindantes son semejantes en cada parte, compensando el equilibrio estático tomando que la resultante entre las partes posee inclinación firme pero no conocida. Se aplica a cualquier tipo de superficie de falla.

Es muy importante que la corrección de taludes se aplique, ya que en el rubro de la minería la inestabilidad de taludes es un problema a diario, estas soluciones deben dar mejora a la estabilidad, para un factor de seguridad establecido. Es por ello que a continuación se mostrará las soluciones recomendadas por IGME (1986).

A. Modificación de la geometría del talud. Si un talud su estabilidad es transitoria o es inestable, una solución para su corrección de está es él de modificar su geometría ya que al aplicar esta solución obtendremos un talud que resulte estable. Lo que busca esta modificación es:

- Reducir las fuerzas que tienden al desplazamiento del talud. Es decir, se reduce el volumen de la parte superior del deslizamiento.
- Aumentar la resistencia del terreno a través del aumento de las tensiones normales en las diferentes zonas favorables de la zona de rotura. Es decir, en el pie del talud incrementan el volumen.

Es una solución eficaz que es utilizable en casos extremados, se debe demostrar si al aplicar la solución el talud es estable o inestable.

Descabezamiento. Esta corrección radica en la eliminación de material de la cresta del talud, ya que en esa zona es donde contribuye más al movimiento del talud y menos a la resistencia del mismo. Este método es práctico y se emplea primordialmente si la excavación no muestra problemas serios que se debe tanto al acceso a la zona de excavación como a las propiedades del material.

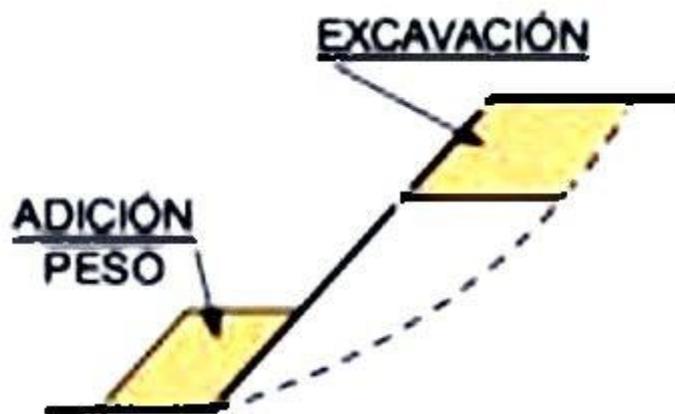


Figura 8. Descabezamiento.

Fuente: Geologiaweb

Bermas. Estas medidas se adecuan a menudo a taludes naturales, cuando se presagian movimientos del talud o la inestabilidad ya se está produciendo.

Sin embargo, estas no solo ocasionan un efecto positivo para que el talud sea estable, sino que también proporcionan un fácil proceso en su construcción y mantenimiento de este, además retienen la caída de fragmentos de rocas, y se sitúa en ella zanjas de drenaje para desalojar las aguas, el incremento de las presiones intersticiales y reducir su efecto erosivo.

En minería dentro del tema de taludes, las bermas son necesarias en el momento en el que se desarrolla la explotación. Para grandes minas a cielo abierto la anchura empleada es aproximadamente de 20 metros y la altura de banco para roca oscila en los 10 y 15 metros. Cabe indicar

que en minería encontraremos talud de banco y talud global. El de banco oscila entre 75° y 90° , y el talud global entre 10° y 50° .

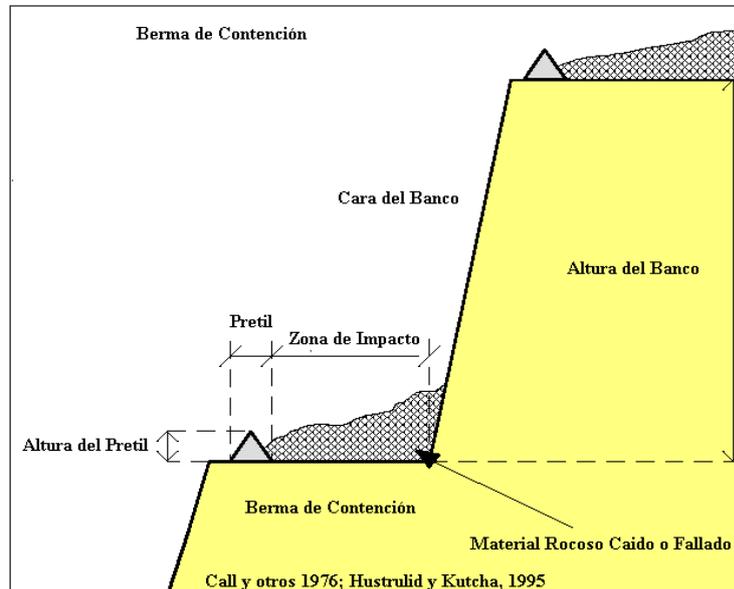


Figura 9. Descabezamiento.

Fuente: Ingeroc

B. Solución superficial

Esta medida se aplica en la superficie del talud mismo, este solo afecta a las capas más cercanas a la superficie de terreno y tienen primordialmente los siguientes fines:

- En taludes rocosos reduce las dificultades procedentes de las caídas de rocas.
- Evita la meteorización y la erosión de la superficie del talud.
- Frente a minúsculas roturas superficiales incrementa la seguridad del talud.

Mallas de guiado de rocas. Esta medida consta en poner sobre la superficie del talud mallas de alambre metálico para el control de caída

de rocas, esto permitirá dar protección tanto a las personas como a los bienes que están laborando u haciendo alguna otra cosa en el pie del talud. Los motivos de estas caídas de rocas son por excavaciones u otras obras civiles.

Las mallas retienen los fragmentos de roca, las cuales transportan los pequeños fragmentos desprendidos hacia el pie del talud. Se utiliza esta corrección cuando los fragmentos de rocas no son mayores de 0.6 a 1 metro.

Hay distintas formas de fijar la malla a la superficie de terreno entre las más conocidas tenemos postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o bulones los cuales son denominados sistemas de fijación

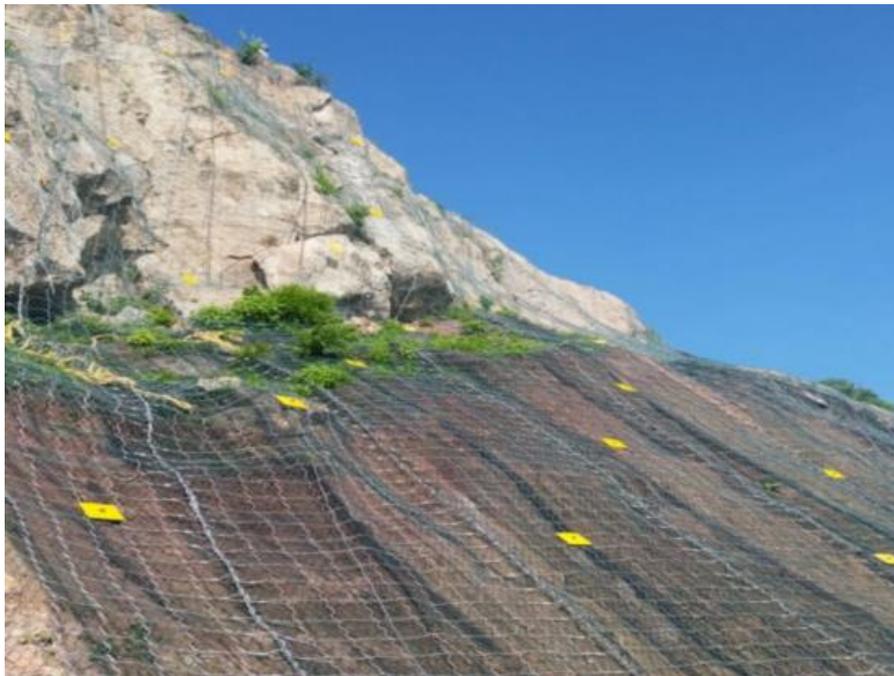


Figura 10. Malla de guiado de rocas.

Fuente: Maccaferri

Siembra de taludes. Otra manera de estabilizar un talud es a través de una cubierta vegetal en la superficie del talud, al aplicar esta solución

podemos obtener efectos positivos, de entre los cuales se pueden destacar las siguientes:

- La absorción de agua a través de las raíces de las plantas origina un drenaje de la copa superficial del terreno.
- La vegetación evita la erosión superficial, tanto hídrica como eólica.
- La vegetación produce un incremento de la resistencia a esfuerzos cortantes en la superficie del suelo que ocupa. La resistencia puede ser de 2,5 veces, el cual debemos tener en cuenta como un valor muestra.

La siembra de taludes impide que el talud este afectada por erosión y mejora la estabilidad frente deslizamientos superficiales. Para aplicar esta solución se emplean arbustos, árboles y hierbas. Estas deberán ser capaces de adaptarse al tipo de suelo y el clima, por ello es conveniente que las plantas con raíces largas y de alto grado de absorción, es decir, el mayor consumo del agua.

No es beneficioso dejar un talud de forma plana, es mejor que contenga salientes que ayuden de soporte. Cuanto más tendido este el talud más fácil es que retenga la humedad. Por ello es ventajoso arar los taludes cuya pendiente sea superior a 1(vertical) 3 (horizontal).



Figura 11. Siembra de talud.

Fuente: COMOPA

Además, de estas soluciones también, existen formas de Estabilización de taludes según la norma CE 020, el cual es una norma que establece las consideraciones técnicas mínimas, para mejorar la resistencia de los taludes, a través de diferentes tipos de maquinarias. La presente normativa es de forma necesaria para todo el territorio peruano, además requiere la aplicación para todos los estudios de estabilidad de los taludes.

Caserío. Se le denomina caserío al conjunto de viviendas o casas que componen una población, se concentra en el territorio nacional rural, que es identificado con un nombre y que sea habitado. Las personas que habitan se encuentran vinculados por intereses comunes ya sea de características económicas, sociales, culturales e históricos.

Características del Caserío. Según la Gerencia Regional de Planificación, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial un caserío tiene las siguientes características:

- Casas ubicadas en forma dispersa parcialmente o continúa.
- Centro educativo en funcionamiento.
- Población entre 151 y 1,000 habitantes.
- Servicios Sociales como el transporte, educación, energía y salud.
- Actividades económicas de comercialización y productivas.

Descripción del Caserío.

La investigación se desarrolla en el Caserío Las Canteras el cual se encuentra dividido en diferentes sectores sectores, cuenta con:

- 450 viviendas y 1000 habitantes.
- Teniente Gobernador y Agente Municipal que se encargan del desarrollo del distrito.
- Centros educativos en funcionamiento: I.E Inicial N°443, I.E Primaria José Averiado Quiñones Gonzales, I.E Secundaria María Céspedes Signol.
- Centro de atención de salud en funcionamiento: Posta Médica.
- Servicios sociales como electricidad, agua y recojo de residuos sólidos.

- Actividades económicas de comercialización y productivas como Las canteras y pequeños agricultores.

En cuanto a los tipos de daños que produce la inestabilidad de taludes a comunidades, en el Perú el 80% del territorio peruano es altamente susceptible a los diferentes tipos de movimientos generados por la inestabilidad de taludes, en los que parte de una pendiente se desplazan hacia el pie de talud por el efecto de la gravedad (CENEPRED,2018).

De acuerdo al mapa de susceptibilidad del CENEPRED, se producen tres tipos de movimientos, que son: deslizamientos, huaycos (coladas) y reptación de suelos.



Figura 12. Susceptibilidad a los movimientos en masa.

Fuente: CENEPRED

- **Deslizamiento.** Son desplazamientos que se originan al disminuir la resistencia del material este lugar en una o varias superficies.

Este desplazamiento es creciente, produciéndose primero una rotura local en el cual la masa realiza un movimiento a un trayecto variable de la zona principal de rotura, extendiendo el talud.

Deslizamiento Rotacional. Este movimiento se realiza a través de una zona interna de un carácter cóncavo o circular; es decir, tiene un entorno rotacional, que se origina cerca de un eje preparado paralelo al talud.

Deslizamiento Traslacional. Este tipo de movimiento realiza un movimiento hacia abajo y afuera a través de una superficie plana o poca ondulada, con pequeños movimientos de rotacionales. Estos movimientos están controlados por fracturas o fallas, el cual influye en la diferenciación de la resistencia entre estratos de distinto grado de meteorización, diferente grado de naturaleza, diferentes tipos de relleno de fracturas o fallas, entre otros.

- **Colada o flujo.** Este movimiento se puede producir tanto en roca como en suelo: En roca son proporcionados de macizos que contienen estratificación, con una habilidad propensa a realizar fenómenos de flexión y que han sufrido un intenso plegamiento, es por ello que pueden considerarse como coladas de roca intacta. Por otro lado, en tipo suelo consta de una serie de componentes que tienden a variar. Así el contenido en agua y la granulometría del material son los dos componentes más definitivos en el proceso de este tipo de desarrollos.
- **Reptación.** Consta en deformaciones continuas, superficiales y muy lentas, que pueden originarse en conjunto a otros tipos de movimientos. Se diferencia de un deslizamiento, por el movimiento lento que realiza, además la reptación es sin superficie de falla.
- **Pérdidas humanas.**

Estos hechos producidos por la inestabilidad del talud pueden traer consecuencias como las pérdidas humanas, accidentes e incidentes, ya que si se produce un deslizamiento o una colada y una persona o animal

está cercana a los taludes puede ocurrir un accidente que le puede causar hasta la muerte.

- **Pérdidas materiales.**

Si ocurre un deslizamiento o colada estas pueden afectar a casas, criaderos y chacras cercanas a la cantera pudiendo destruirlas sin reparo alguno

Las **Medidas de prevención y control**, según Kockelman y Schuster (1996) propusieron una serie de metodologías para la reducción de amenazas causadas por la inestabilidad de taludes utilizando sistemas de prevención, las cuales requieren políticas de estado de la concientización y colaboración de las comunidades. No obstante, la eliminación total de esta amenaza no es posible mediante los métodos preventivos y por ello requiere medidas de control para la estabilización de taludes

Prevención. Para prevenir esto debe haber más preocupación por el estado, que exija leyes y un plan de manejo para esta amenaza. A continuación, se mostrarán cuatro estrategias para reducir la amenaza:

- **Disuasión.** Es un método que es efectivo cuando la comunidad participa apropiadamente, pero es difícil el control de componentes sociales y socioeconómicos.
- **Planeación de la tierra del uso.** Solo se emplea en zonas urbanas y de fácil implementación, pero no se aplica cuando existió el riesgo.
- **Códigos técnicos.** Es un método muy útil ya que utiliza un debido control de amenazas.

- Alarma y aviso. Reduce en forma el riesgo de manera considerable cuando es urgente, pero se emplea después de ocasionado el fenómeno.

La prevención permite el manejo de la amenaza y se necesita una base técnica sobre la amenaza y una comunidad y estado que sean conscientes del problema y el beneficio de las estrategias mencionadas.

Omisión de la Amenaza. Esto consiste en evadir que los componentes en riesgo sean exhibidos a la amenaza.

- Remoción parcial del fenómeno. Remueve el macizo rocoso subsuperficial inestable cuando es una proporción pequeña.
- Remoción total del fenómeno. Es efectivo cuando se trata de cantidades pequeñas, pero si no es así puede producir nuevos movimientos.
- Variantes. Se recomienda en proporciones grandes, resulta si es económico desarrollarlo y puede ser costoso.

Políticas del estado para el control de la amenaza. Para controlar esta amenaza se muestran las siguientes políticas:

- En algunos departamentos del Perú existen reglas que exigen a las personas que vendan propiedades amenazadas, que detallen la amenaza que están expuestos.
- Es muy importante que la comunidad se les brinde información sobre las amenazas, para que así estas pueden actuar contra esta amenaza a través de un control.
- El estado tiene que prohibir los servicios públicos para zonas afectadas como el alcantarillado, luz eléctrica, vías de acceso, entre otros.

- Los Regímenes locales deben restringir la edificación de bienes públicos, tales como, vías, energía eléctrica, alcantarillado, etc., en áreas dispuestas a riesgos.
- El Estado puede poner avisos que alerten a la comunidad sobre las amenazas que ocurren en esa zona.

Como **Formulación del Problema** tenemos, ¿De qué manera el análisis de estabilidad de taludes, ayudará a evitar daños al Caserío Cercano a la Cantera El Arenal, Pátapo?

Las razones que impulsan al desarrollo del presente trabajo de investigación son de carácter Personal, Teórico y Social. Personal puesto que hay un interés en conocer más sobre el tema de estabilidad de taludes para así saber más sobre el problema vinculado con la inestabilidad de taludes el mismo que genera deslizamientos, derrumbes, desprendimientos, flujos, volcamientos y separaciones laterales los cuales afectan tanto a la persona, propiedad y medio ambiente. Teórica, porque será imprescindible recurrir al recojo de información teórica para conocer sobre el tema de estabilidad de taludes. Se habla de inestabilidad de un talud, cuando se produce un movimiento de masa rocosa, sufriendo una modificación con respecto a su estabilidad debido a alguna intervención ya sea natural o por actividad humana. (Catanzariti, 2016). Social, porque este trabajo de investigación tratará de evitar daños que pueda ocasionar la inestabilidad de taludes al caserío cercano, y así evitar futuros conflictos entre empresa y comunidad.

La importancia que tiene este trabajo de investigación se orienta en analizar la estabilidad de taludes mediante equilibrio límite para evitar daños al caserío cercano a la cantera, para ello se zonificará de acuerdo a las características geológicas estructurales del terreno de estudio, se describirá los factores que

afecten la estabilidad de taludes, se aplicará el método de equilibrio límite. Así mismo se indicará las posibles soluciones a los taludes inestables.

En la presente Investigación se plantean las siguientes **Hipótesis**

H 1: Que mediante la aplicación del método de equilibrio límite se podrá determinar la inestabilidad de los taludes cercanos a la Cantera El Arenal.

H a: Determinando la inestabilidad de los taludes se podrá dar solución para evitar daños al caserío cercano a la Cantera El Arenal, Pátapo.

En cuanto a los Objetivos del trabajo, como **Objetivo General** se tiene, Realizar un análisis de la estabilidad de taludes mediante el equilibrio límite para evitar daños al caserío cercano a la Cantera El Arenal y como **Objetivos Específicos** tenemos:

- Zonificar de acuerdo a las características geológicas estructurales del terreno de estudio.
- Describir los factores que afectan a la estabilidad de los taludes.
- Determinar los tipos de movimientos generados por la inestabilidad de talud.
- Aplicar el método del equilibrio límite.
- Recomendar soluciones a la empresa para reducir la inestabilidad de taludes.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación de acuerdo a los objetivos formulados y características, es del tipo cuantitativo con el tipo de investigación transversal o transeccional y según Hernández, Fernández y Batista (2015) indica que es una investigación de manera observacional y descriptiva, ya que es medido en prevalencia de la exposición y del efecto en una muestra poblacional en un solo momento; es decir, tiene como tarea considerar la magnitud y distribución del problema. Este diseño es apropiado cuando la investigación se concentra en analizar el nivel de una o diversas variables en un tiempo dado.

2.2. Operacionalización de Variables

2.2.1. Variables

- **Variable Independiente.** Estabilidad de Taludes mediante el Equilibrio Límite

La estabilidad de taludes investiga sobre la posible inestabilidad u estabilidad de un talud este será estable dependiendo del material en el que este compuesto o las discontinuidades que se presenten (Corrales, et al., 2013).

IGME (1986) entiende “que el método de Equilibrio Límite, nos permitirá analizar casos de falla rotacional, falla traslacional, así como fallas en cuña y fallas de inclinación que afectan a la estabilidad del talud” (p, 37).

La condición que tiene este método es que el factor de seguridad sea igual a uno. Si es mayor a uno se dice que el talud es

plenamente estable y si es menor el talud tiende a ser inestable. Se habla de un talud es estable, cuando las fuerzas resistentes son mayores que las fuerzas actuantes y será inestable ocurrirá el caso contrario. Es así que el factor de seguridad es un índice que detalla la estabilidad o inestabilidad de un talud.

- **Variable Dependiente.** Daños al Caserío

Se le denomina caserío al conjunto de viviendas que componen una población, el cual se concentra en el territorio nacional rural, que es identificado con un nombre. Las personas que habitan se encuentran vinculados por intereses comunes como características sociales, económicas, culturales e históricas. (Gerencia Regional De Planificación, Presupuesto Y Acondicionamiento Territorial, 2013)

Los daños que se pueden producir en el caserío es por la inestabilidad de taludes y pueden causar tanto pérdidas humanas y pérdidas materiales. Las pérdidas humanas están relacionadas a accidentes o incidentes producidos por movimientos de taludes a tal manera de causar la muerte. Con respecto a las pérdidas materiales, estos movimientos pueden perjudicar bienes materiales como casas, criaderos y chacras de tal manera de que puede destruirlas sin reparo alguno.

2.2.2. Operacionalización

Tabla 2. Variable Independiente.

| VARIABLE INDEPENDIENTE | DIMENSIÓN | INDICADOR | TÉCNICA | INSTRUMENTO |
|--|--|---|------------------------------------|---|
| ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE EL EQUILIBRIO LIMITE | Zonificación | Geología regional. Geología local. Estratigrafía. | | |
| | Factores que afectan la estabilidad del talud. | Recursos Naturales Presencia de agua Act. Biológica Act. De extracción | | |
| | Clasificación de los movimientos del talud | Derrumbes. Deslizamientos Flujos. Volcamiento. Reptación de suelos. | Observación Análisis documental | Guía de Observación. Guía de análisis documental |
| | Equilibrio Limite | Factor de seguridad. Métodos | | |
| | Soluciones | Corrección por modificación de la | | |

geometría del talud.

Corrección superficial

Norma CE 020

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. Variable Dependiente.

| VARIABLE DEPENDIENTE | DIMENSIÓN | INDICADOR | TÉCNICA | INSTRUMENTO |
|----------------------|---|--|------------|--------------------|
| | Tipos de movimientos de la inestabilidad del talud que afecta al caserío. | <ul style="list-style-type: none"> • Deslizamiento • Colada o flujo en época de lluvia. • Reptación | | |
| DAÑOS AL CASERÍO | Consecuencias | <ul style="list-style-type: none"> • Pérdidas de vidas humanas • Pérdidas materiales | Entrevista | Guía de entrevista |
| | Medidas | <ul style="list-style-type: none"> • Prevención • Control • Políticas del estado | | |

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Población, muestra y muestreo.

2.3.1. Población

La población de estudio está constituida por todos los taludes que pertenecen a la Cantera EL ARENAL. Se tomó en cuenta si los taludes son estables e inestables. Las viviendas, criaderos cercanos a los taludes de la cantera.

2.3.2. Muestra

La muestra está formada por dos taludes divididos en 5 tramos cada uno, que están cercanos al Caserío Las Canteras.

La elección de la muestra se realizó considerando el Criterio de selección tanto de Inclusión y de Exclusión.

Criterio de Inclusión:

- Taludes Inestables.
- Taludes cercanos a las viviendas del Caserío
- Los pobladores mayores de edad que viven cerca de la Cantera.
- Además, para mayor información para esta investigación se tuvo en cuenta la opinión de los comuneros mayores de 18 años, de ambos sexos.

Criterio de Exclusión:

- Taludes Estables.
- Pobladores que viven lejos de la Cantera
- Taludes alejados de viviendas.

2.3.3. Muestreo

Para esta investigación se utilizó la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia Malhoptra (2004) dice que consiste en “obtener una muestra de elementos a conveniencia, donde la selección se deja al entrevistador y los encuestados pueden ser seleccionados porque se encuentran en el momento y tiempo adecuado” (p.321). En la investigación se realizó el muestreo no probabilístico ya que se eligió por conveniencia en que taludes trabajar para realizar nuestro estudio de Inestabilidad.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

En la recolección de datos para la siguiente investigación se utilizaron las siguientes técnicas:

- **Técnica de investigación documental, consistió** en la selección y recopilación de información por medio de la crítica y lectura de materiales bibliográficos como tesis, libros, artículos de investigación digitales que son accesibles mediante la vía web, bibliotecas, entre otra información. (Arias, 2012) de la Cantera El Arenal, Pátapo.

Para ello se utilizó dos guías de análisis documental, la primera para la recopilación de datos geológicos como la geología regional, geología local y geomorfología (Ver Anexo N°) y la segunda para seleccionar datos de los parámetros de los taludes de estudio (Ver Anexo N°).

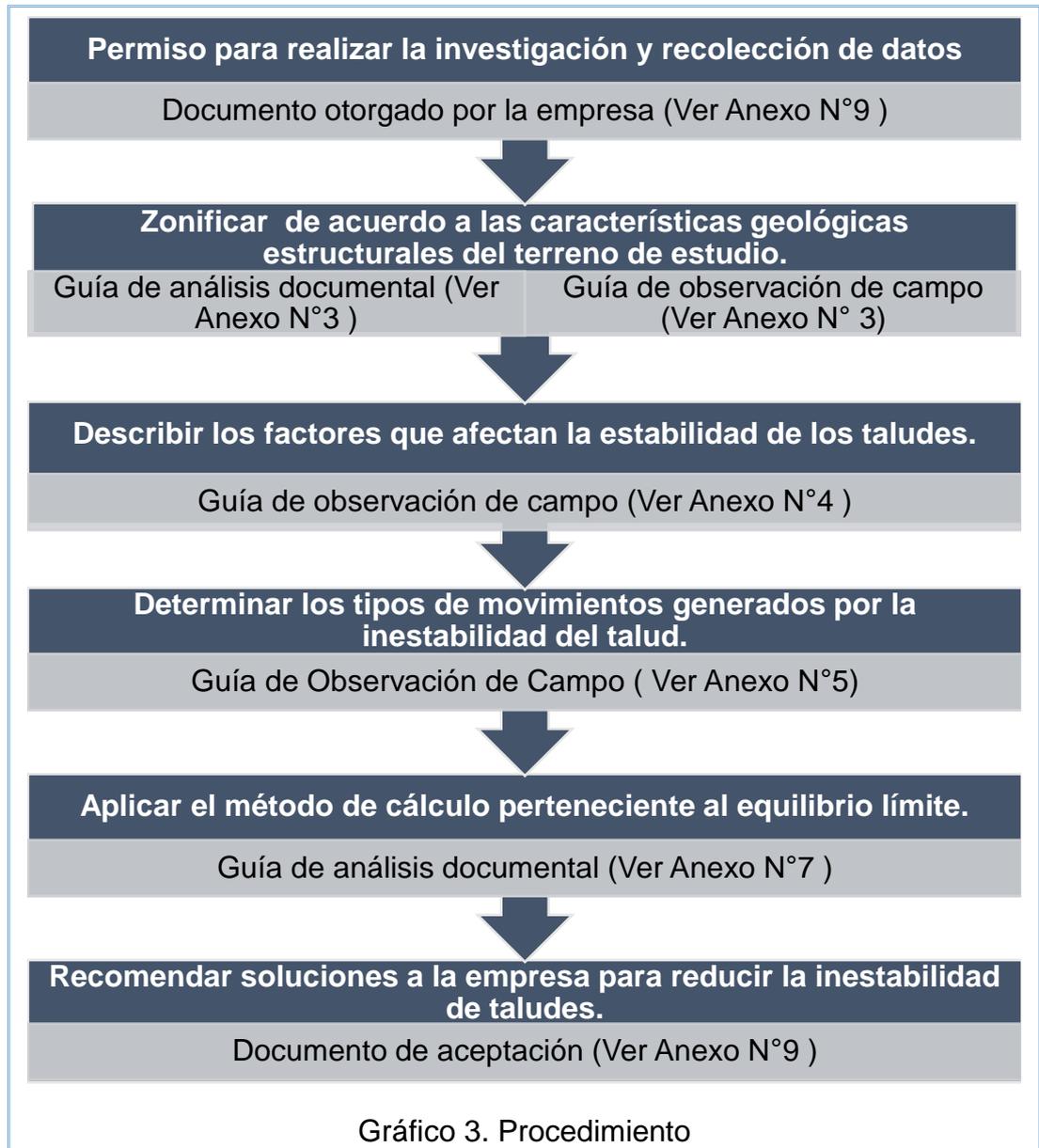
- **Técnica de Observación,** con esta técnica se obtuvo información directa del contexto en la que se realizó la investigación ya que permitió observar los taludes cercanos al caserío de la cantera “EL ARENAL”, para conocer de forma detallada como se encuentran los taludes.

Se utilizó tres guías de observación de campo, la primera guía abordó el registro de estratigrafía de los taludes (Ver Anexo N° 7), el segundo trato acerca de los factores que afectan la estabilidad del talud (Ver Anexo N° 4) y el último abarcó los tipos de movimientos que origina la inestabilidad de taludes (Ver Anexo N°5).

- **Técnica de entrevista:** con esta técnica se logró reunir información resaltante de primera mano haciendo uso de esta entrevista a las personas que habitan las viviendas cercanas a la cantera EL ARENAL en la cual se respaldó en el instrumento de la guía de entrevista.

Se empleó una guía de entrevista dirigida a 15 personas que viven cerca de la cantera El Arenal, para conocer la realidad acerca de la problemática de esta investigación, ya que están presentes los hechos (Ver Anexo N° 23).

2.5. Procedimiento.



Fuente: Elaboración Propia.

2.5.1. Descripción de Procesos.

Para realizar un análisis de estabilidad de taludes, primero se tuvo que zonificar la zona de estudio, describir los factores que afectan la estabilidad de los taludes, determinar los movimientos producidos por la inestabilidad, aplicar el método de equilibrio límite y por último recomendar una solución a la empresa para evitar daños al caserío cercano a la cantera El Arenal.

- **Permiso para realizar la investigación y recolección de datos**

La empresa otorgó el permiso para realizar la investigación. Además de permitir recopilar todos los datos necesarios para la investigación.

- **Zonificar de acuerdo a las características geológicas estructurales del terreno de estudio.**

Mediante una guía de análisis documental permitió zonificar las áreas a través de la geología regional y local. También se utilizó la guía de observación de campo permitió obtener las diferentes unidades estratigráficas.

Este objetivo se realizó utilizando la información brindada por la empresa donde se realizó la investigación. Para la elaboración del plano se hizo uso del software ArcGis, en el cual se representó los planos de geología regional y local.

Además, se registró de cada talud para obtener la información estratigráfica.

- **Describir los factores que afectan a la inestabilidad del talud.**

A través de la Guía de Campo logramos identificar cuáles son los factores que afectan la estabilidad del talud. También empleamos una entrevista, que fue realizada a los pobladores que viven cerca

de la cantera el arenal y están expuestos a los taludes. Se realizó esta entrevista para sensibilizar a los pobladores y darles a conocer acerca del problema y prevenirla.

- **Determinar los tipos de movimientos generados por la inestabilidad del talud.**

Para poder determinar los tipos de movimientos generados por la inestabilidad del talud utilizamos una Guía de Observación de campo, lo cual nos arrojó que el talud está expuesto a que ocurran deslizamientos, desmoronamientos y derrumbes.

- **Aplicar el método del cálculo del Equilibrio Límite.**

Se aplicó el método del Cálculo del Equilibrio Límite en donde se empleó una Guía de Análisis Documental, para obtener los parámetros para el cálculo del equilibrio límite como el tipo de material, el ángulo del talud, altura del talud, peso específico del material, cohesión, ángulo de fricción.

Además, se utilizó el software Slide 6.0 para calcular el equilibrio límite y obtener el factor de seguridad de cada talud. Cabe indicar que se empleó dos métodos: el método de Bishop Simplificado, que pertenece al método de dovelas aproximado y el método de Spencer, que pertenece al método de dovelas preciso

2.6 . Métodos de análisis de datos

Es fundamental considerar estos métodos en el trabajo de investigación entre los que destacan el analítico, estadístico y el sistémico.

Método analítico: Con este método se logró caracterizar el problema y a la vez entender en toda su magnitud el análisis de estabilidad de taludes a través de los componentes de un todo que será investigando para poder observar las causas, la naturaleza y los efectos del hecho observado.

Método sistemático: este método nos ayudó a dar un orden en base a reglas y formatos previamente establecidos, el cual permitió tener una mejor comprensión sistemática de la problemática planteada.

Método Estadístico. Dentro esta investigación también se utilizó el método estadístico que consta en una serie de procedimientos para manejar datos cuantitativos mediante las técnicas de recolección, descripción y análisis. Además permitió comprobar la hipótesis.

Esta información que se procesó ayudo a dar un orden teniendo en cuenta los diferentes tipos de investigaciones e interpretar toda la información recaudada con base a los planteamientos teóricos, el cual es la base de la investigación realizada.

2.7. Aspectos éticos

De acuerdo a lo establecido por la Universidad César Vallejo Filial Chiclayo y al origen de la investigación los aspectos éticos a considerar en la investigación son los siguientes.

- **Manejo de fuentes de consulta:** se utilizó fichas bibliográficas con datos completos en algunos casos. Por otro lado, es prioritario que todos los archivos se exhiban según las fuentes de donde se han obtenido, haciendo uso de citas textuales y paráfrasis, de este modo destacará los aportes de diferentes autores e interpretarlos.
- **Claridad en los objetivos de la investigación:** se tuvo en cuenta los objetivos planteados desde el principio de esta investigación para expresar el propósito de este.
- **Transparencia de los datos obtenidos:** esta investigación muestra el problema y sus causas tal cual se observa sin alguna modificación, y considerando que a interpretación que demos no distorsione la realidad.
- **Confidencialidad:** es fundamental este criterio es por eso que en la investigación se respeta el anonimato sobre todo proteger que los datos adquiridos sean de un carácter científico.
- **Profundidad en el desarrollo del tema:** se buscó diferentes posturas con respecto al tema de investigación, teniendo en cuenta indagar, obteniendo nueva información importante para el dominio de la investigación.

III. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de los instrumentos y considerando los objetivos de la investigación.

3.1. Zonificación de acuerdo a las características geológicas estructurales del terreno de estudio.

- **Geomorfología**

El área de emplazamiento de la cantera presenta en toda su extensión una planicie ondulada a disectada – Llanura ondulada y una vertiente Montañosa empinada a escarpada.

Las unidades geomorfológicas se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 4. Descripción geomorfológica que ocupa el área del proyecto.

| Simbología de la geomorfología | Unidad geomorfológica. |
|---------------------------------------|--|
| Llo-b | Planicie Ondulada a Disectada – Llanura ondulada. |
| Vc-e | Colina y Montaña – Vertiente montañosa empinada a escarpada. |

Fuente: IGAC

Descripción de las unidades geomorfológicas.

Planicie Ondulada a Disectada – Llanura ondulada (Llo- b)

Presenta un territorio llano a suavemente ondulado que ha resultado de la acumulación de sedimentos clásticos del Terciario superior y Cuaternario. Este territorio se halla disectado por numerosos valles

transversales que separan amplias superficies planas conocidas regionalmente con el nombre de pampas.

En el área del presente proyecto esta unidad geomorfológica, presente superficie plana con suaves hondonadas o depresiones a las que convergen quebraditas secas, anchas, de fondo plano y casi superficial.

Colina y Montaña – Vertiente montañosa empinada a escarpada (Vc-e)

Paralelamente al litoral del pacífico se extiende por toda la costa peruana, una faja montañosa de relieve moderado que ha sido denominada Cordillera de la Costa y que en opinión de algunos autores (Lisson 1925, Steinmann 1930), constituye los restos de un antiguo macizo que primitivamente se extendía como tierra firme por una distancia considerable hacia el Oeste de la línea actual de la Costa.

Regionalmente esta cordillera está formada por gneis y esquistos antiguos y por depósitos del Paleozoico superior, en las cimas de estos cerros se presentan truncadas por erosión y cubiertas por depósitos recientes, mientras que el resto del área se caracteriza por su topografía suave, de colinas más o menos redondeadas y un drenaje dendrítico muy irregular.

Por otro lado, un sistema de fallas transversales de tipo normal ha fracturado este macizo en bloques, dando lugar a la formación de áreas elevadas y depresiones que de un modo general han influido en el desarrollo de las formas topográficas actuales.

- **Geología Regional**

A continuación, se describe la formación y depósitos aluviales que presenta la región Lambayeque, donde se encuentra la presencia de areniscas, calizas, conglomerados, tobas volcánicas y arcillas.

Tabla 5. Descripción de las unidades Geológicas de las concesiones mineras.

| Código | Descripción de la geología | Litología |
|-----------------|-----------------------------------|--|
| Qr-al | Depósitos aluviales | Conglomerado no consolidado de matriz limo-arenosa, siendo frecuente observar la ocurrencia de capas lenticulares de arcillas. |
| Ks-to/gd | Rocas intrusivas | Constituido por granodioritas, tonalitas, granitos y dioritas. |

Fuente: IGAC

Descripción de las unidades geológicas

a) Depositos aluviales (Qr-al)

Pardo y Sanz (1979) en el valle del río La Leche, describen una secuencia marina carbonatada y la dividen en dos series: La serie del Triásico superior, constituido por dos miembros llamados miembro Calabozo y miembro la Calzada y la serie del Jurásico inferior denominada como miembro Mochumí Viejo. Estas rocas afloran en un grosor aproximado de 1240 metros y sus mejores exposiciones se encuentran en Jayanca y Olmos, en los cerros La Traposa, Calabozo de los distritos de Pítipo, Pátapo Y Chongnoyape.

La litología corresponde a una secuencia de inferior de areniscas de grano fino, que pasan progresivamente a secuencias de calizas negras bituminosas gris oscuras parcialmente silicificadas y chert asociadas a una fase nodulosa, con niveles delgados de tobas. La parte superior se

caracteriza por el predominio de calizas negras bituminosas con olor fétido intercalado con delgados niveles negros de lutitas, los afloramientos entre la localidad de Boca Chica y cerro Calera exhiben secuencias de calizas fosilíferas color gris muy esquistosas con nódulos de chert y venillas, además algunos estratos presentan slumps.

b) Ks-to/gd

El batolito de la costa (Ks-to/gd) está orientado en rocas sedimentarias y volcánicas sedimentarias del Jurásico y Cretácico. La mayor parte de los cuales se encuentran como techos colgantes. Las rocas intrusivas de la región Lambayeque, corresponden principalmente al complejo intrusivo del Batolito de la Costa. La edad de ellas corresponde al cretáceo, al Paleógeno y Neógeno. Son rocas ígneas del cretácico, consta definitiva de rocas básicas (gabros, monzonitas, diorita, dacita, etc), las rocas del Paleoceno y de la serie Oligoceno y Plioceno, están constituidos por los plutones de los sectores de Jayanca e Incahuasi está principalmente en cuerpos grandes de tonalita y granodiorita con algunas facies de diorita.

- **Geología local**

El área está en su mayoría constituida por material de depósitos aluviales (areniscas, calizas y cantos rodados) originados de depósitos aluviales, y también encontramos material perteneciente al batolito de la costa, que está compuesta por granodioritas, tonalitas, granitos y dioritas.

En la zona de la influencia directa de la concesión Minera Cantera El Arenal, se encuentra una zona de depósitos aluviales (Qr – al), zona de depósitos fluviales (Qr– fl), zona de depósitos eólicos (Qr-e), pertenecientes a la época reciente del Cuaternario, Cenozoico, también podemos apreciar afloraciones de la formación volcánica Oyotun J-VO, del periodo superior medio, inferior jurásico mesozoico, est abarca los cerros piedra Blanca y Piedra Azul, también se aprecian en el cerro Pátapo, afloraciones de ademalita Kd – sd, pertenecientes al periodo superior, cretáceo, mesozoico.

- **Estratigrafía**

Tabla 6. Estratigrafía de Talud N° 1.

| TRAMO | LONGITUD DE ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | DESCRIPCIÓN |
|-------|-------------------------|----------------|-------------------------------------|
| 1 | 0.5 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 1.6 | | Arena Densa |
| | 2.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 0.9 | | Arena Densa |
| | 0.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| 2 | 0.5 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 1.6 | | Arena Densa |
| | 2.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 0.9 | | Arena Densa |
| | 0.4 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| 3 | 0.6 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 1.3 | | Arena Densa |
| | 2.3 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 0.1 | | Arena Densa |
| | 0.6 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| 4 | 0.6 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 1.1 | | Arena Densa |
| | 2.4 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 1 | | Arena Densa |
| | 0.7 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| 5 | 0.7 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 1.4 | | Arena Densa |
| | 2.6 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 0.8 | | Arena Densa |

| | | |
|--|-----|-----------------------------------|
| | 0.5 | Arena y Gravas medias compactadas |
|--|-----|-----------------------------------|

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. Estratigrafía de Talud N° 2

| TRAMO | LONGITUD DE ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | DESCRIPCIÓN |
|-------|-------------------------|----------------|-------------------------------------|
| 6 | 1.2 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 0.5 | | Arena Densa |
| | 2.7 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 0.9 | | Arena Densa |
| | 0.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| 7 | 1.2 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 0.5 | | Arena Densa |
| | 2.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 0.9 | | Arena Densa |
| | 0.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| 8 | 1.0 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 0.5 | | Arena Densa |
| | 2.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 0.9 | | Arena Densa |
| | 0.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| 9 | 1.0 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 0.5 | | Arena Densa |
| | 2.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 0.7 | | Arena Densa |
| | 0.5 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| 10 | 1.0 | NO | Arena y Gravas pequeñas compactadas |
| | 1.0 | | Arena Densa |
| | 2.0 | | Arena y Gravas medias compactadas |
| | 0.5 | | Arena Densa |

| | | |
|--|-----|-----------------------------------|
| | 0.5 | Arena y Gravas medias compactadas |
|--|-----|-----------------------------------|

Fuente: Elaboración Propia

En estas tablas se muestran la información sobre la estratigrafía, cabe indicar que cada tabla representa a los dos taludes de estudio, los cuales se dividieron en cinco tramos cada uno. La información tomada en cuenta es sobre la ubicación, la longitud de los estratos, el nivel freático y la descripción.

3.2. Descripción de los factores que afectan a la estabilidad de los taludes.

Para este objetivo se trabajó con una entrevista y una guía de observación, los cuales nos permitieron recolectar datos acerca de los factores que afectan al talud. Con respecto a la entrevista participaron los pobladores que viven cerca de la cantera y se ven afectadas por taludes, y la guía en el cual se observó de manera diaria la situación; es decir los factores que afectan a los taludes. A continuación se mostrarán gráficos correspondientes tanto a la entrevista como la guía de observación.

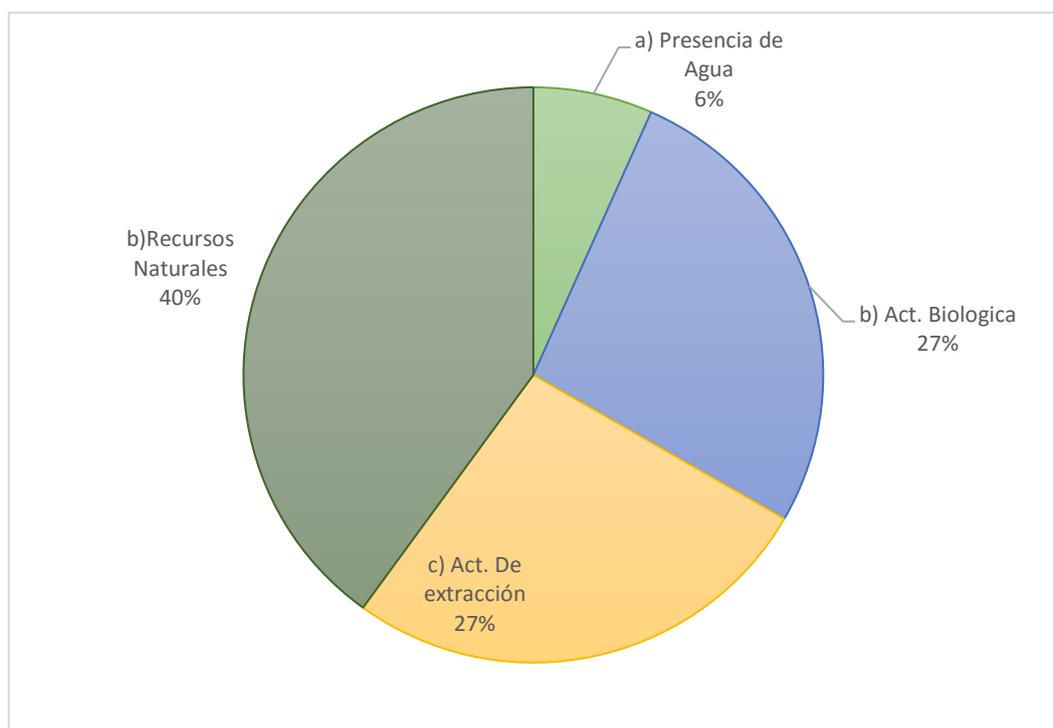


Gráfico 4. Factores que afectan la estabilidad del talud según pobladores.

Fuente: Elaboración Propia

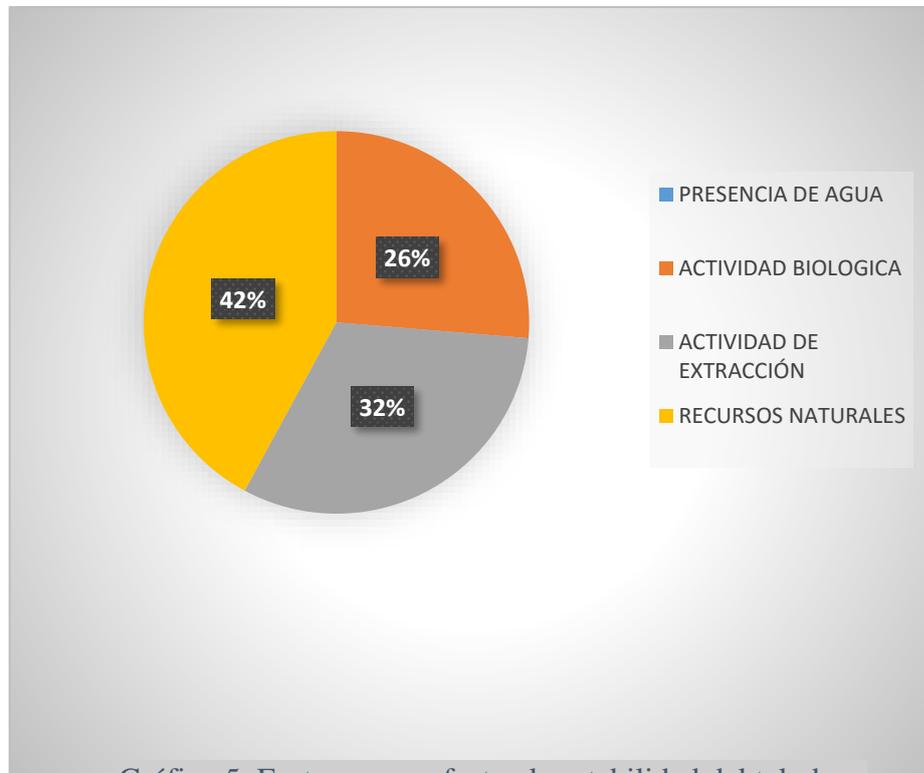


Gráfico 5. Factores que afectan la estabilidad del talud.

Fuente: Elaboración Propia

Los gráficos nos muestran los factores que afectan la inestabilidad del talud, lo cual se ha realizado utilizando dos técnicas. En el Gráfico 4, es la técnica de la entrevista realizada a los pobladores que habitan cerca de la cantera y se ven afectados por los taludes, en la cual indicaron que el mayor factor que afecta a la inestabilidad del talud son los Recursos Naturales con un 40%, seguida de la actividad de Extracción con un 27%, Actividad Biológica con un 27 %, y por último la presencia de agua con un 6%.

En el gráfico 5, se realizó a través de una guía de observación en la cual hallamos que el factor principal son los Recursos Naturales con un 42% de posibilidad que este afecte la inestabilidad del talud, como segundo factor

Actividad de Extracción con un 32%, Actividad Biológica con un 26% que esta afecte al talud y por último no encontramos la presencia de agua.

La similitud que presentaron ambos gráficos es el principal factor que afecta la inestabilidad del talud que son los Recursos Naturales, y el factor que menos afecta es la Presencia de Agua.

3.3. Determinación de los tipos de movimientos generados por la inestabilidad del talud.

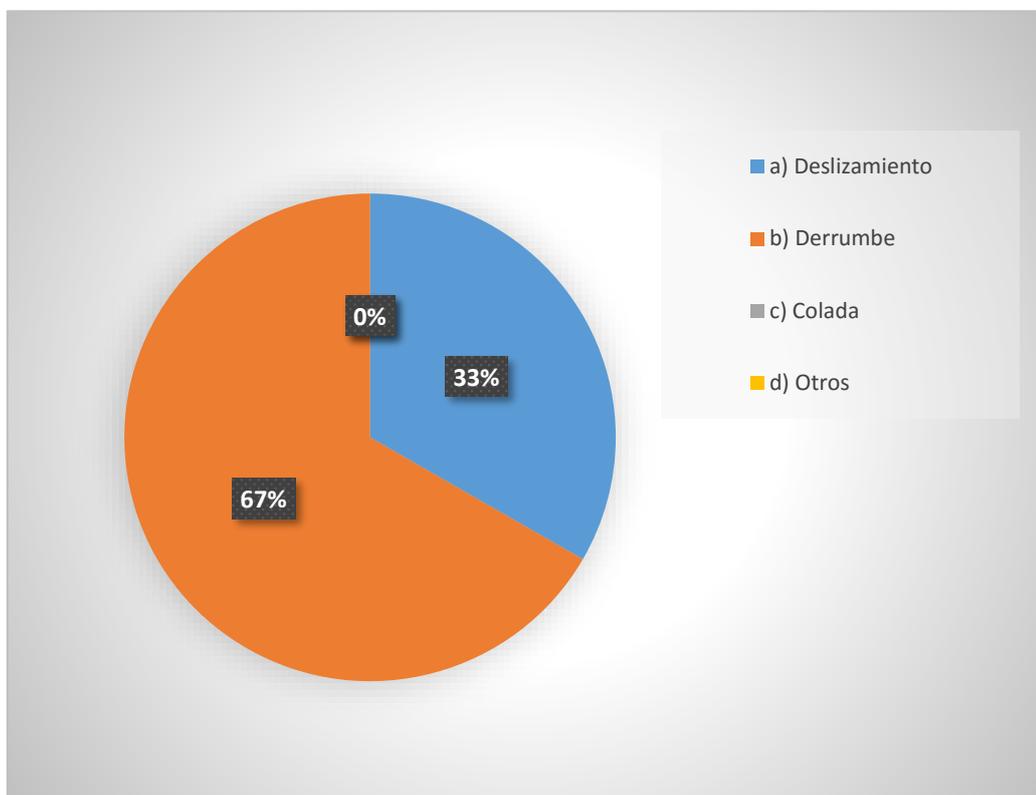


Gráfico 6. Tipo de movimiento que ha sufrido el Talud según los Pobladores.

Fuente: Elaboración Propia

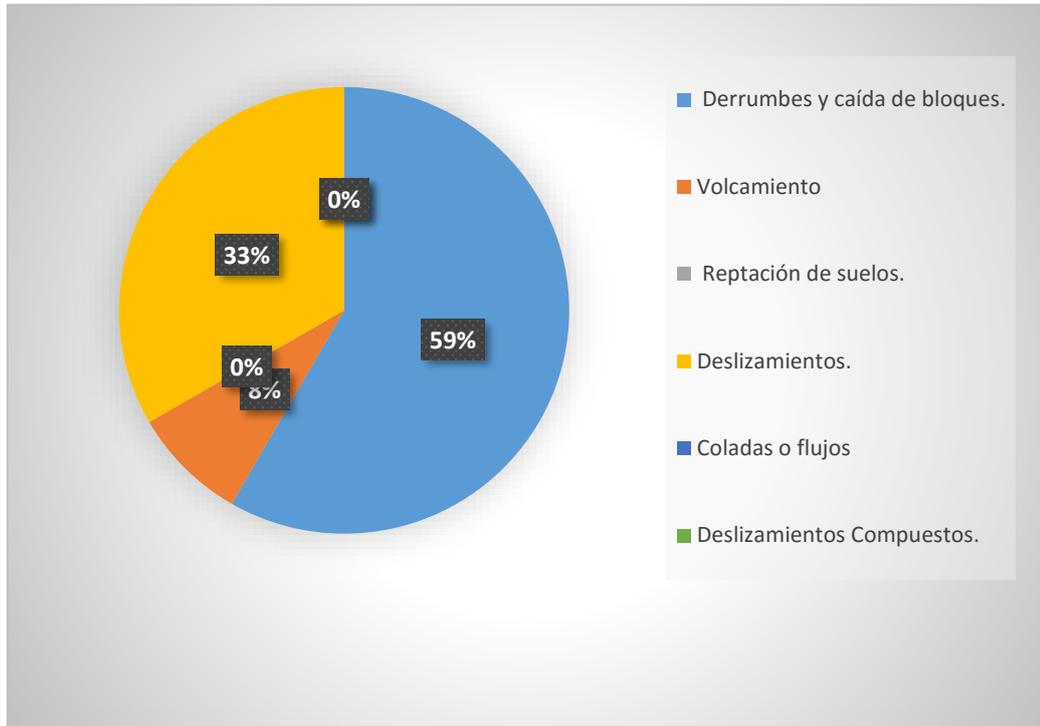


Gráfico 7. Movimientos del talud según Guía de Observación.

Fuente: Elaboración Propia

En el Gráfico 6, los pobladores nos indicaron que ya han surgido pequeños derrumbes en los taludes cercanos a la Cantera el Arenal.

Para obtener los resultados del Gráfico 7, utilizamos una guía de observación, en la cual visualizamos pequeños desmoronamientos y deslizamientos provocados por factores naturales como la meteorización y la actividad humana relacionada a las excavaciones que realiza la empresa para extraer el material, y al surgir estos tipos de movimientos ocasiona que el talud se vuelva más vulnerable.

3.4. Aplicar el método de equilibrio límite

Para la obtención de los resultados se utilizó el Software Slide 6.0 de la empresa Rocscience, por los métodos de Bishop Simplificado y Spencer, este software nos permitió hallar el factor de seguridad.

Además, el estudio se realizó en dos taludes dividiendo en 5 tramos cada uno.

A continuación, se muestran tablas que indican los parámetros a tomar en cuenta para aplicar el método de equilibrio límite.

Tabla 8. Parámetros del Talud N°1.

| TRAMO | COHESIÓN (KN/m ²) | ANGULO DE FRICCIÓN (°) | PESO ESPECIFICO (KN/m ³) | LONGITUD DE ESTRATO (m) | ANGULO DE TALUD (°) |
|-------|----------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|
| 1 | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | 85 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.6 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 2 | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | 87 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.6 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.4 | |
| 3 | 0 | 40 | 22.5 | 0.6 | 87 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.3 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.3 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.1 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.6 | |
| 4 | 0 | 40 | 22.5 | 0.6 | 87 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.1 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.4 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.7 | |
| 5 | 0 | 40 | 22.5 | 0.7 | 85 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.4 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.6 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.8 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Parámetros del Talud N° 2.

| TRAMO | COHESIÓN (KN/m ²) | ANGULO DE FRICCIÓN (°) | PESO ESPECIFICO (KN/m ³) | LONGITUD DE ESTRATO (m) | ANGULO DE TALUD (°) |
|-------|----------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|
| 6 | 0 | 40 | 22.5 | 1.2 | 86 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.7 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 7 | 0 | 40 | 22.5 | 1.2 | 86 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 8 | 0 | 40 | 22.5 | 1 | 85 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 9 | 0 | 40 | 22.5 | 1 | 86 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.7 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 10 | 0 | 40 | 22.5 | 1 | 86 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |

Fuente: Elaboración Propia

Los datos obtenidos en estas tablas se obtuvieron a través de tablas de referencia y gracias a los resultados obtenidos por la guía de observación de campo (Ver Anexo N° 3)

Para el análisis de estabilidad de taludes se aplicó el método de equilibrio límite a través del software Slide 6.0, en el cual se tomó en cuenta los métodos de Bishop Simplificado (Bs) y Spencer (S), obteniendo un factor de seguridad por cada método y promediándolo para que nos indique si el talud es estable o inestable.

Tabla 10. Factor de seguridad.

| TALUD | TRAMO | MÉTODOS | F.S. | F. S. PROMEDIO | ESTABILIDAD |
|-------|-------|---------|-------|----------------|-------------|
| 1 | 1 | BISHOP | 0.16 | 0.3065 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.453 | | |
| | 2 | BISHOP | 0.16 | 0.3125 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.465 | | |
| | 3 | BISHOP | 0.161 | 0.308 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.455 | | |
| | 4 | BISHOP | 0.161 | 0.3135 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.466 | | |
| | 5 | BISHOP | 0.16 | 0.3065 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.453 | | |
| | 6 | BISHOP | 0.161 | 0.313 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.465 | | |
| | 7 | BISHOP | 0.161 | 0.3125 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.464 | | |
| | 8 | BISHOP | 0.162 | 0.3125 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.463 | | |
| | 9 | BISHOP | 0.159 | 0.3145 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.47 | | |
| | 10 | BISHOP | 0.161 | 0.315 | NO ESTABLE |
| | | SPENCER | 0.469 | | |

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de resultados obtenidos del factor de seguridad, se determina que son menor a 1, el cual indica que esta zona es inestable y requieren una solución inmediata.

3.5. Recomendar soluciones a la empresa para reducir la inestabilidad de taludes.

Para este objetivo se presentó un informe correspondiente a recomendaciones para la solución para la inestabilidad de taludes.

Este informe contiene la manera adecuada de dar la solución a la inestabilidad en este caso se presentó la solución por modificación del talud y la adición de gravas y finos.

Se le indicó los pasos a seguir utilizando una excavadora, un cargador frontal y un volquete. La excavadora se utilizará para la modificación del talud, cabe indicar que el ángulo de talud no debe ser mayor de 50°, para que este no sea inestable. El cargador frontal se utilizará para la limpieza de la parte inferior del talud y el volquete será utilizado para la adición de gravas y finos a una distancia de 10 metros como relleno del talud.

Todo este proyecto tardará un aproximado de 20 días, el costo de esta solución es de S/. 7,500 nuevos soles, el cual es muy favorable, en el caso de que ocurriera la inestabilidad en los taludes, generará a la empresa gastos de S/. 30,000 nuevos soles. Además de pérdidas tanto de personas, propiedades del caserío cercano y también afectar a los equipos y personal de la cantera de estudio. Esto conllevará a conflictos sociales que pueden generar que la empresa no continúe con su producción y generando más pérdidas para la empresa.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación se han discutido considerando los objetivos planteados. En la discusión de los resultados se incluyó el análisis que tienen como referencia los trabajos previos y las teorías relacionadas al tema.

A través del equilibrio límite analizamos la estabilidad del talud utilizando el software Slide hallamos el factor de seguridad, en el talud N°1 se realizó el estudio a través de 5 tramos, en el tramo N°1 se obtuvo un Fs. de 0.3065, en el tramo N°2 un Fs. 0.3125, en el tramo N°3 el Fs. Es de 0.308, en el tramo N°4 el Fs. es de 0.3135, en el tramo N°5 con un Fs. 0.3065, lo cual nos indica que el Talud N°1 se encuentra inestable. En el talud N°2 se realizó a través de 5 tramos, en el tramo N°6 el Fs. Es de 0.313, en el tramo N°7 el Fs. de 0.3125, en el tramo N°8 el Fs. es de 0.3125, en el tramo N°9 el Fs. de 0.3145 y por último en el tramo N°10 el Fs. es de 0.315, lo cual nos indica que el talud N°2 también se encuentra inestable. Silva (2018), realizó su investigación en Cajamarca, y también concluyó que al realizar un análisis por el programa Slide, se obtiene un factor de seguridad de 0.91, lo que significa que el talud es inestable, por la coincidencia de resultados entre todos los métodos de equilibrio limite, no obstante, cuando se implementa una técnica de refuerzo en este caso el anclaje se obtendrá un Fs. Es de 1.30 lo que origina una estabilidad en la zona de estudio. En el estudio que nosotros realizamos obtuvimos que los taludes se encuentran inestables por lo que también se implementó una técnica de refuerzo diferente a la del autor que también nos sirvió para estabilizar los taludes.

Hay múltiples soluciones para la inestabilidad de taludes en la presente investigación se aplicó la solución por modificación del talud la adición de gravas y finos, la cual garantizará la estabilidad en el talud N° 1 y 2 cercanos a la Cantera El Arenal. En caso del autor Carrión (2017), él optó por la solución de la inclinación del talud y la adopción de banquetas ya que esta estabilizará el talud, pero en el caso de la investigación si se

utilizó la inclinación del talud, pero no adoptaremos el método de banquetas ya que creemos que es necesario mejor utilizar la modificación del talud y la adición de gravas y finos a través de esto brindará mejor estabilidad al talud.

Es necesario saber las características geológicas que conforma el talud para ver qué tipo de materiales contiene, en el caso del estudio la zona está conformada por (areniscas, calizas, conglomerados, tobas volcánicas y arcillas), es necesario conocer primero las características litológicas para luego aplicar el método del equilibrio limite, según el autor Eugenio (2017), que también realizó su estudio de las características geológicas en este caso en su zona de estudio se encontró (arcillas inorgánicas de plasticidad baja, con grava y arena), de acuerdo a eso aplico el mismo método del equilibrio limite y también el de elementos finitos en la Comunidad de Santa Rosa.

Crespo (2005), habla sobre los factores que afectan la inestabilidad de un talud y los clasifica de dos formas, factores intrínsecos y factores externos. Dentro de los factores intrínsecos se encuentran los factores geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y Climáticos. Recomendado por Crespo se usó esta clasificación de factores a través de una guía de observación en la cual se halló que el factor principal Recursos Naturales con un 40%, seguida de la actividad de Extracción con un 27%, Actividad Biológica con un 27 %, y por último la presencia de agua con un 6%.

Con los estudios realizados a través de la guía de observación, visualizamos pequeños desmoronamientos y deslizamientos provocados por factores naturales como la meteorización y la actividad humana relacionada a las excavaciones que realiza la empresa para extraer el material, y al surgir estos tipos de movimientos ocasiona que el talud se vuelva más vulnerable. Según estudios realizados por Nuñez y Sánchez (2016), en el sector de Valle Progreso también existe un nivel de riesgo a deslizamiento críticos en ambos taludes, donde esta zona presenta

similares características al talud de la zona N°1 y N°2 de la Cantera El Arenal, ya que se presenta en época lluviosa con presencia de sismo, y esto ocasiona un nivel alto de riesgo a que surja un deslizamiento, para el del sector de Valle Progreso existe un riesgo del 52% con un nivel de riesgo alto, y para la zona de estudios en la que estamos realizando existe una probabilidad de un 59% a que sufra un derrumbes.

En la investigación se aplicó el método de Equilibrio Límite, para la obtención de los resultados se utilizó el Software Slide 6.0 de la empresa Rocscience, por los métodos de Bishop Simplificado y Spencer, este software permitió hallar el factor de seguridad. Además, el estudio se realizó en dos taludes dividiendo en 5 tramos cada uno, obteniendo como resultados que ambos taludes son inestables. Por otro lado, Eugenio (2017), también utilizó el método de equilibrio límite en nueve taludes de los cuales obtuvo como resultados que los taludes con una estabilidad muy alta son el 32.25 %, con inestabilidad alta son el 4.27%, de inestabilidad baja son el 1.95% y estables son el 61.54%.

V. CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite, utilizando el software Slide 6.0 en donde se determinó el factor de Seguridad de los taludes N° 1 y 2, dividido por tramos 05 en cada talud, cuyo resultado del estudio indicó que los taludes se encuentran inestables, por lo que se recomendó la solución por modificación del talud, para estabilizar los taludes cercanos a la Cantera El Arenal y así poder evitar daños al caserío cercano.
2. Se zonificó de acuerdo a las características geológicas estructurales, dando a saber que la zona está conformada por areniscas, calizas, conglomerados, tobas volcánicas y arcillas.
3. Dentro de los factores que afectan la estabilidad del talud se encontró que el principal factor son los Recursos Naturales.
4. La zona de estudio está expuesta a derrumbes por lo que los taludes se encuentran inestables.
5. Al aplicar el método de Equilibrio Límite, la obtención de resultados se realizó un software Slide de la empresa Rocscience, por los métodos de Bishop Simplificado y Spencer, permitió hallar el factor de seguridad de los tramos, el tramo N°1 se obtuvo un Fs. de 0.3065, en el tramo N°2 un Fs. 0.3125, en el tramo N°3 el Fs. Es de 0.308, en el tramo N°4 el Fs. es de 0.3135, en el tramo N°5 con un Fs. 0.3065, lo cual nos indica que el Talud N°1 se encuentra inestable. En el talud N°2 se realizó a través de 5 tramos, en el tramo N°6 el Fs. Es de 0.313, en el tramo N°7 el Fs. de 0.3125, en el tramos N°8 el Fs. es de 0.3125, en el tramo N°9 el Fs. 0.328 y por último en el tramo N°10 el Fs. Es 0.325.
6. La solución para la inestabilidad de taludes del Caserío cercano a la Cantera el Arenal, es la modificación del talud y la adición de gravas

y finos. Además, se debe tener en cuenta que el ángulo del talud no debe ser mayor de 50° para que este sea estable además la adición de gravas y finos debe ser a una distancia de 10 metros.

VI. RECOMENDACIONES

- En esta investigación, se utilizó valores referentes con lo que respecta a la cohesión, ángulo de fricción y peso específico con el propósito de analizar la estabilidad de taludes, por lo que se recomienda tomar datos más minuciosos para que puedan obtener resultados más detallados, con la finalidad de que se apliquen estudios de inestabilidad de taludes en todas las zonas del país e internacionalmente. Además, para desarrollar el análisis de equilibrio límite es necesario realizar estudios progresivos pues los parámetros que intervienen en el cálculo pueden variar influenciando en el factor de seguridad.
- La Cantera el Arenal, poner en práctica la solución por Modificación del talud, además de la adicción de gravas y finos a fin de mejorar la estabilidad tanto del primer talud como el segundo. No obstante, se debe delimitar la Zona de extracción e implementar señales de Seguridad, como señales de prevención e información general.
- La Escuela profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Cesar Vallejo, ampliar la investigación en taludes de tipo suelo, ya que en la región Lambayeque predomina la minería no metálica, los cuales extraen materiales de agregados para la construcción en zonas cercanas a comunidades que se ven afectadas por la problemática de esta investigación. Cabe indicar que en el Perú existe minería a cielo abierto, en los cuales encontramos taludes tanto taludes rocosos como de tipo suelo.

REFERENCIAS

1. ANTON, Italo. Geología Regional y Local. Scribd.[en línea]. 23 de Septiembre de 2010. [Citado el: 15 de Mayo de 2019.]
Disponible en <https://es.scribd.com/document/324987479/Geologia-Regional-y-Local>
2. ARIAS, Fidas. El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. 6.ª ed. Caracas: Editorial El Pasillo, 2012. 146 pp.
ISBN: 9800785299
Disponible en <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-C3%93N-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
3. ARTEAGA, Daniel. Análisis de estabilidad de taludes 3D considerando el efecto de la infiltración por precipitaciones. Tesis (Magister Ingeniero Civil – Geotecnia). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2016
Disponible en <http://132.248.9.195/ptd2016/diciembre/0753926/Index.html>
4. CARRIÓN, Carlos. Análisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector Sausacocha – Pallar km. 8+000 al 9+000, Sánchez Carrión, La Libertad, 2017. Tesis (Ingeniero Civil Ambiental). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2017.
Disponible en http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12423/1788/TL_CarrionAguilarCarlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
5. CATANZARITI, Filippo. Estabilidad de taludes. GeoStru. [En línea] 13 de Junio de 2016. [Fecha de consulta: 12 de Abril de 2019] .
Disponible en <https://www.geostru.eu/es/estabilidad-de-taludes/>.
6. CASANOVA, Kevin y VALENCIA, Juan. Análisis Y Diseño De Los Taludes En La Mina A Cielo Abierto De Diabasa De Triturados El Chocho. Tesis (Ingeniero Civil). Cali: Pontificia Universidad Javeriana de Cali, 2016.

Disponible en <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/4164>

7. CENEPRED (Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción Del Riesgo De Desastres): Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa [en línea]. Septiembre de 2018.
Disponible en <http://cenepred.gob.pe/web/>
8. COLIENTE, Alfredo. Inestabilidad en laderas y taludes. Tesis (Ingeniero civil). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/3903>
9. COROMINAS, J. y YAGUE, G. Terminología de los movimientos de ladera. Granada, 1997.
Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jose_Chacon/publication/257999567_Movimientos_de_ladera_clasificacion_y_analisis_de_la_evolucion_es_pacial_y_temporal/links/0046352935dbb9c463000000.pdf
10. CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones [en línea]. 5ª.ed. Monterrey: Limusa. 2004.[Fecha de consulta: 20 de abril de 2019].
Disponible en <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
ISBN 968-18-6489-1
11. DE MATTEIS, Álvaro. Estabilidad de Taludes. Rosario: Universidad Nacional de Rosario, 2003.
Disponible en <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/>
12. Deslizamiento margas azules en mina Cobre Las cruces [en línea]. Geotecnia fácil. 1 de febrero de 2019. [Fecha de consulta: 25 de Abril de 2019]
Disponible en <http://geotecniafacil.com/deslizamiento-cobre-las-cruces-margas-azules/>

13. El 80% del territorio peruano tiene alto riesgo de huaicos y deslizamientos [en línea]. La República. PE. 02 septiembre 2018. [Fecha de consulta: 20 de Agosto de 2019]
Disponibile en <https://larepublica.pe/sociedad/1310700-80-territorio-peruano-alto-riesgo-huaicos-deslizamientos/>
14. EUGENIO, Mildor. Análisis de inestabilidad de taludes mediante equilibrio límite y elementos finitos, tramo santa rosa– tuco bajo carretera bambamarca – centro poblado Tuco. Tesis (Ingeniería Geológica). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
Disponibile en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1404>
15. Estabilidad de taludes [en línea]. Bogotá: Corrales, C., Valencia, C., Calderon, O., Guapacha, A., Díaz, S. y Patiño, J., (1 de Abril de 2013). [Fecha de consulta: 9 de Abril de 2019]. Recuperado de <https://estabilidad-de-taludes7.webnode.es/news/estabilidad-de-taludes/>
16. ESTRADA, Verónica y SOBERANIS, Jonathán. Estabilidad De Taludes En Suelos. Tesis (Ingeniero civil). Nezahualcóyotl: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
Disponibile en http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/74K9JMGHLM8I6LS7HEY9T8GUFD97GJHKFYLXCVTTNBU7CM2IH4-51305?func=full-set-set&set_number=018441&set_entry=000008&format=999
17. GONZÁLES DE VALLEJO, LUIS. 2004. Ingeniería Geológica. España. Ministerio de energía, 2004.
Disponibile en http://info.igme.es/SidPDF%5C067000%5C080%5C67080_0001.pdf
18. GUIDO, Orlando y FARIÑAS, Max. Evaluación de estabilidad de talud inducida por cargas estáticas y dinámicas en la Loma chico Pelón, Managua-Nicaragua. Tesis (Ingeniero Civil). Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2014.

- Disponible en
<http://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNANM3271>
19. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. & BAPTISTA, P.. Metodología de la Investigación. México: Mc Graw Hill, 2006.
Disponible en
<http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3802/Metodologia.pdf?sequence=4>
20. HIGHLAND, L., y BOBROWSKY, Peter, 2008, The landslide handbook— A guide to understanding landslides: Reston. Virginia: U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 pp.
Disponible en https://pubs.usgs.gov/circ/1325/pdf/C1325_508.pdf
21. HUSTRULID, William, KUCHTA, Mark y Martin, R. Open Pit Mine Planning & Design. Colorado: CRC Press.2013. 378 pp.
ISBN: 978148222117
Disponible en
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000075&pid=S0120-3630201000020000200016&lng=en
22. INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO DE ESPAÑA. Manuel de taludes. Madrid: EPTISA, 1986.
Disponible en <https://enriquemontalar.com/manual-de-taludes-del-igme/>
ISBN: 9788415829744
23. La Libertad: un muerto y un herido tras derrumbe de mina por lluvias intensas [en línea]. Perú 21.PE. 7 de marzo de 2019. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019].
Disponible en <https://peru21.pe/peru/libertad-muerto-herido-derrumbe-mina-lluvias-intensas-nndc-464221>
24. LECCA, Irveen. Taludes. Slideshare. [En línea] 05 de Junio de 2010. [Citado el: 23 de Abril de 2019.]
Disponible en <https://es.slideshare.net/Irveen/taludes>.

25. LEÓN, Castro y GONZÁLES, Javier. Análisis cuantitativo de la estabilidad en taludes y laderas. Tesis (Ingeniero civil). Tijuana: Universidad de las Californias Internacional, 2013.
Disponible en https://www.academia.edu/10374448/An%C3%A1lisis_cuantitativo_de_la_estabilidad_en_taludes_y_laderas
26. LISSON, C. Mapa cronológico del levantamiento de los Andes Peruanos, Lima: INGEMMET. 1925
Disponible en https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/32/4/A-002-Boletin_Atico-33o.PDF
27. MATHIS, J. Bench Face Angle Distributions- The requirement for DFN Analysis. Vancouver: Ellensburg. 2014
Disponible en http://www.zostrich.com/index_htm_files/Bench_Face_Angles_Requirement_for_DFN.pdf
28. MENDOZA, Loayza. Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina Antapaccay. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7614>
29. MORALES, Dante. 2000. Análisis y Diseño de Taludes Mediante Métodos Computacionales. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería, 2000.
Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1595>
30. NUÑEZ, Romero, SANCHEZ, Iván. Riesgo a Deslizamiento en taludes del Sistema Vial Lampa – Parihuanca, Huancayo. Tesis (Ingeniero Forestal y Ambiental). Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú. 2016.
Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3474/Nu%c3%b1ez%20Romero-Sanchez%20Lacta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

31. PARDO, A y SANZ, V. Estratigrafía el curso medio del río La Leche. Lambayeque: Sociedad Geológica del Perú. 1979
Disponibile en <https://es.calameo.com/read/000820129b0fff3d39297>
32. PEREZ, Julián y GARDEY, Ana. Definición de clima. Definición.de. [en línea]. 6 de mayo de 2009. [Fecha de consulta: 16 de abril de 2019].
Disponibile en <https://definicion.de/clima/>
33. POBLETE, Juan. Taludes. Dialnet [en línea] 2006. [Fecha de consulta: 29 de Abril de 2019]
Disponibile en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=127041>
34. REY, Patrice. Introduction to Structural Geology. Sydney: Universidad de Sydney, 2014.
Disponibile _____ en
http://www.geosci.usyd.edu.au/users/prey/Patrice_Intro_to_SG.pdf
35. SACKSCHEWSKI, Carlos. Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta – Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110. Tesis (Ingeniero Geólogo). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017.
Disponibile en <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5743>
36. SCHUSTER, L. y KOCKELMAN, J. Principles of Landslide Hazard Reduction. Washington: National Research Council. 1996.
Disponibile en: <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr247/sr247-005.pdf>
37. SILVA, Paul. Análisis comparativo de estabilidad de talud y propuesta de solución con muros anclados en la Carretera Las Pirias - Cajamarca, 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Lambayeque: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Disponible en
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/24588/Silva_QP..pdf?sequence=1&isAllowed=y

38. SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Análisis Geotécnico: U.I.S. Escuela de filosofía, 2009.

Disponible en <https://es.scribd.com/doc/131088529/Deslizamientos-Analysis-Geotecnico-Jaime-Suarez>

39. STEINMANN, G. Geología del Perú. (Traducción castellana por J. A. Broggi, de Geologie von Peru). Lima: Heidelberg, 1930.

Disponible en
https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/32/4/A-002-Boletin_Atico-33o.PDF

40. VARNES, David. Slope Movement Types and Processes. Washington DC: Transportation Research Board. 1978.

Disponible en <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr176/176-002.pdf>

ANEXOS

ANEXO N° 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PROBLEMA | OBJETIVO GENERAL | HIPOTESIS | VARIABLES | TIPO DE INVESTIGACION | POBLACION | TECNICAS |
|---|---|---|--|-----------------------|---|----------|
| Observación, Entrevista, investigación Documental. INSTRUMENTOS | Realizar un análisis de la estabilidad de taludes mediante el equilibrio límite para evitar daños al Caserío cercano a la Cantera El Arenal, Pátapo. | <p>H 1: Que mediante la aplicación del método de equilibrio límite se podrá determinar la inestabilidad de los taludes cercanos a la Cantera El Arenal.</p> <p>H a: Determinando la inestabilidad de los taludes se podrá dar solución para evitar daños al caserío cercano a la Cantera El Arenal, Pátapo.</p> | <p>INDEPENDIENTE: Estabilidad de Taludes mediante Equilibrio Límite</p> <p>DEPENDIENTE: Daños al Caserío</p> | Cuantitativa | Taludes de Cantera El Arenal, Pátapo. | |
| | OBJETIVOS ESPECIFICOS | | | DISEÑO | MUESTRA | |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Zonificar de acuerdo a las características geológicas estructurales del terreno de estudio. • Describir los factores que afectan a la estabilidad de los taludes. • Determinar los tipos de movimientos generados por la inestabilidad de talud. • Aplicar el método de equilibrio límite. • Recomendar soluciones a la empresa para reducir la inestabilidad de taludes. | | | | <p>Taludes Cercanos al Caserío No probabilística</p> <p>Guía de observación de campo Guía de entrevista, Guía de Análisis Documental.</p> | |

ANEXO N° 2

VALIDACIÓN

ANEXO INSTRUMENTOS

ANEXO N° 3: ZONIFICACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EVITAR DAÑOS AL CASERÍO CERCANO A LA CANTERA EL
ARENAL, PÁTAPO.

GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

La siguiente guía de análisis documental tiene como finalidad recoger datos geológicos de la cantera de estudio.

| RECURSOS GEOLÓGICOS | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------|---|
| GEOLOGÍA REGIONAL | En la región Lambayeque, encontramos presencia de areniscas, calizas, conglomerados, tobas volcánicas y arcillas. |
| GEOLOGÍA LOCAL | El área está en su mayoría constituida por material de depósitos aluviales (areniscas, calizas y cantos rodados) originados de depósitos aluviales, y también encontramos material perteneciente al abtolito de la costa, que está compuesta por granodioritas, tonalitas, granitos y dioritas. |
| GEOMORFOLOGÍA | El área de emplazamiento del proyecto, presenta en toda su extensión una planicie ondulada a disectada – Llanura ondulada y una vertiente Montañosa empinada a escarpada. |

ANEXO N°4: FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DEL TALUD.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EVITAR DAÑOS AL CASERÍO CERCANO A LA CANTERA EL
ARENAL, PÁTAPO.**

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

La presente guía de observación tiene por objetivo recoger información acerca de los factores que afectan la clasificación de la inestabilidad del talud.

| FACTORES QUE AFECTAN LA INESTABILIDAD DE TALUDES | SI | NO | OBSERVACIÓN |
|--|-----------|-----------|--|
| Hay presencia de filtración de agua en el talud. | | X | |
| La presencia de agua afecta la estabilidad del talud. | | X | |
| Existe Actividad biológica en el talud. | X | | Hay presencia de Actividad Biologica en los 2 taludes. |
| Si existiera actividad biológica esta afecta a la estabilidad del talud. | X | | |
| Existe actividad de Extracción cerca a los taludes. | X | | La extracción que se realiza en la Cantera, es a través de maquinaria y esta debilita el talud. |
| Si existiera actividad de Extracción esta afecta a la estabilidad del talud. | X | | |
| Los Recursos Naturales afectan la estabilidad de los taludes. | X | | Los Recursos Naturales (El sol, el agua, el viento, la fauna y el suelo), afectan la estabilidad de los taludes. |

La siguiente Guía de Observación lo realizamos durante diez días, para identificar cuáles son los factores que afectan a los taludes, en el cual obtuvimos como resultado:

Tabla 11: Guía de Observación de los Factores que afectan la estabilidad del Talud.

| PARÁMETRO | DÍAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|--------|----|
| | DÍA 1 | | DÍA 2 | | DÍA 3 | | DÍA 4 | | DÍA 5 | | DÍA 6 | | DÍA 7 | | DÍA 8 | | DÍA 9 | | DÍA 10 | |
| | SI | NO | SI | NO |
| A | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X | | X |
| B | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | X |
| C | | x | x | | x | | | x | x | | | x | X | | X | | | x | | X |
| D | x | | | x | | x | x | | x | | x | | x | | | x | | x | | x |
| E | x | | | X | | X | x | | x | | x | | x | | X | | | x | | x |
| F | | x | x | | x | | | X | | x | | x | x | | | | x | | x | |
| G | X | | x | | x | | x | | | x | | x | x | | X | | x | | x | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12: Parámetros

| PARÁMETRO | RESPUESTA | | PORCENTAJE |
|-------------------------|-----------|----|------------|
| | SI | NO | |
| PRESENCIA DE AGUA | | 10 | 0.00% |
| ACTIVIDAD BIOLÓGICA | 5 | 5 | 26.32% |
| ACTIVIDAD DE EXTRACCIÓN | 6 | 4 | 31.58% |
| RECURSOS NATURALES | 8 | 2 | 42.11% |
| TOTAL | 19 | 11 | 100.00% |

Fuente: Elaboración Propia



ANEXO N°5: TIPOS DE MOVIMIENTOS GENERADOS POR LA INESTABILIDAD DEL TALUD.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EVITAR DAÑOS AL CASERÍO CERCANO A LA CANTERA EL
ARENAL, PÁTAPO.**

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

El presente instrumento tiene como objetivo determinar los tipos de movimientos generados por la inestabilidad de talud.

| CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DE TALUD | SI | NO | OBSERVACIÓN |
|--|-----------|-----------|---|
| Se visualiza algún derrumbe. | X | | Se ha evidenciado frecuentemente derrumbes. |
| Se encuentra evidencia de que ha surgido algún Volcamiento | | X | |
| Se visualiza algún deslizamiento. | X | | Se ha evidenciado pequeños deslizamientos. |
| Se observa rastros de una colada. | | X | |

La siguiente Guía de Observación se realizó durante diez días, para determinar cuáles son los tipos de movimientos que se generan en el talud, en el cual obtuvimos como resultado:

Tabla 13: Movimientos del Talud según Guía de Observación.

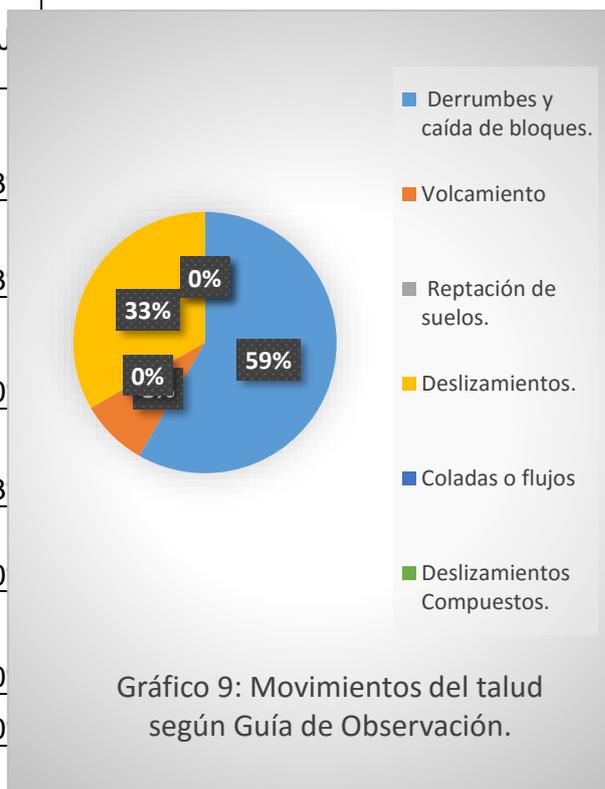
| PARÁMETRO | DÍAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|-------|----|--------|----|
| | DÍA 1 | | DÍA 2 | | DÍA 3 | | DÍA 4 | | DÍA 5 | | DÍA 6 | | DÍA 7 | | DÍA 8 | DÍA 9 | | DÍA 10 | |
| | SI | NO | NO | SI | NO | SI | NO |
| A | x | | | X | x | | x | | x | | x | | | X | X | x | | x | |
| B | | x | | x | | x | | x | x | | | x | | x | x | | x | | X |
| C | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | x | | x | | X |
| D | | x | | x | | x | | x | x | | | x | | x | | x | | x | |
| E | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | x | | x | | x |
| F | | x | | x | | x | | x | | x | | x | | x | x | | x | | x |

Fuente: Elaboración Propia

| | MOVIMIENTOS DEL TALUD | RESPUESTA | | PORCENTAJE |
|---|-------------------------------|-----------|----|------------|
| | | SI | NO | |
| A | Derrumbes y caída de bloques. | 7 | 3 | 58.33 |
| B | Volcamiento | 1 | 9 | 8.33 |
| C | Reptación de suelos. | 0 | 10 | 0.00 |
| D | Deslizamientos. | 4 | 6 | 33.33 |
| E | Coladas o flujos | 0 | 10 | 0.00 |
| F | Deslizamientos Compuestos. | 0 | 10 | 0.00 |
| | TOTAL | 12 | 48 | 100.00 |

Talud.

Tabla 14: Movimientos del



ANEXO N°6: ENTREVISTA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EVITAR DAÑOS AL CASERÍO CERCANO A LA CANTERA EL
ARENAL, PÁTAPO.**

GUÍA DE ENTREVISTA

La presente guía de entrevista ayudara a obtener la información requerida para precisar mi investigación acerca de la problemática que se presenta en la cantera El Arenal, relacionada a la inestabilidad de taludes en el caserío cercano a ella.

ENTREVISTA REALIZADA A POBLADOR DE VIVIENDA DEL CASERÍO CERCANA A LA CANTERA.

1. ¿Cuánto tiempo tiene viviendo en este caserío?
a) 1 a 10 años b) 10 a 20 años c) 20 a 30 años d) 30 años a más.

2. ¿En este tiempo viviendo aquí ha tenido algún problema con su vivienda que se encuentra cerca de la Cantera el ARENAL?
a) Nunca b) Pocas veces c) Muchas Veces d) Siempre

3. ¿Su vivienda se encuentra Cercana al Talud?
a) Si b) No

4. Si la respuesta es Si, ¿ha observado inestabilidad en el talud?
- a) Nunca b) Pocas veces c) Muchas Veces d) Siempre
5. ¿Qué tipo de movimiento ha sufrido el talud?
- a) Deslizamiento b) Derrumbe c) Colada d) Otros
6. ¿Cuál cree que ha sido la causa que originó la inestabilidad del talud?
- a) Presencia de agua b) Actividad Biológica c) Actividad de Extracción d) otros
7. ¿Ha comunicado el problema a la Cantera El Arenal?
- a) Nunca b) Pocas veces c) Muchas Veces d) Siempre
8. ¿Se ha realizado medidas de control de parte de la Cantera con respecto a la problemática?
- a) Nunca b) Pocas veces c) Muchas Veces d) Siempre

ANEXO N°7: INSTRUMENTO



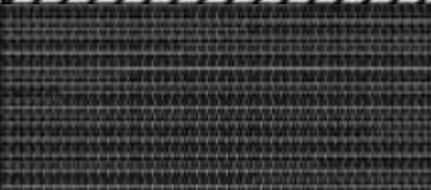
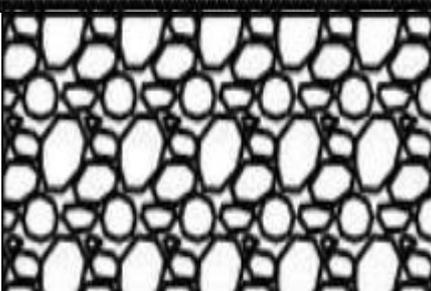
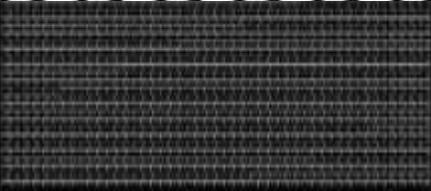
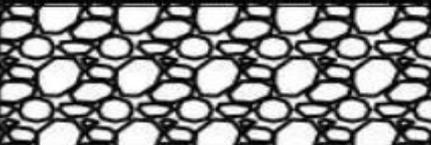
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EVITAR DAÑOS AL CASERÍO CERCANO A LA CANTERA EL
ARENAL, PÁTAPO.**

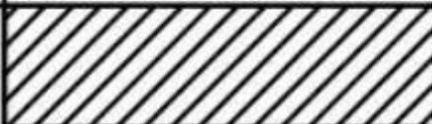
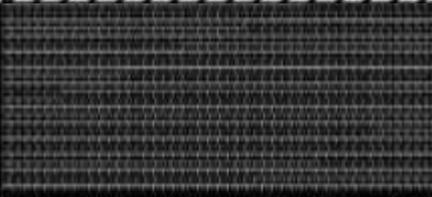
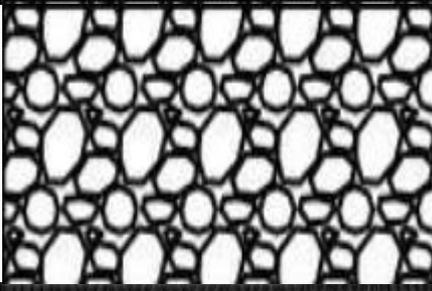
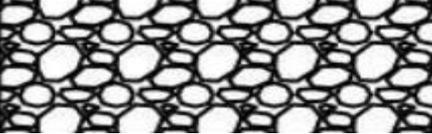
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

TABLA 15 . Registro del Talud N° 1 TRAMO N° 1

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 1 | TRAMO N° 1 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654800.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257433.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 0.5 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 1.6 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 0.9 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.4 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

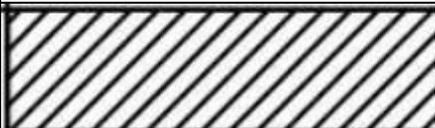
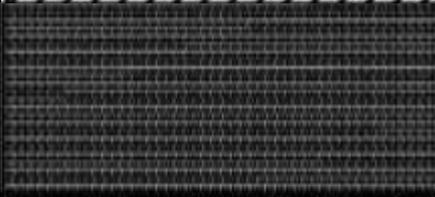
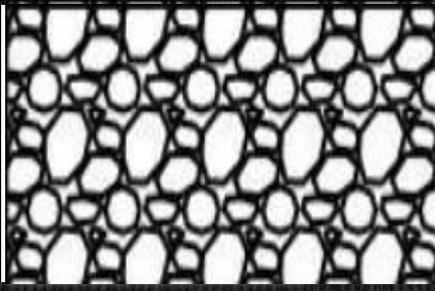
Fuente: Elaboración propia

TABLA 16. Registro del Talud N° 1 TRAMO N° 2

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 1 | TRAMO N° 2 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654808.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257430.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 0.5 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 1.3 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 0.9 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.4 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

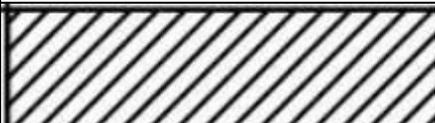
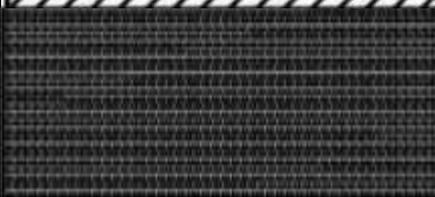
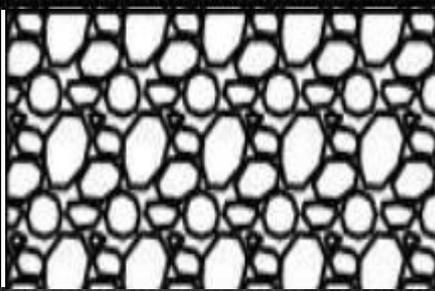
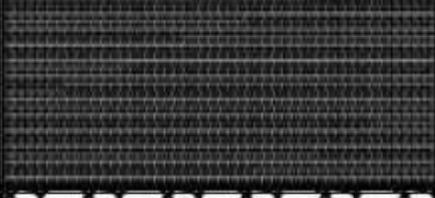
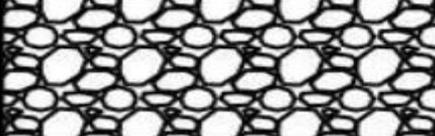
Fuente: Elaboración propia

TABLA 17. Registro del Talud N° 1 TRAMO N° 3

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 1 | TRAMO N° 3 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654819.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257430.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 0.6 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 1.3 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.3 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 1.0 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.6 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

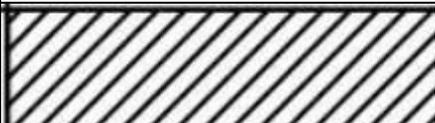
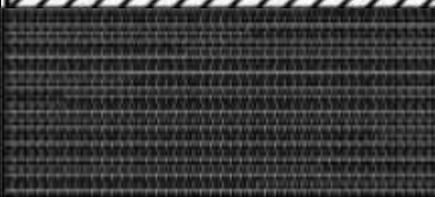
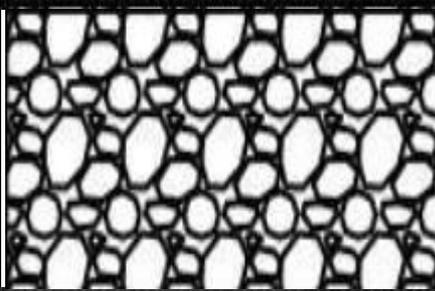
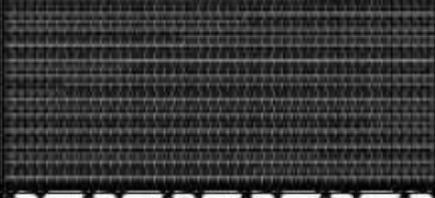
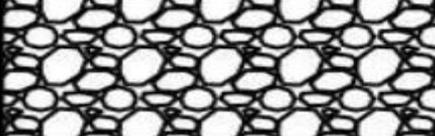
Fuente: Elaboración propia

TABLA 18. Registro del Talud N° 1 TRAMO N° 4

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 1 | TRAMO N° 4 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654824.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257435.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 0.6 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 1.1 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.4 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 1.0 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.7 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

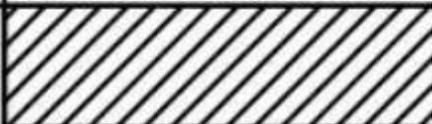
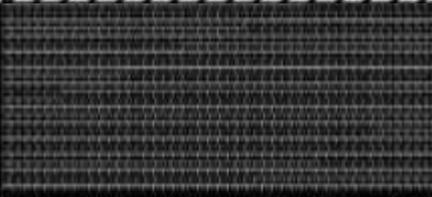
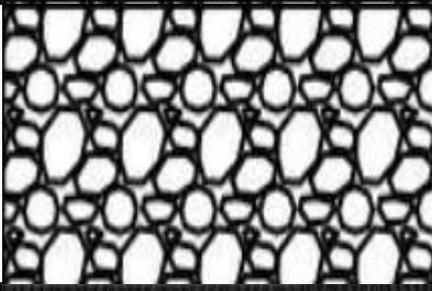
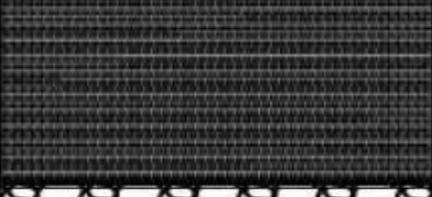
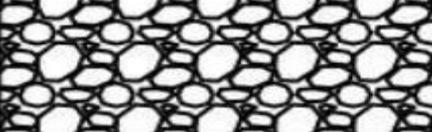
Fuente: Elaboración propia

TABLA 19. Registro del Talud N° 1 TRAMO N° 5

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 2 | TRAMO N° 5 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654825.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257445.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 0.7 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 1.4 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.6 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 0.8 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

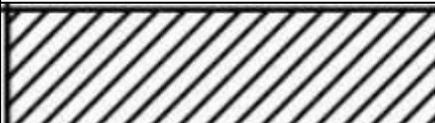
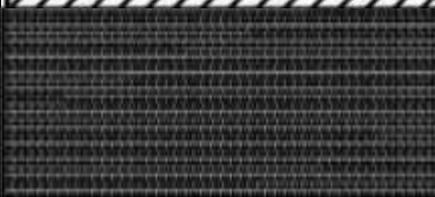
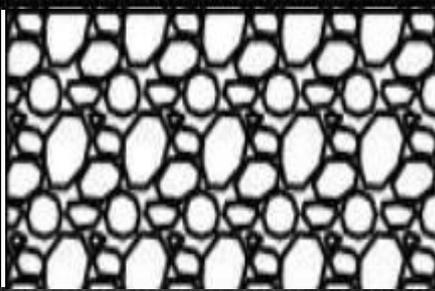
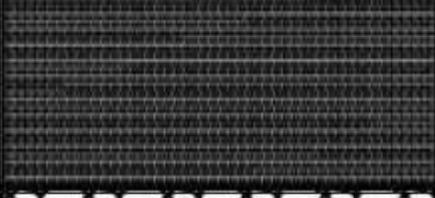
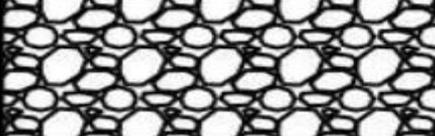
Fuente: Elaboración propia

TABLA 20. Registro del Talud N° 2 TRAMO N° 6

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 2 | TRAMO N° 6 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654828.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257448.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 1.2 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 0.5 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.7 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 0.9 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

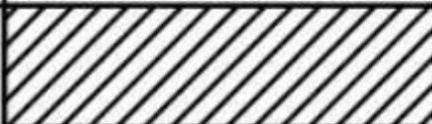
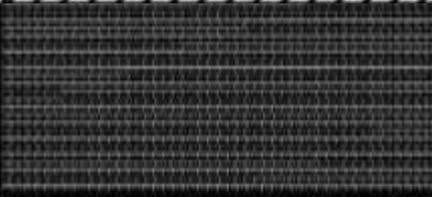
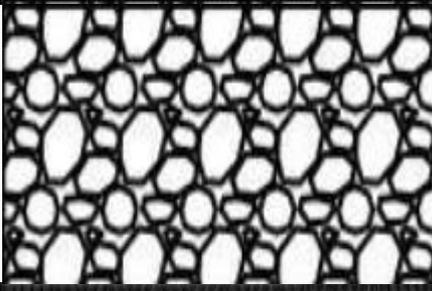
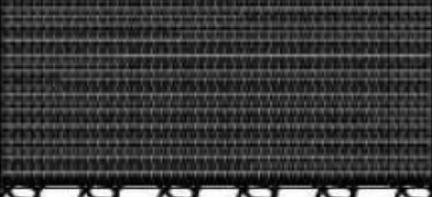
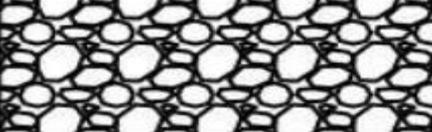
Fuente: Elaboración propia

TABLA 21. Registro del Talud N° 2 TRAMO N° 7

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 2 | TRAMO N° 7 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654833.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257443.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 1.2 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 0.5 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 0.9 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

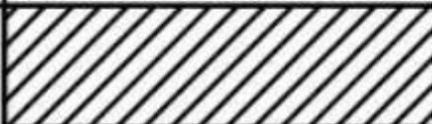
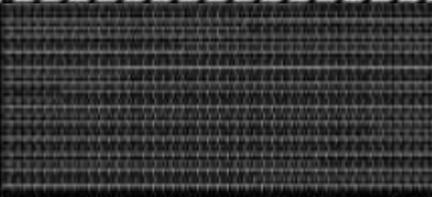
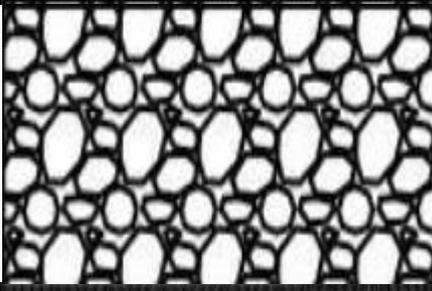
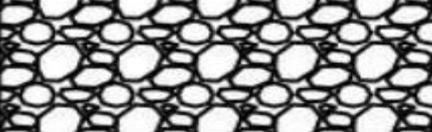
Fuente: Elaboración propia

TABLA 22. Registro del Talud N° 2 TRAMO N° 8

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 2 | TRAMO N° 8 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654836.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257434.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 1.0 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 0.5 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 0.9 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

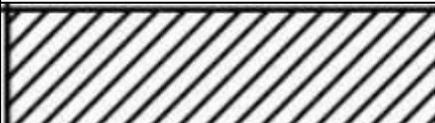
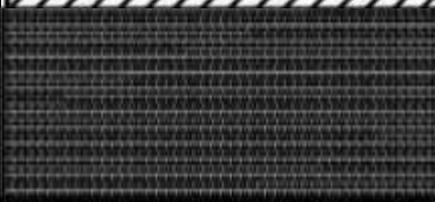
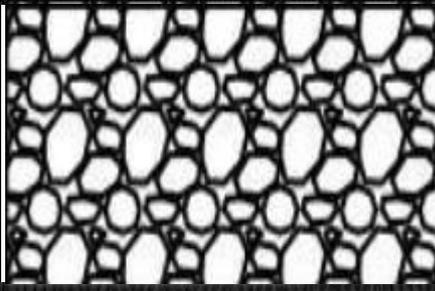
Fuente: Elaboración propia

TABLA 23. Registro del Talud N° 2 TRAMO N° 9

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 2 | TRAMO N° 1 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654834.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257429.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 1.0 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 0.5 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 0.7 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

Fuente: Elaboración propia

TABLA 24. Registro del Talud N° 2 TRAMO N° 10

| REGISTRO DE ESTRATIGRAFÍA DEL TALUD | | | |
|---|---------------------------------|--|---|
| TALUD N° 01 | TRAMO N° 01 | UBICACIÓN (COORDENADAS): | ESTE: 0654830.00 |
| FECHA: 01/10/2019 | | | NORTE: 9257424.00 |
| LONGITUD DEL ESTRATO (m) | NIVEL FREÁTICO | COLUMNA | DESCRIPCIÓN |
| 1.0 | No tiene Nivel Freático |  | Material orgánico |
| 1.0 | |  | Arenas medias a finas |
| 2.0 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |
| 0.5 | |  | Arenas medias a finas |
| 0.5 | |  | Gravas subangulares a angulares en matriz arenosa compactada. |

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°8: PÁRAMETROS DEL TALUD DE ESTUDIO.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARRERA PROFESIONAL INGENIERIA DE MINAS

**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES MEDIANTE EQUILIBRIO LÍMITE
PARA EVITAR DAÑOS AL CASERÍO CERCANO A LA CANTERA EL
ARENAL, PÁTAPO.**

GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

La siguiente guía de análisis documental tiene como finalidad recoger datos sobre los parámetros del talud de estudio.

Tabla 25. Parámetros del Talud N° 1

| TRAMO | COHESIÓN (KN/m2) | ANGULO DE FRICCIÓN (°) | PESO ESPECIFICO (KN/m3) | LONGITUD DE ESTRATO (m) | ANGULO DE TALUD (°) |
|-------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1 | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | 85 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.6 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 2 | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | 87 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.6 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.4 | |
| 3 | 0 | 40 | 22.5 | 0.6 | 87 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.3 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.3 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.1 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.6 | |
| 4 | 0 | 40 | 22.5 | 0.6 | 87 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.1 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.4 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.7 | |
| 5 | 0 | 40 | 22.5 | 0.7 | 85 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1.4 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.6 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.8 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26. Parámetros del Talud N° 2

| TRAMO | COHESIÓN (KN/m ²) | ANGULO DE FRICCIÓN (°) | PESO ESPECIFICO (KN/m ³) | LONGITUD DE ESTRATO (m) | ANGULO DE TALUD (°) |
|-------|----------------------------------|---------------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|
| 6 | 0 | 40 | 22.5 | 1.2 | 86 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.7 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 7 | 0 | 40 | 22.5 | 1.2 | 86 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 8 | 0 | 40 | 22.5 | 1 | 85 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.9 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 9 | 0 | 40 | 22.5 | 1 | 86 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2.5 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.7 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |
| 10 | 0 | 40 | 22.5 | 1 | 86 |
| | 0 | 40 | 20.8 | 1 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 2 | |
| | 0 | 40 | 20.8 | 0.5 | |
| | 0 | 40 | 22.5 | 0.5 | |

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°9
DOCUMENTOS
EMPRESA

ANEXO N°10

PLANOS

ANEXO N°11

FOTOGRAFÍAS



Figura 13.Talud de estudio

Fuente: Elaboración Propia



Figura 14. Estratigrafía del Talud.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 15. Estratigrafía del Talud.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 16. Viviendas cercanas al Talud.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 17. Talud cercano a la explotación.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 18. Realidad Problemática.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 19. Estudio del Talud.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 20. Estudio del Talud por tramos.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 21. Viviendas cercanas a la Extracción de la Cantera.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 22. Estratigrafía del Talud 2.

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°12.

ANÁLISIS

SOFTWARE

SLIDE

Anexo N°13. Tramo 1

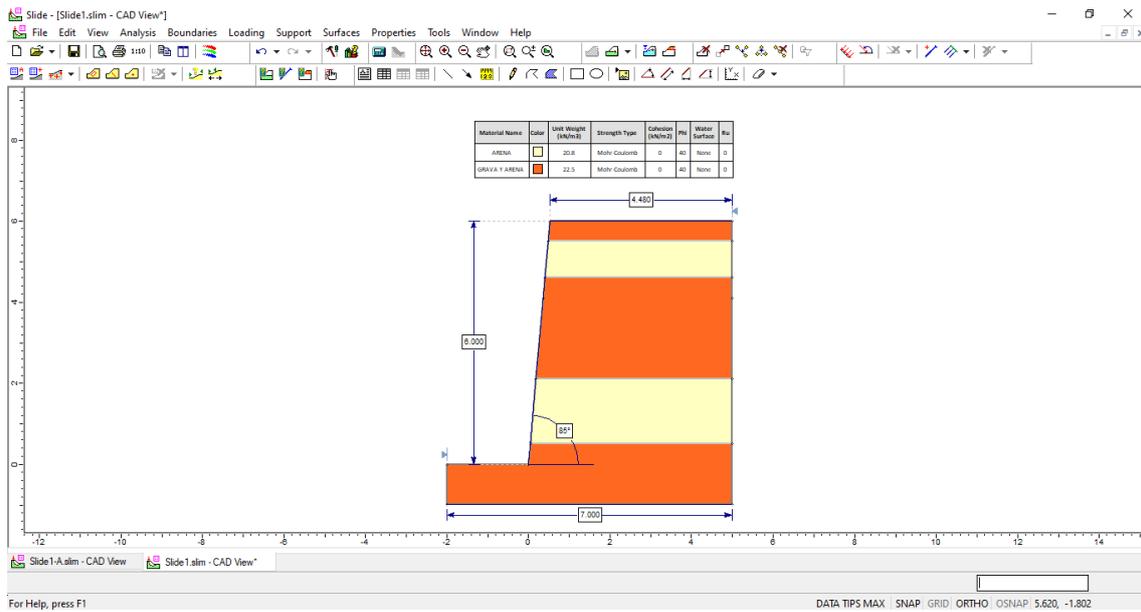


Figura 23. Primer tramo del Talud, con un ángulo de 85°.

Fuente: Software slide 6.0

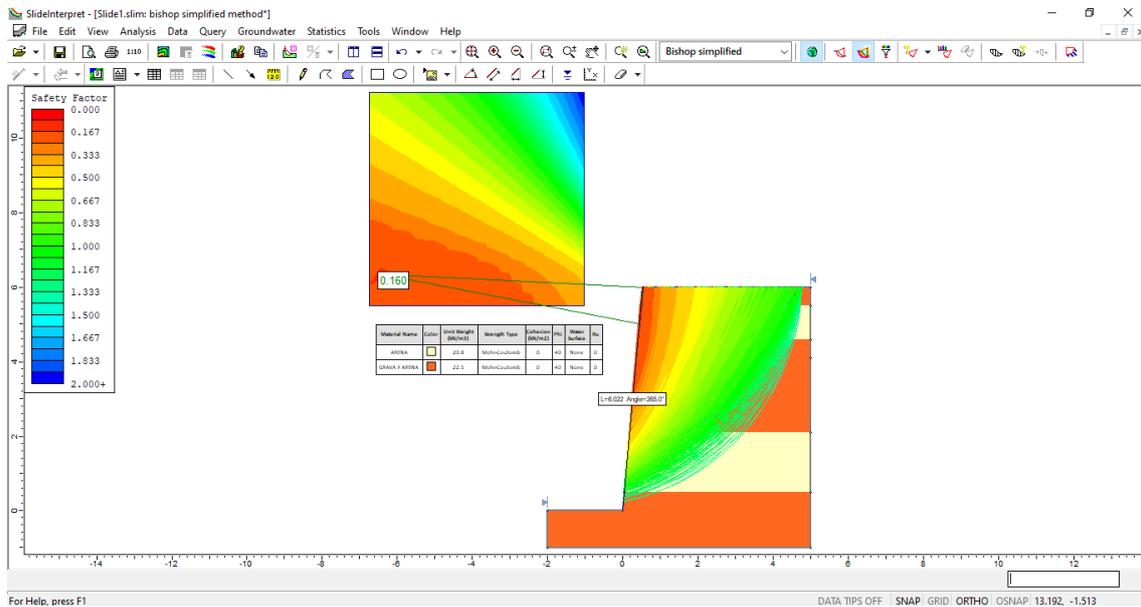


Figura 24. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

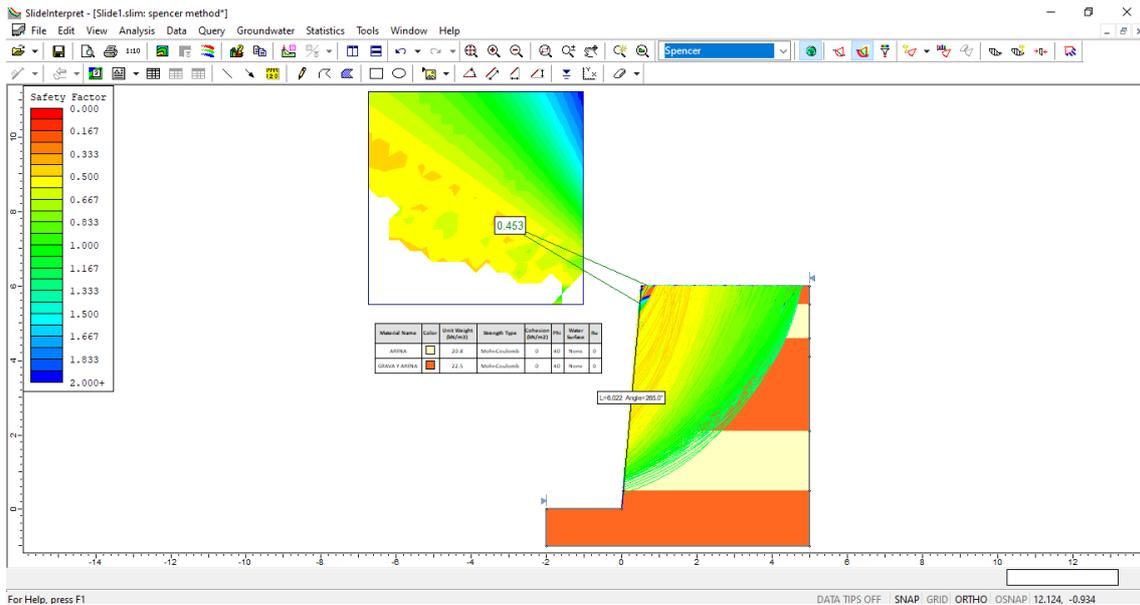


Figura 25. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

Anexo N° 14. Tramo 2

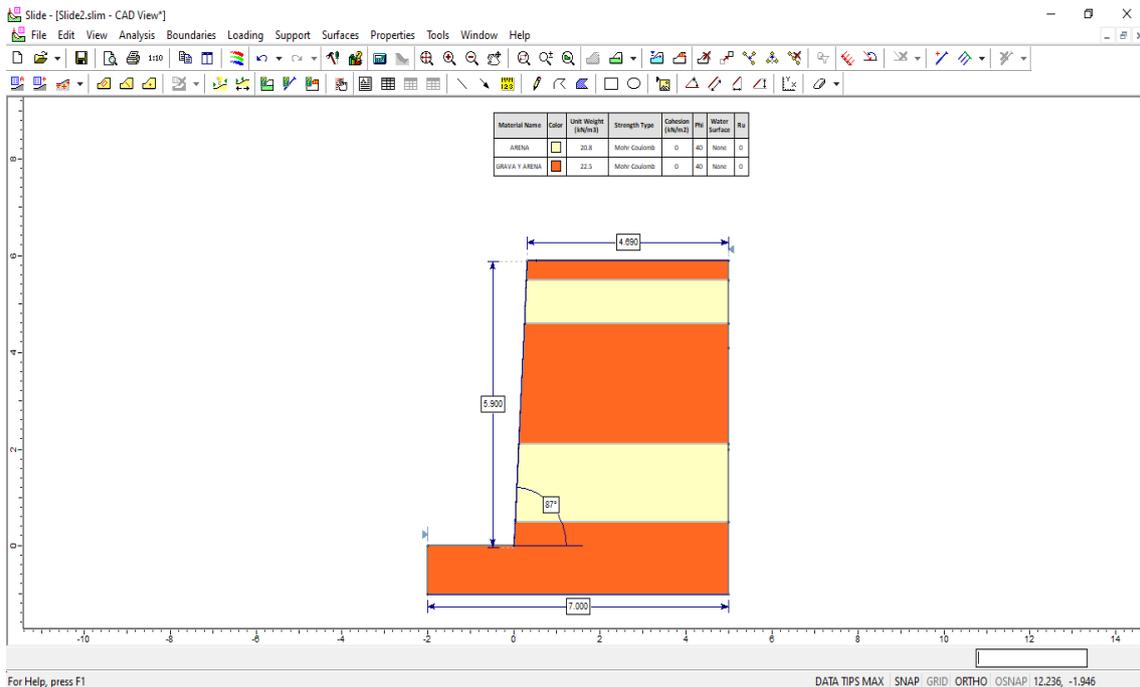


Figura 26. Segundo tramo del Talud, con un ángulo de 87°.

Fuente: Software slide 6.0

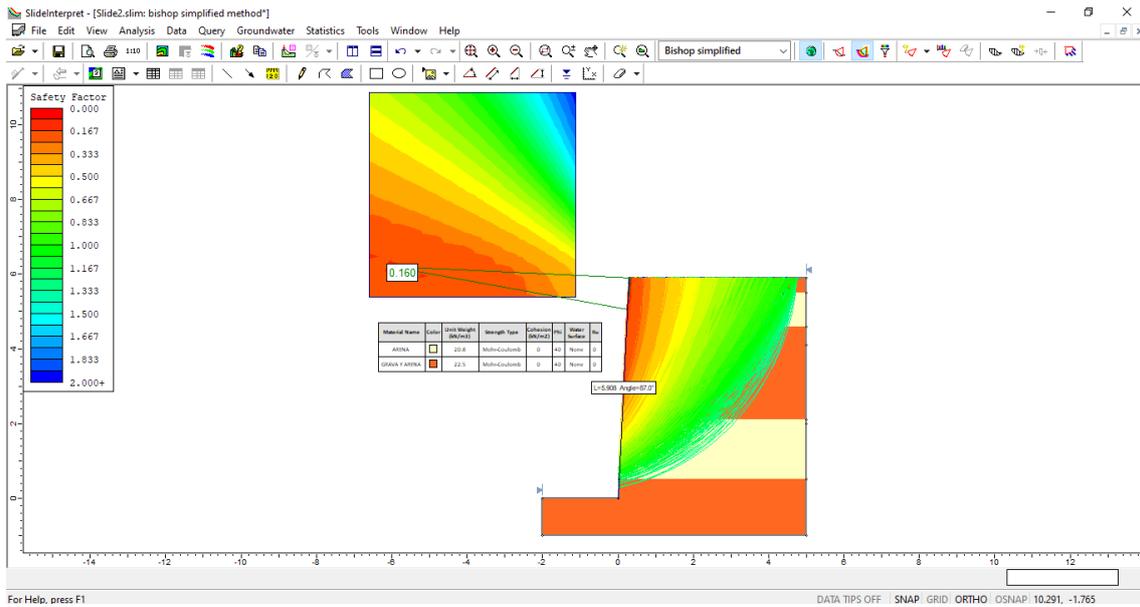


Figura 27. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

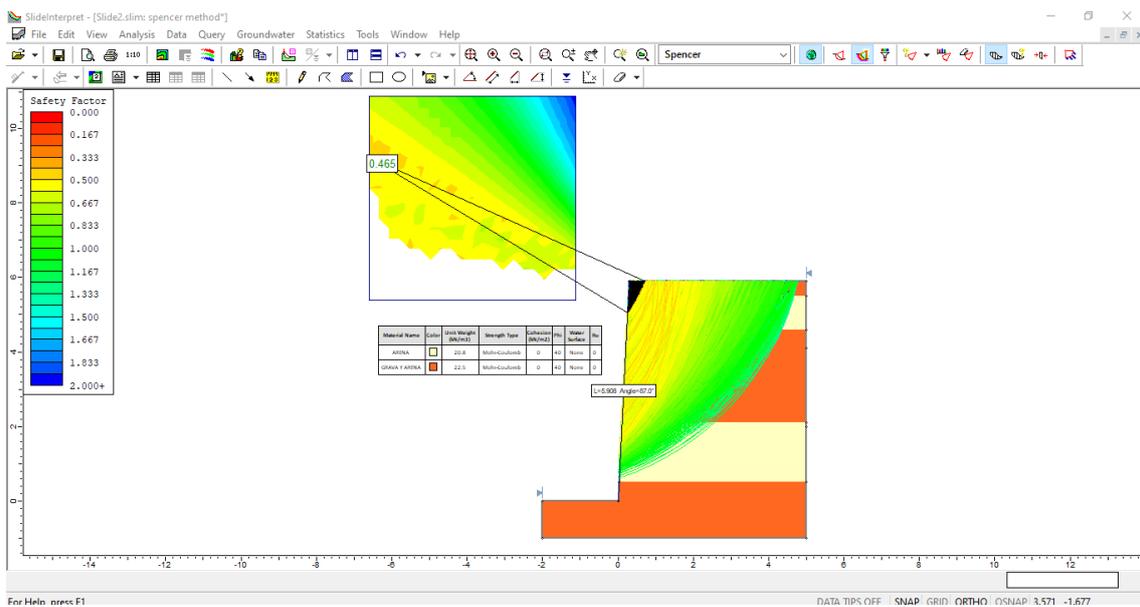


Figura 28. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

Anexo N°15. Tramo 3

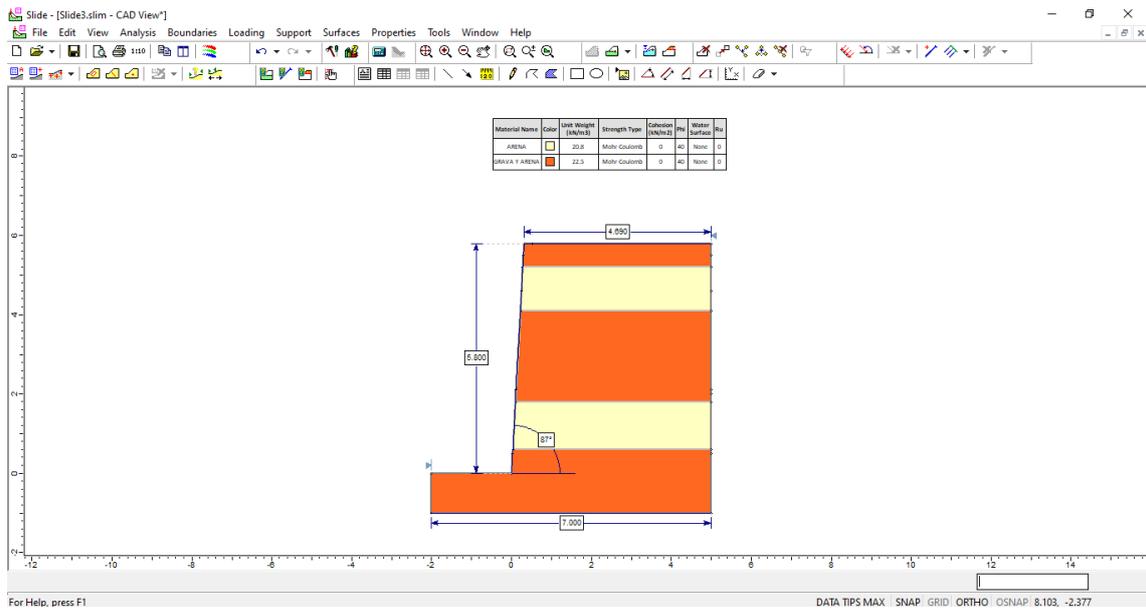


Figura 29. Tercer tramo del Talud, con un ángulo de 87°.

Fuente: Software slide 6.0

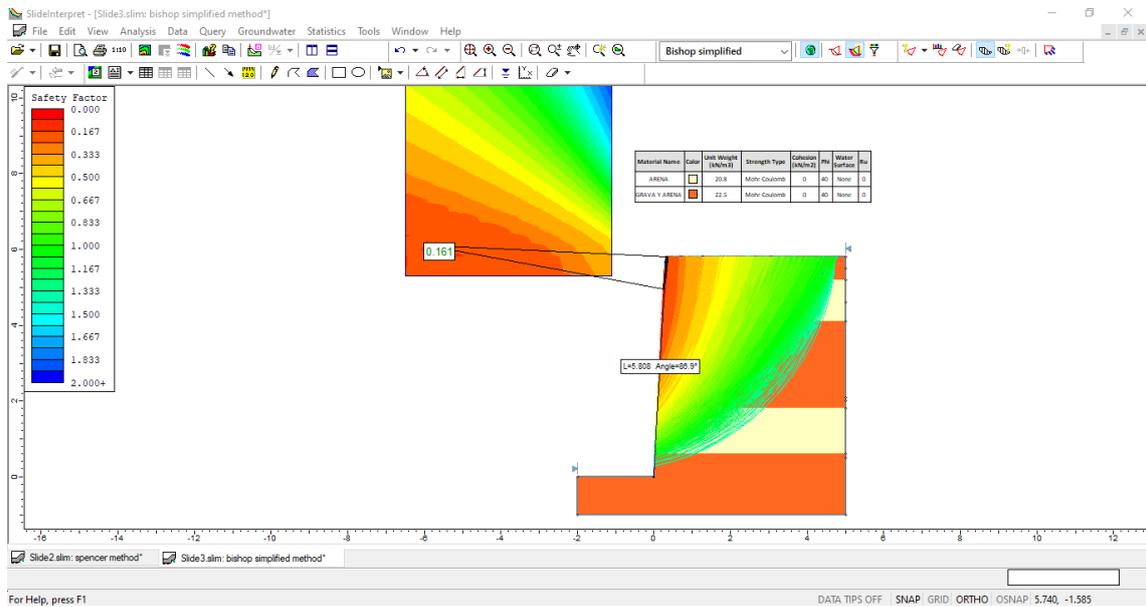


Figura 30. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

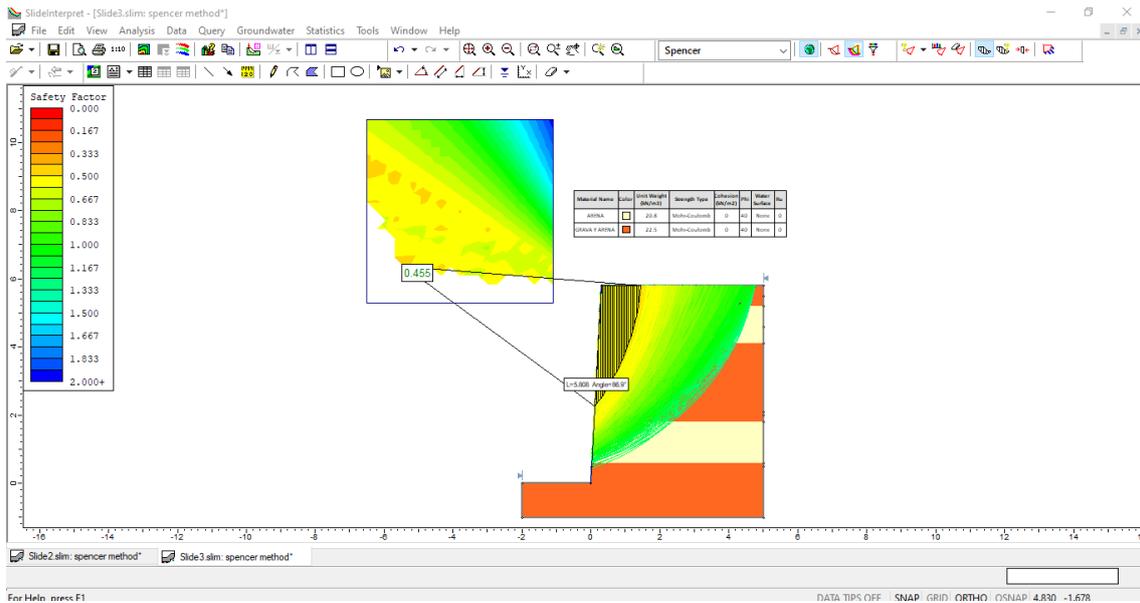


Figura 31. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

Anexo N°16. Tramo 4

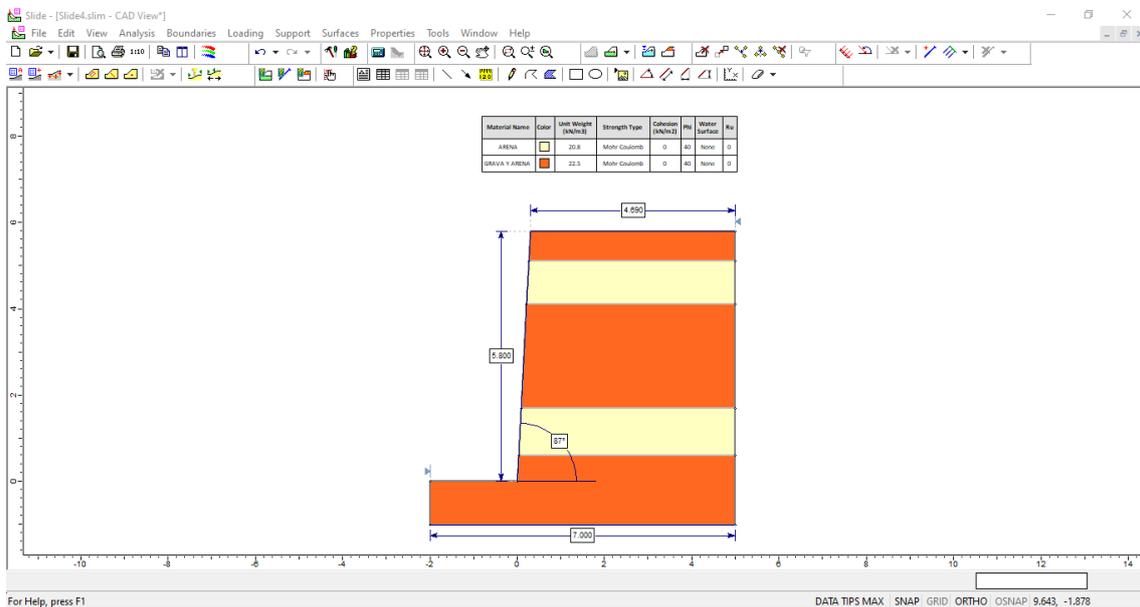


Figura 32. Cuarto tramo del Talud, con un ángulo de 87°.

Fuente: Software slide 6.0

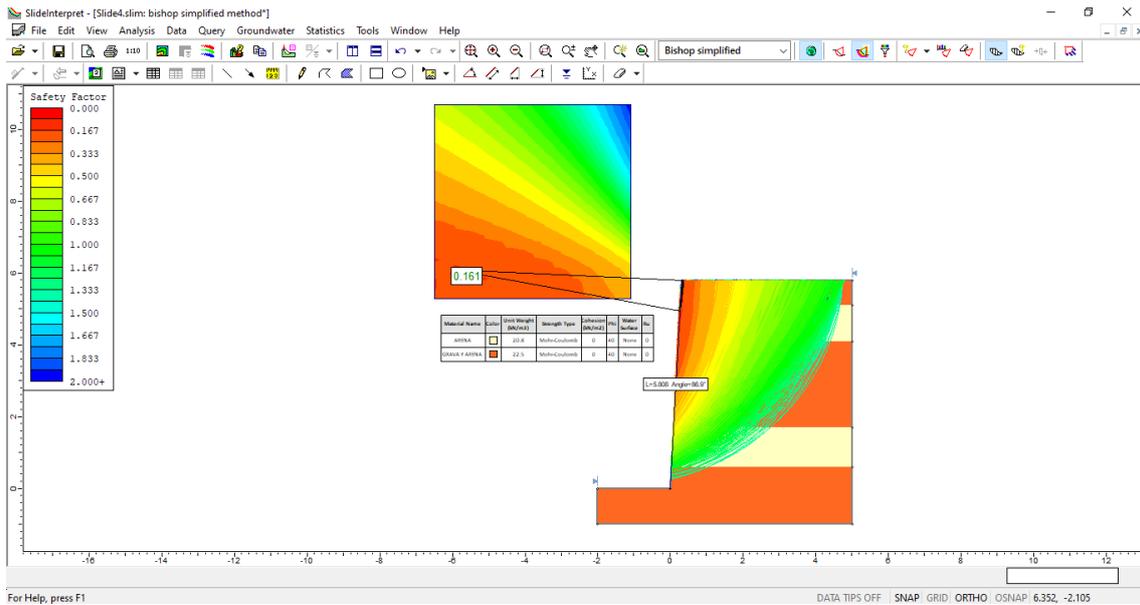


Figura 33. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

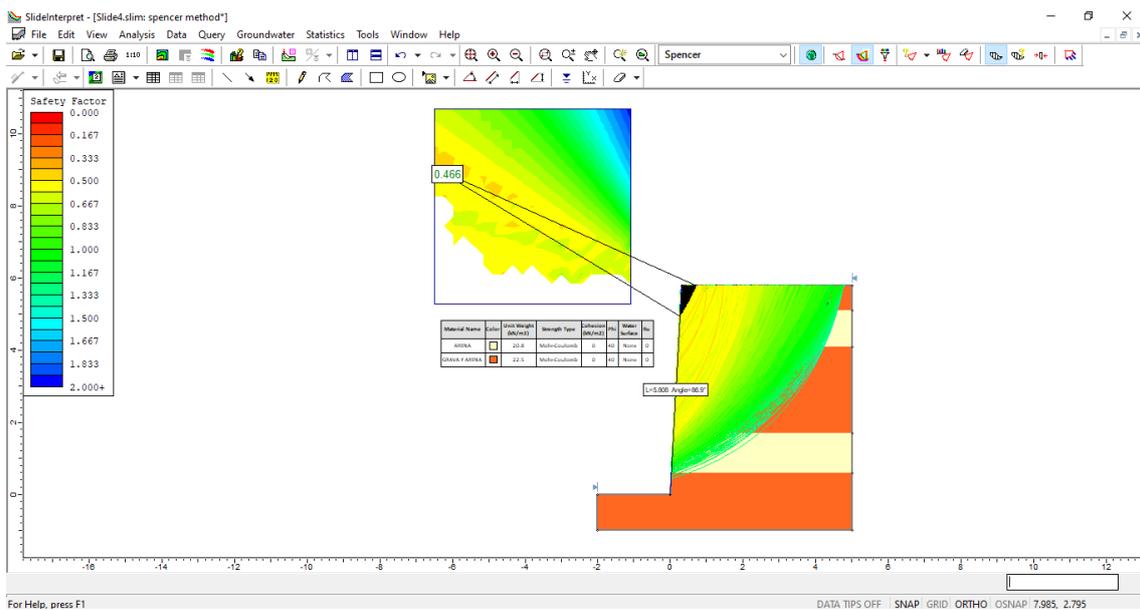


Figura 34. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

Anexo N°17. Tramo 5

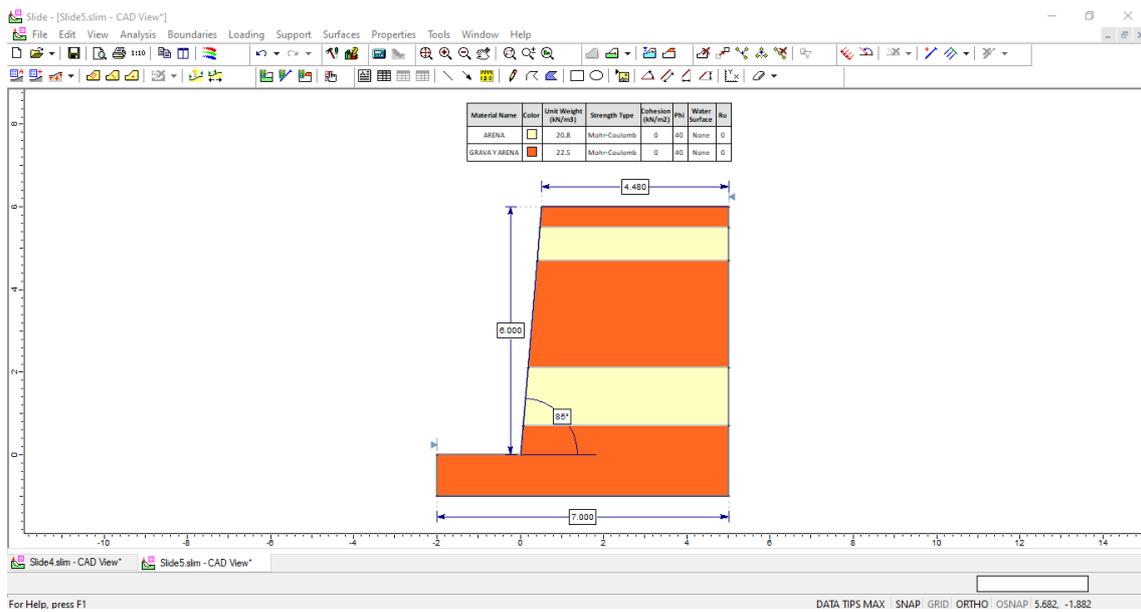


Figura 35. Quinto tramo del Talud, con un ángulo de 85°.

Fuente: Software slide 6.0

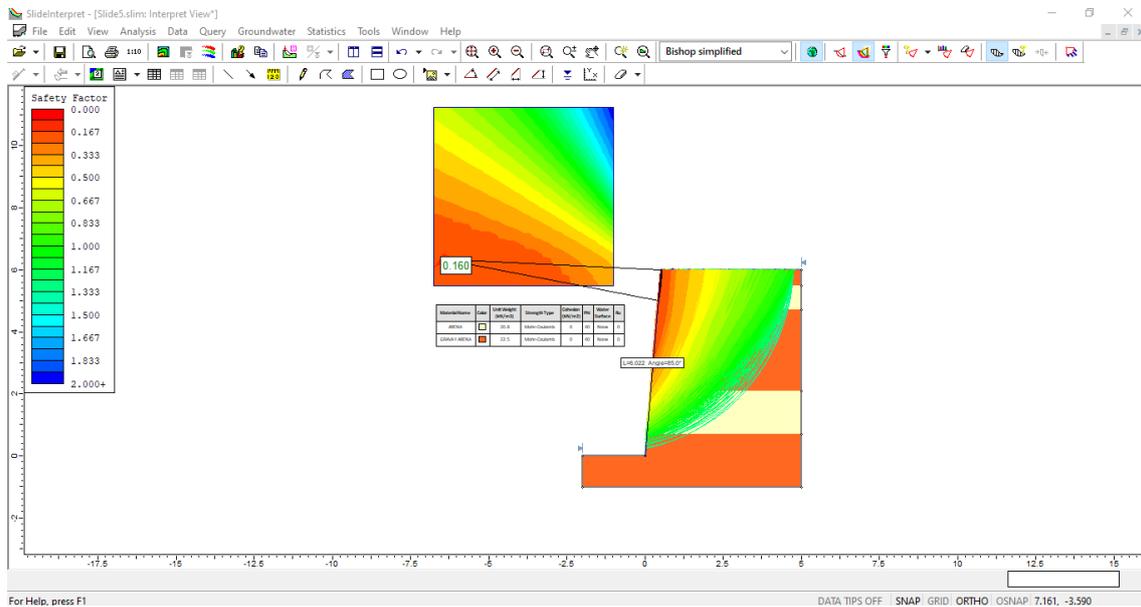


Figura 36. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

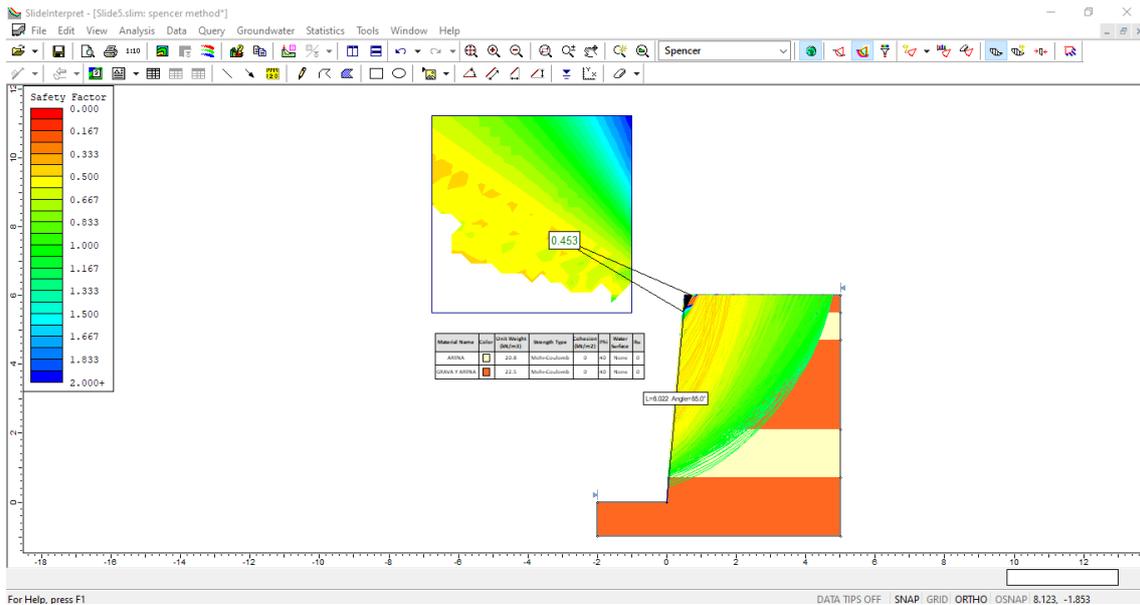


Figura 37. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

Anexo N°18. Tramo 6

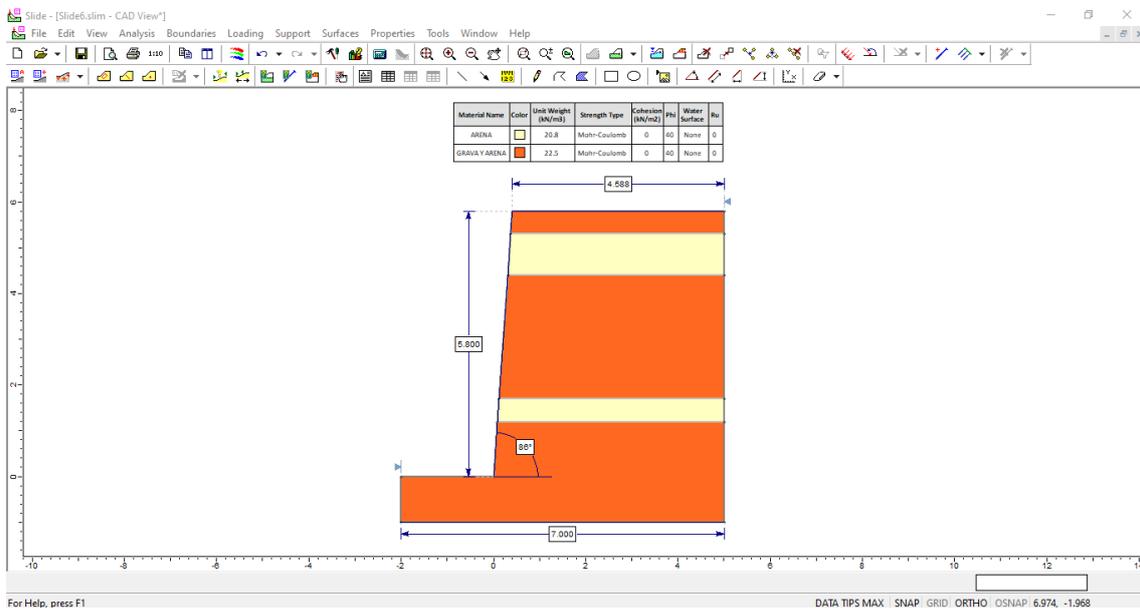


Figura 38. Sexto tramo del Talud, con un ángulo de 86°.

Fuente: Software slide 6.0

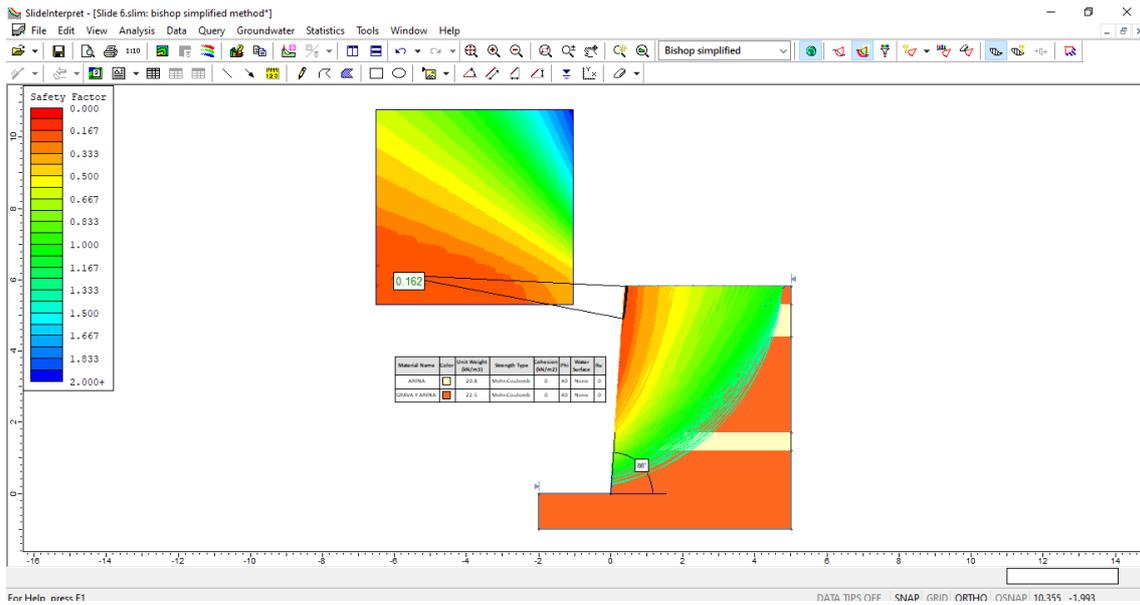


Figura 39. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

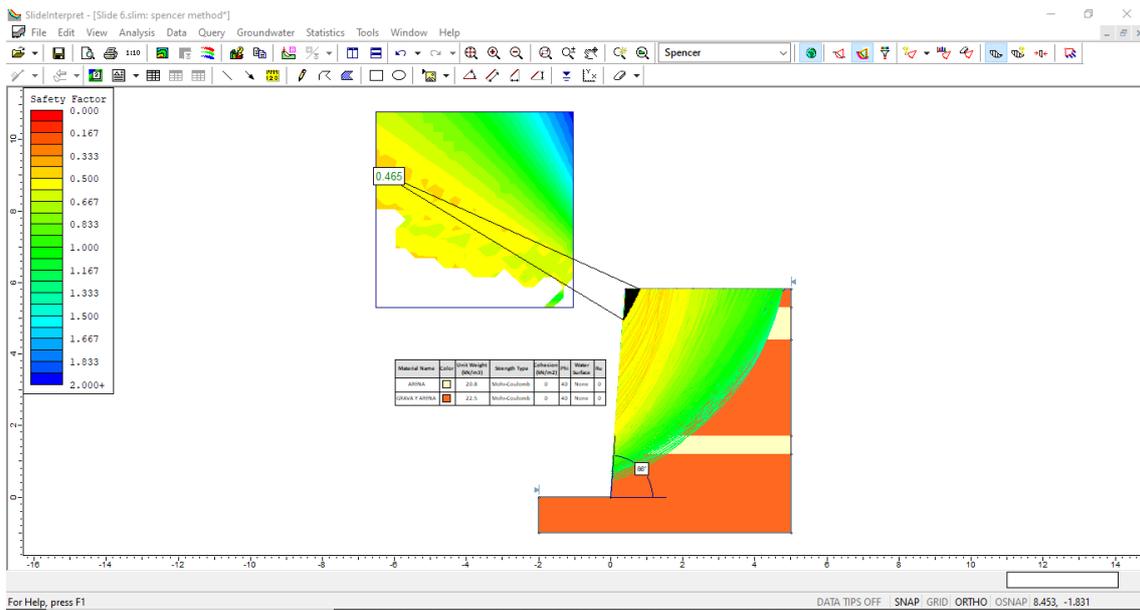


Figura 40. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

Anexo N°19. Tramo 7

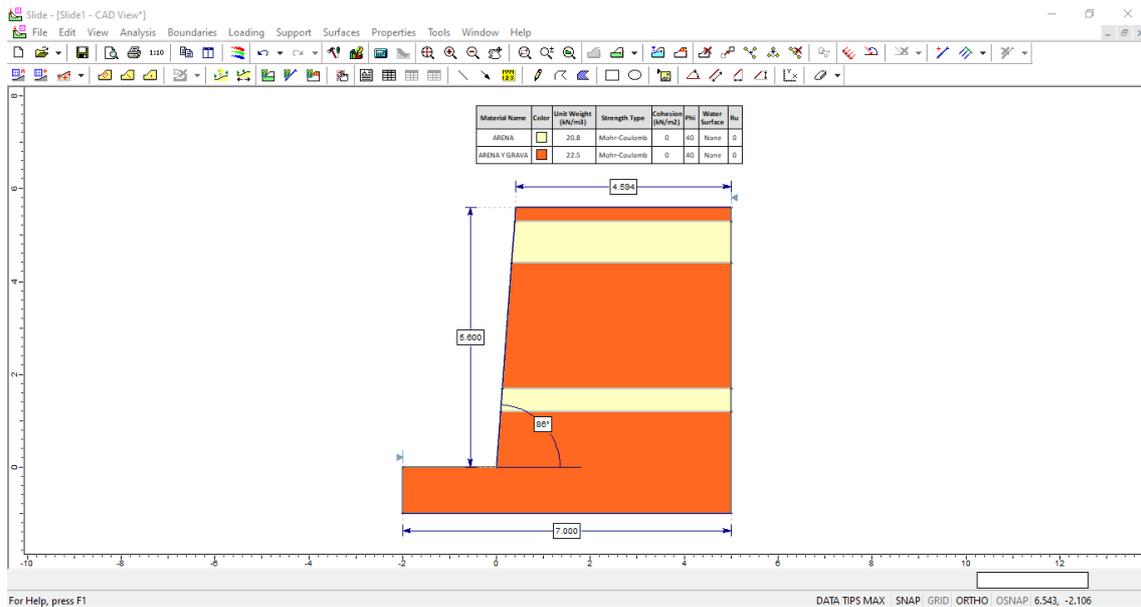


Figura 41. Séptimo tramo del Talud, con un ángulo de 86°.

Fuente: Software slide 6.0

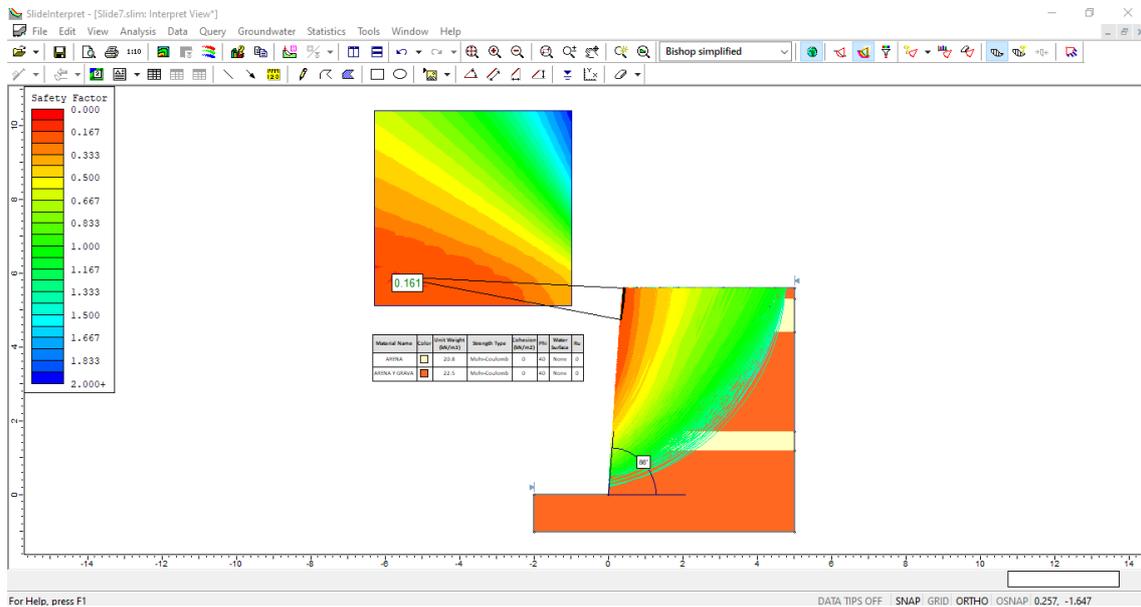


Figura 42. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

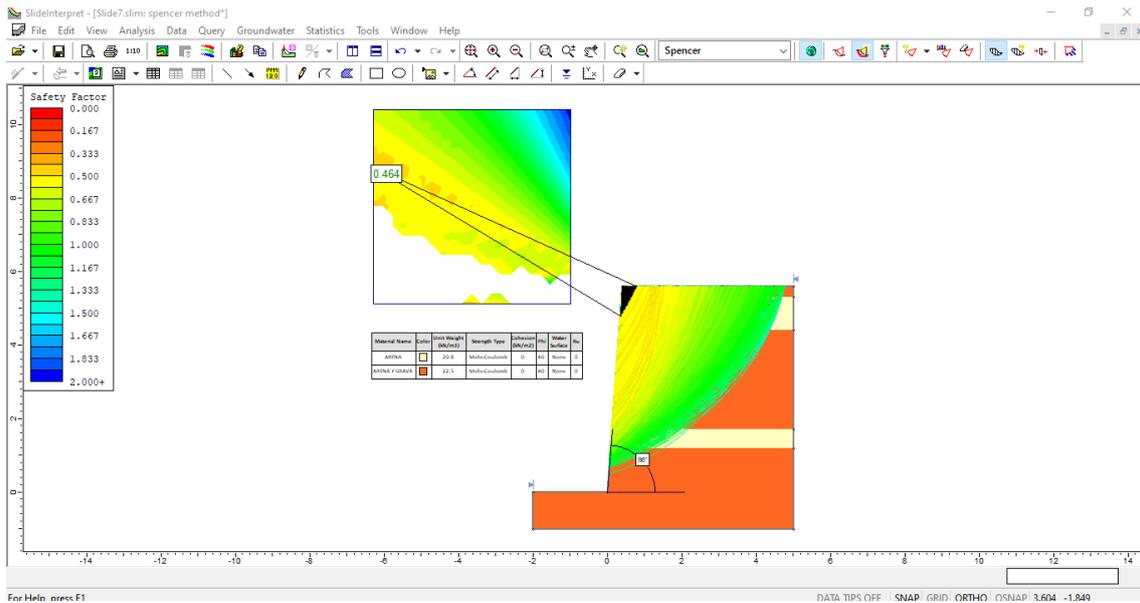


Figura 43. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

Anexo N°20. Tramo 8

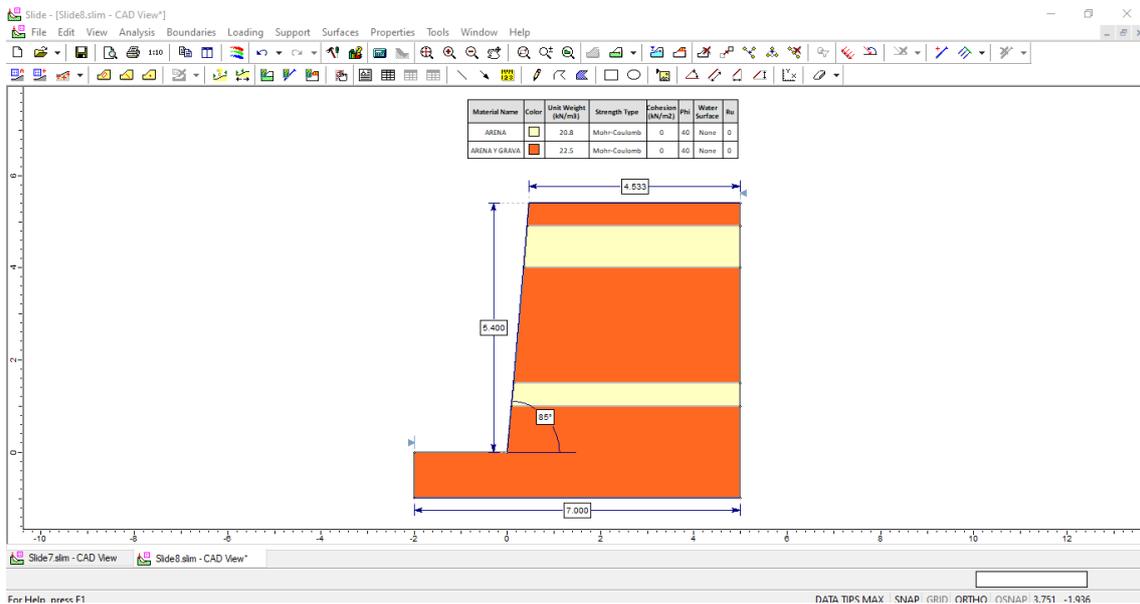


Figura 44. Octavo tramo del Talud, con un ángulo de 85°.

Fuente: Software slide 6.0

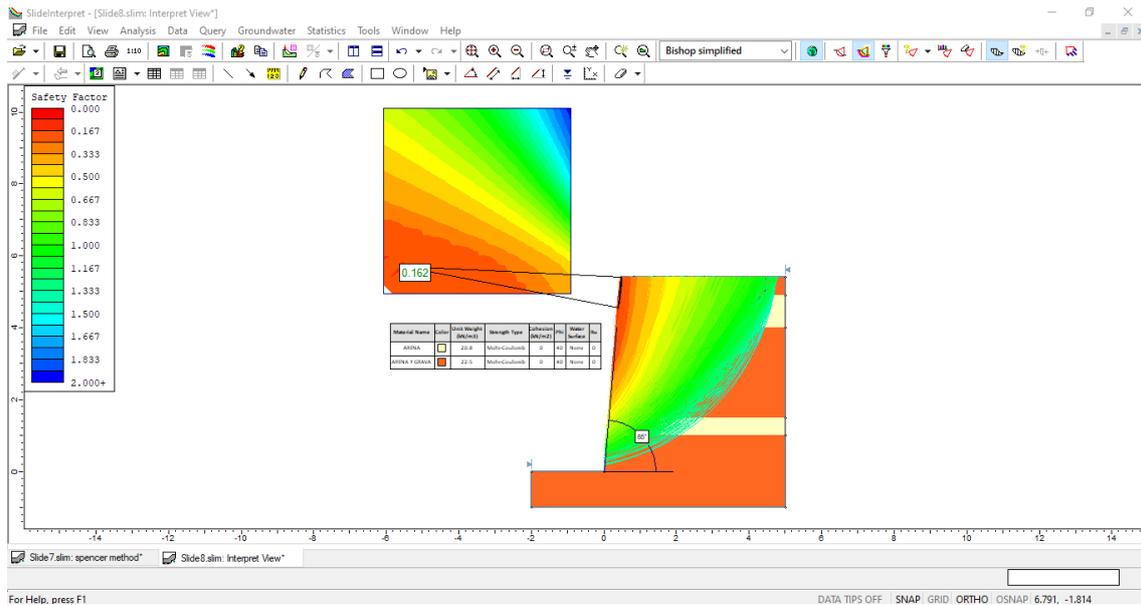


Figura 45. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

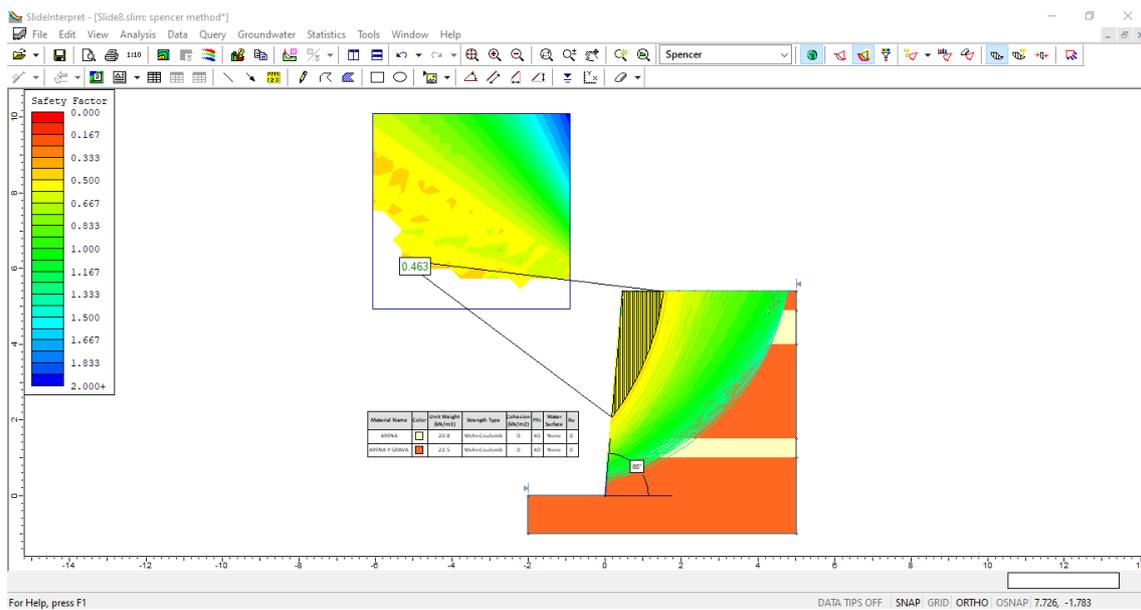


Figura 46. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

Anexo N°21. Tramo 9

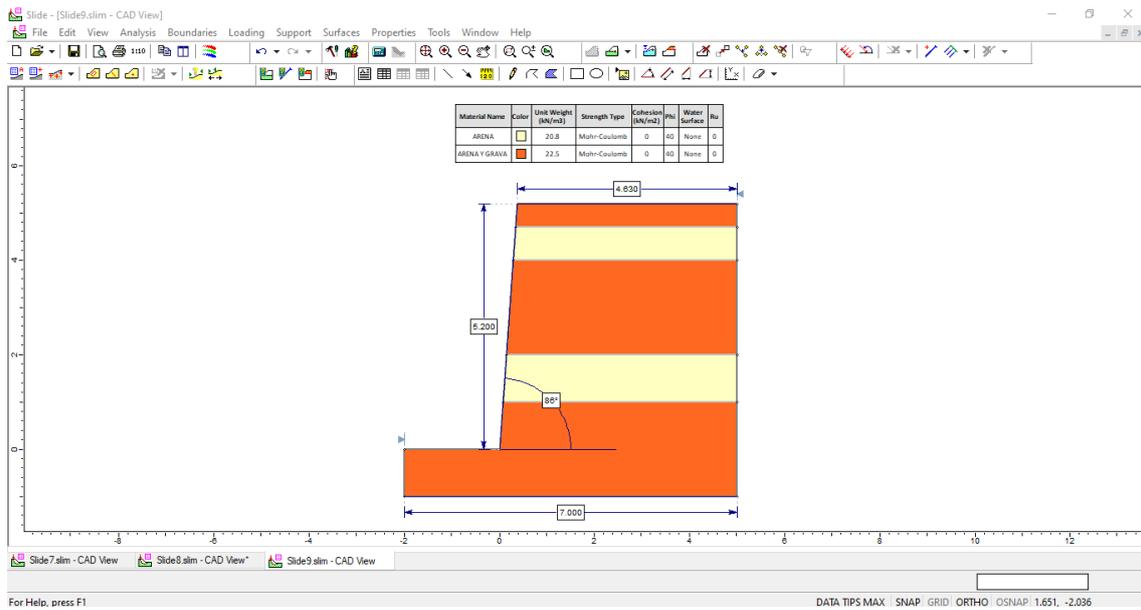


Figura 47. Noveno tramo del Talud, con un ángulo de 86°.

Fuente: Software slide 6.0

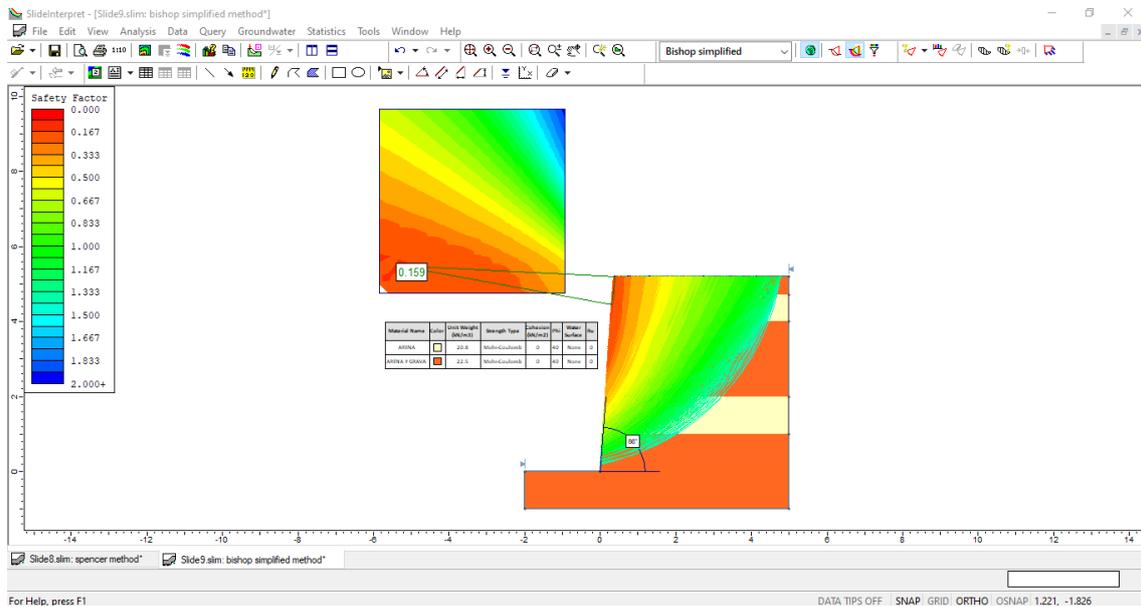


Figura 48. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

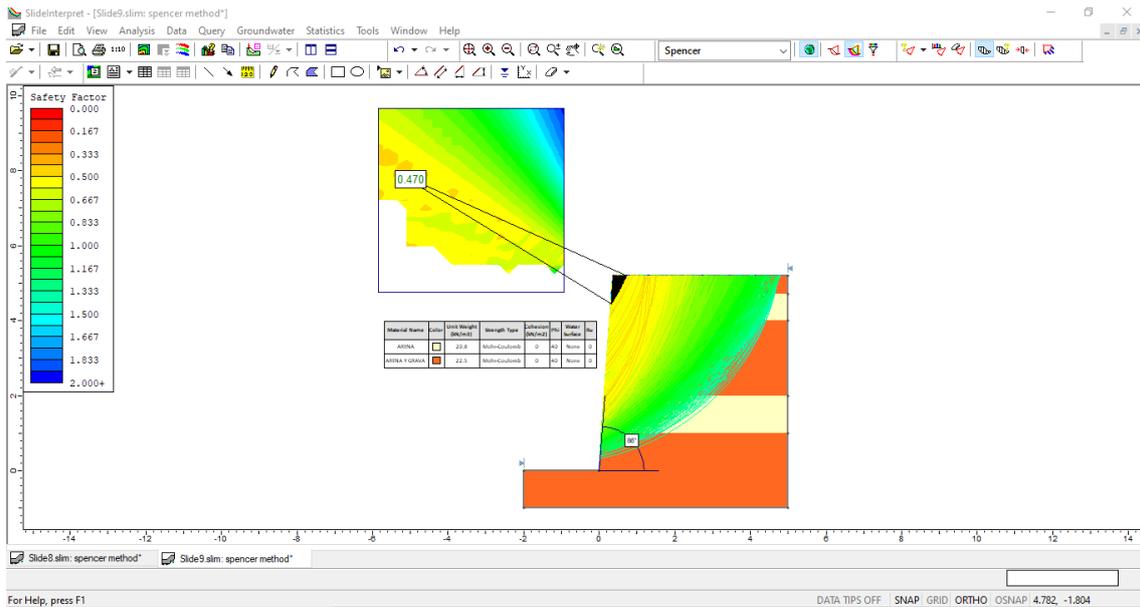


Figura 49. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

Anexo N° 22. Tramo 10

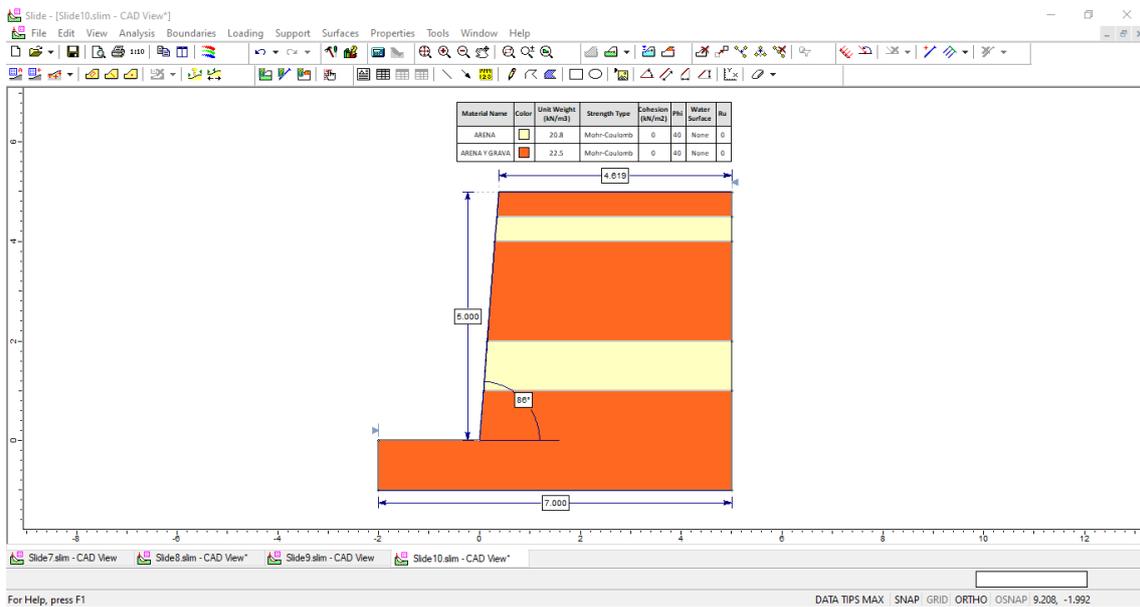


Figura 50. Décimo tramo del Talud, con un ángulo de 86°.

Fuente: Software slide 6.0

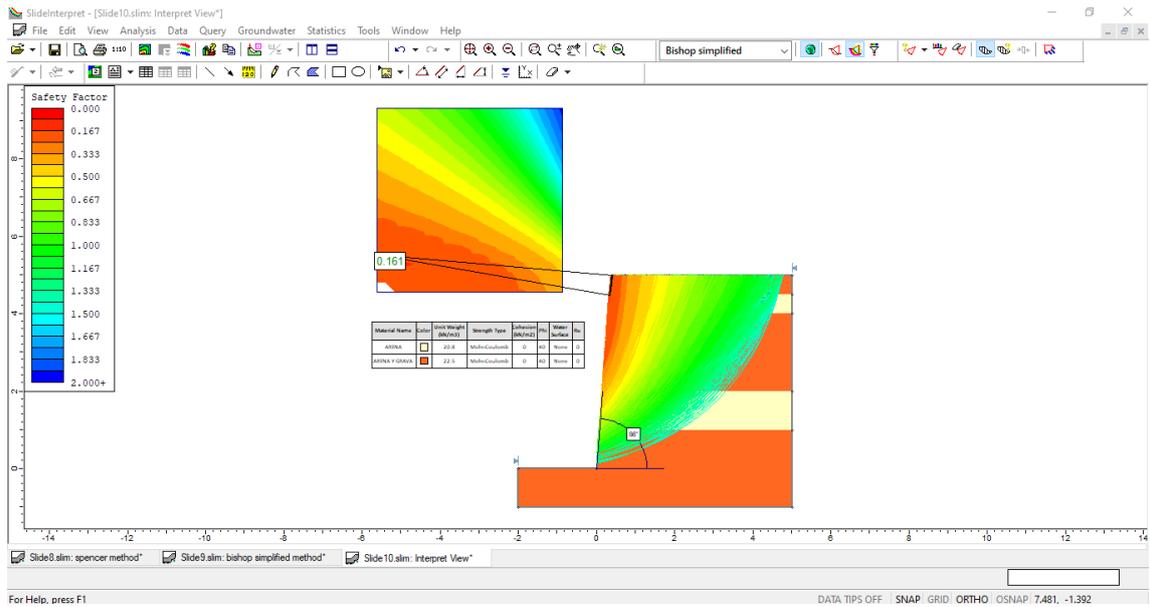


Figura 51. Análisis de estabilidad según el método de Bishop simplificado.

Fuente: Software slide 6.0

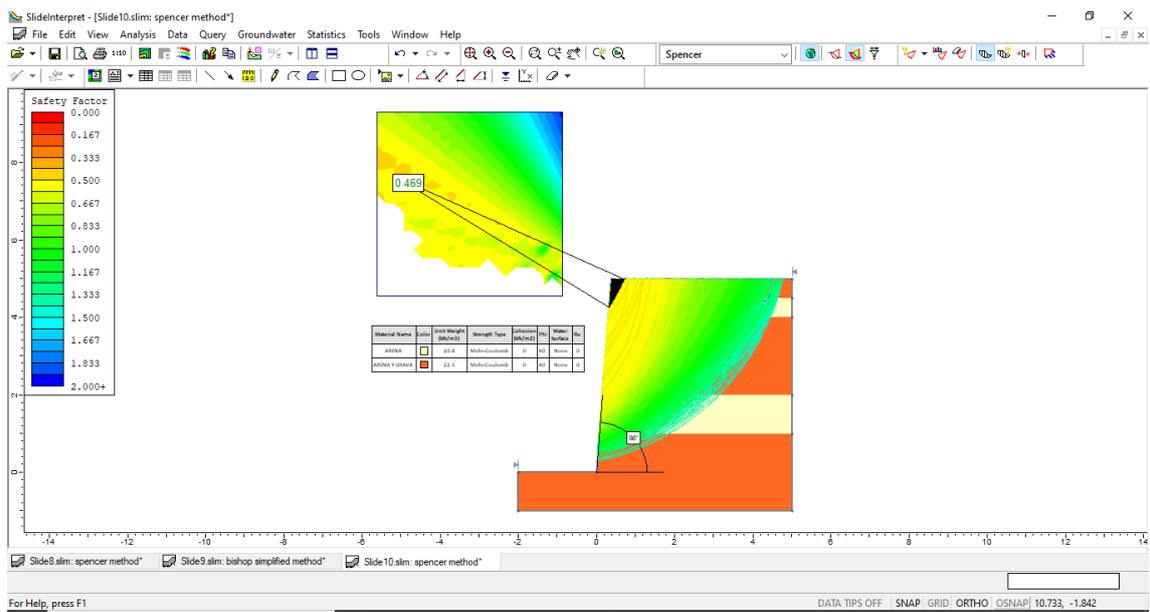


Figura 52. Análisis de estabilidad según el método de Spencer.

Fuente: Software slide 6.0

ANEXO N°23
INTERPRETACIÓN
DE ENTREVISTAS

ANEXO N°24: Entrevistas realizadas a los pobladores de las viviendas cercanas a la Cantera el Arenal.

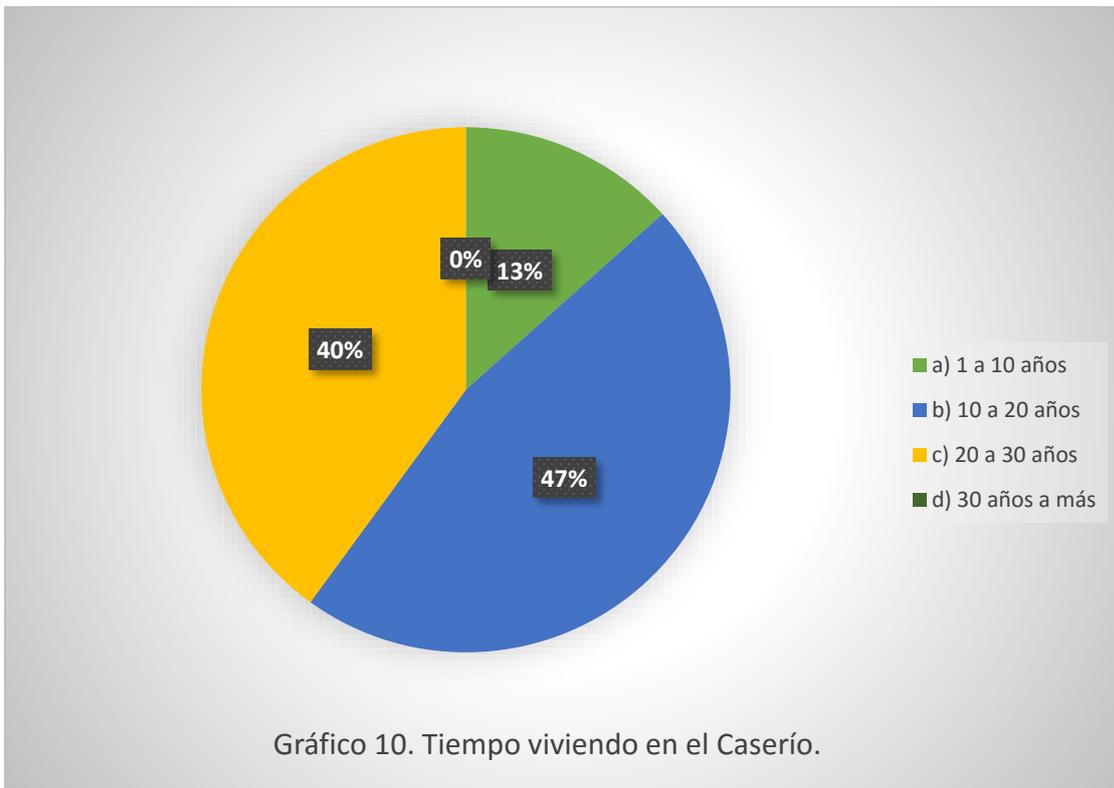
| N° | PREGUNTAS | ALTERNATIVAS | | | |
|----|---|----------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| | | a) | b) | c) | d) |
| 1 | ¿Cuánto tiempo tiene viviendo en este caserío? | a) 1 a 10 años | b) 10 a 20 años | c) 20 a 30 años | d) 30 años a más |
| 2 | ¿En este tiempo viviendo en este lugar ha ocurrido algún problema con la cantera El Arenal? | a) Nunca | b) Pocas veces | c) Muchas veces | d) Siempre |
| 3 | ¿Su vivienda se encuentra cercana a un talud? | a) Si | | b) No | |
| 4 | Si la respuesta es Si, ¿ha observado inestabilidad en el talud? | a) Nunca | b) Pocas veces | c) Muchas veces | d) Siempre |
| 5 | ¿Qué tipo de movimiento ha sufrido el talud? | a) Deslizamiento | b) Derrumbe | c) Colada | d) Otros |
| 6 | ¿Cuál cree que ha sido la causa que originó la inestabilidad del talud? | a) Presencia de Agua | b) Act. Biologica | c) Act. De extracción | d) Otros |
| 7 | ¿Ha comunicado el problema a la Cantera El Arenal? | a) Nunca | b) Pocas veces | c) Muchas veces | d) Siempre |
| 8 | ¿Se ha realizado medidas de control de parte de la Cantera con respecto a la problemática? | a) Nunca | b) Pocas veces | c) Muchas veces | d) Siempre |

| ENTREVISTA REALIZADA A POBLADOR DE VIVIENDA DEL CASERÍO CERCANA A LA CANTERA. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PERSONAS PREGUNTAS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | c | b | a | b | b | a | b | b |
| 2 | c | a | a | c | b | c | b | a |
| 3 | b | c | a | c | b | d | c | b |
| 4 | c | b | a | c | a | d | c | b |
| 5 | c | b | a | c | b | b | d | b |
| 6 | b | a | a | d | a | d | d | b |
| 7 | a | b | a | b | b | d | a | b |
| 8 | b | b | b | c | b | d | a | a |
| 9 | c | c | a | b | b | c | d | b |
| 10 | b | b | a | d | a | c | a | a |
| 11 | b | b | b | d | b | b | c | b |
| 12 | c | b | a | b | b | b | c | b |
| 13 | b | a | a | b | b | b | a | b |
| 14 | b | c | a | c | a | d | b | c |
| 15 | a | b | a | d | a | c | b | a |

Tabla 27. Tiempo Viviendo en el Caserío.

| OPCIONES | TIEMPO VIVIENDO EN EL CASERÍO | PORCENTAJES |
|------------------|-------------------------------|-------------|
| a) 1 a 10 años | 2 | 13.33% |
| b) 10 a 20 años | 7 | 46.67% |
| c) 20 a 30 años | 6 | 40.00% |
| d) 30 años a más | 0 | 0.00% |
| | 15 | 100.00% |

Fuente: Elaboración Propia

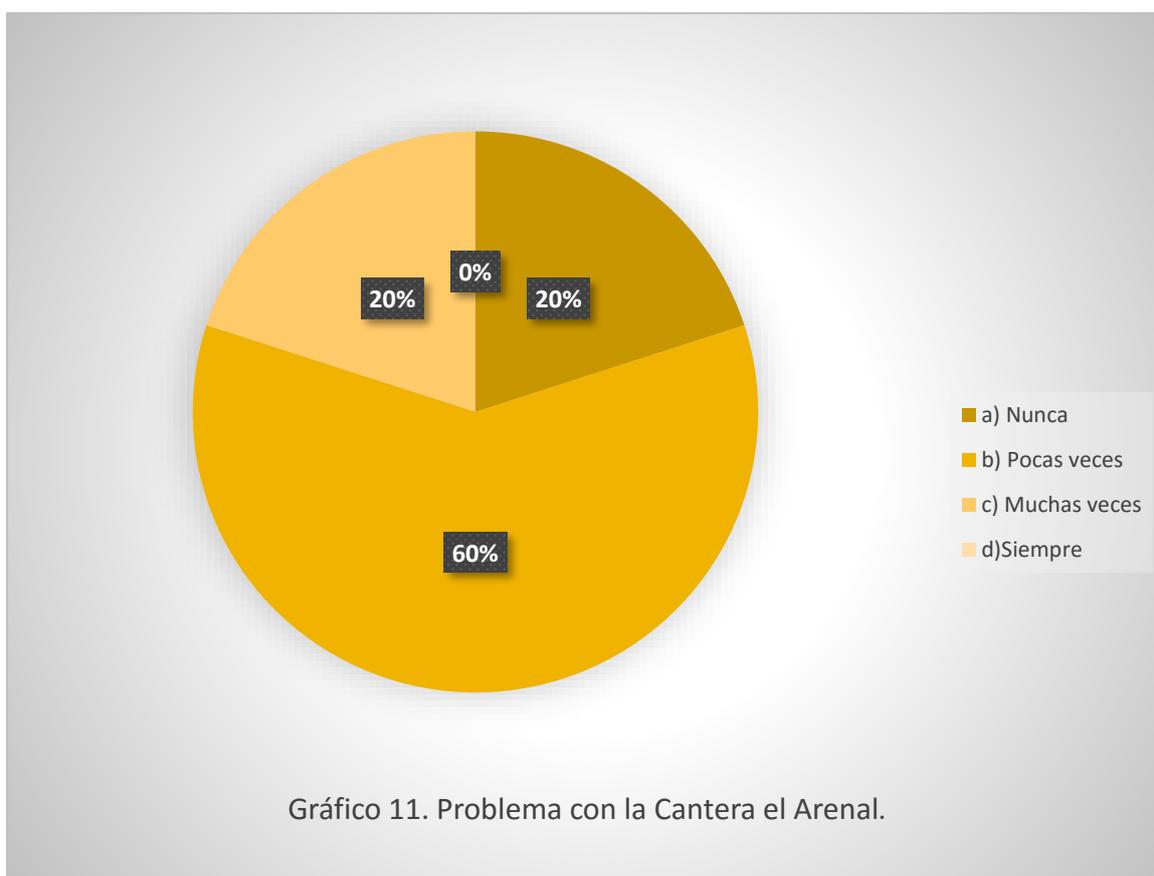


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. *Ha ocurrido algún problema con la Cantera.*

| OPCIONES | HA OCURRIDO ALGUN PROBLEMA CON LA CANTERA EL ARENAL | PORCENTAJE |
|-----------------|---|------------|
| a) Nunca | 3 | 20.00% |
| b) Pocas veces | 9 | 60.00% |
| c) Muchas veces | 3 | 20.00% |
| d) Siempre | 0 | 0.00% |
| | 15 | 100.00% |

Fuente: Elaboración Propia

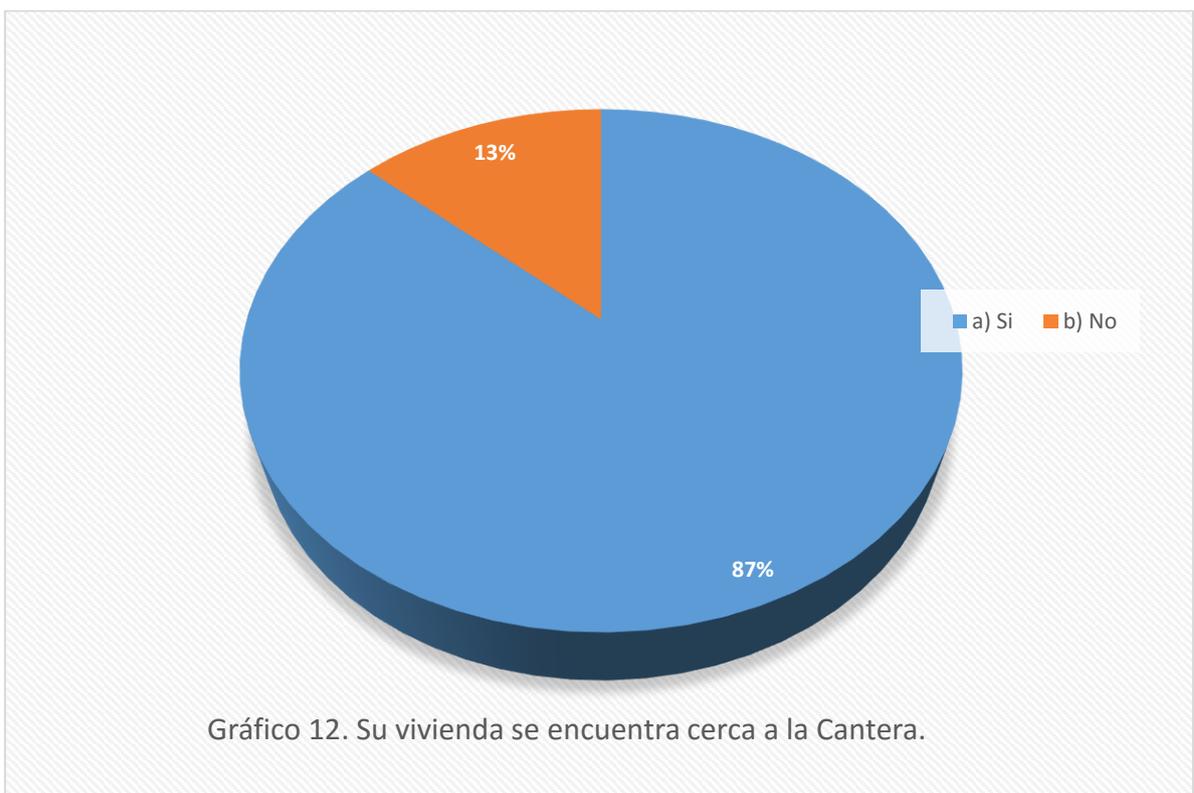


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29. Viviendas que se encuentran cerca de un talud.

| OPCIONES | SU VIVIENDA SE ENCUENTRA CERCA A UN TALUD | PORCENTAJE |
|----------|---|------------|
| a) Si | 13 | 86.67% |
| b) No | 2 | 13.33% |
| | 15 | 100.00% |

Fuente: Elaboración Propia

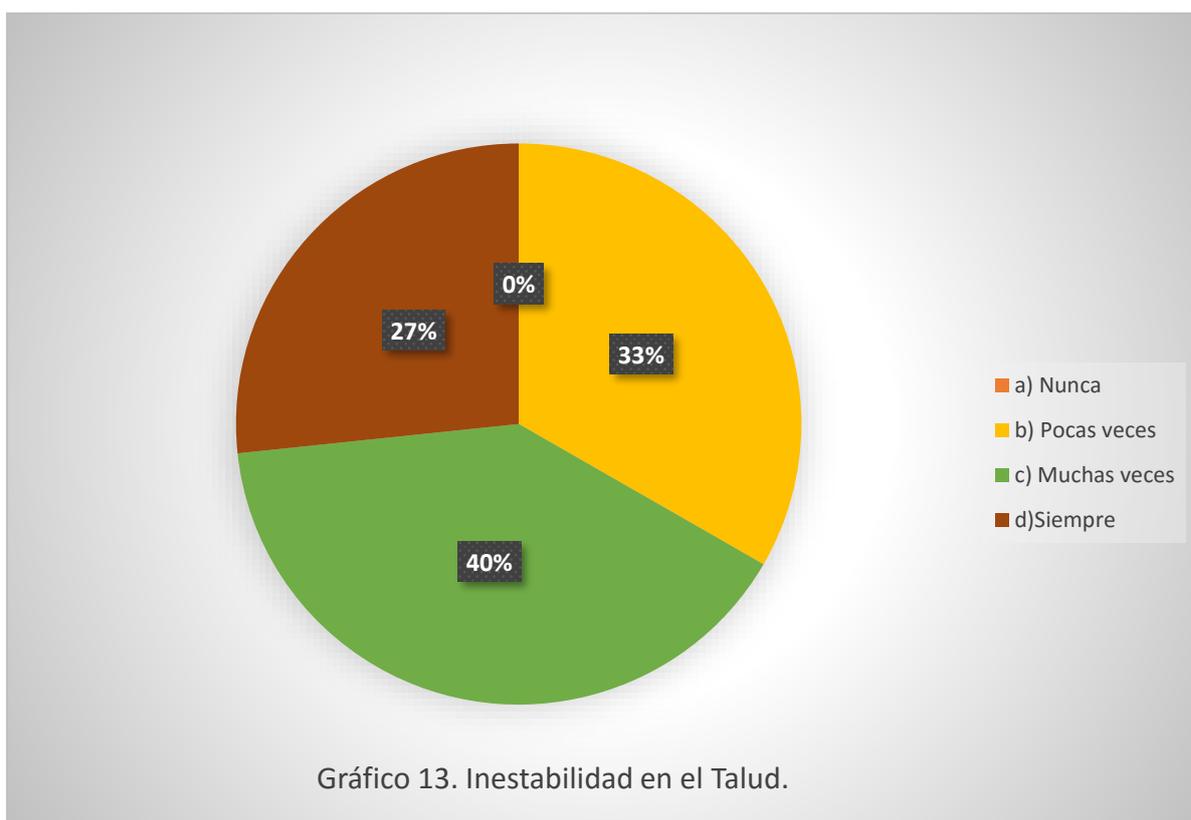


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Inestabilidad en el Talud.

| OPCIONES | INESTABILIDAD EN EL TALUD | PORCENTAJE |
|-----------------|---------------------------|------------|
| a) Nunca | 0 | 0.00% |
| b) Pocas veces | 5 | 33.33% |
| c) Muchas veces | 6 | 40.00% |
| d) Siempre | 4 | 26.67% |
| | 15 | 100.00% |

Fuente: Elaboración Propia

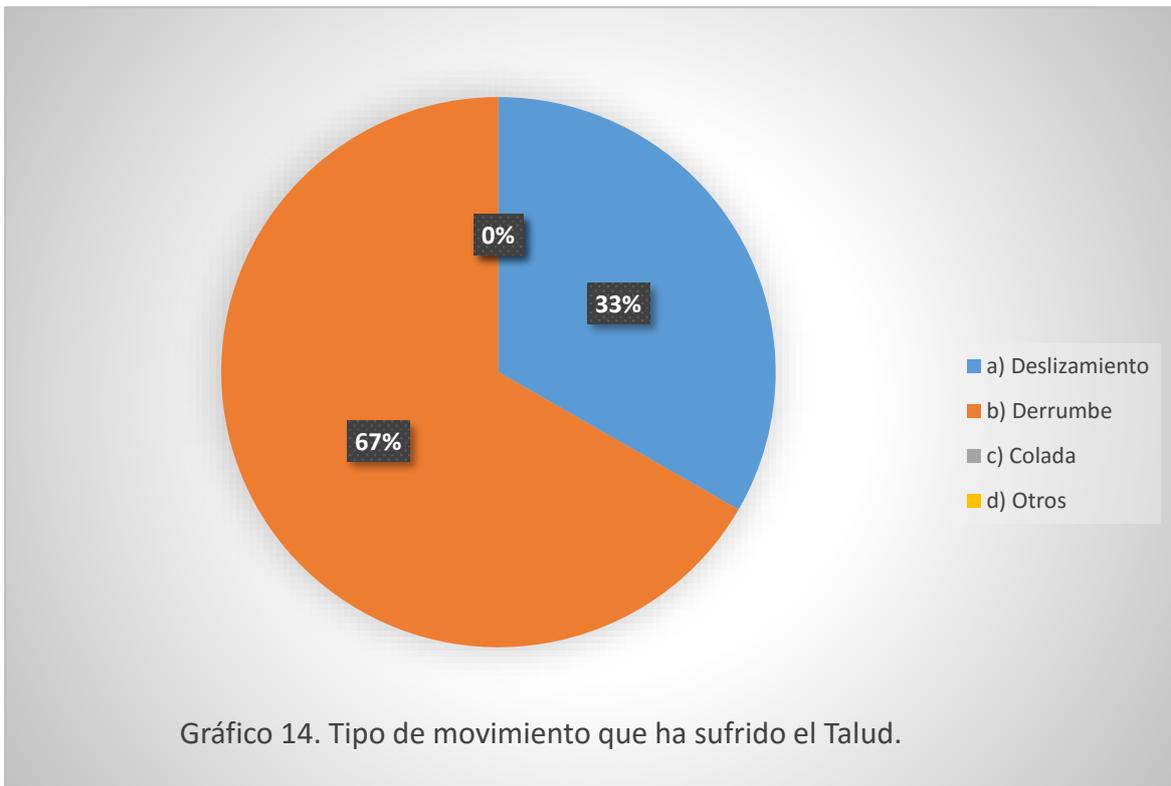


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Inestabilidad en el Talud.

| OPCIONES | TIPO DE MOVIMIENTO QUE HA SUFRIDO EL TALUD | PORCENTAJE |
|------------------|--|------------|
| a) Deslizamiento | 5 | 33.33% |
| b) Derrumbe | 10 | 66.67% |
| c) Colada | 0 | 0.00% |
| d) Otros | 0 | 0.00% |
| | 15 | 100.00% |

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32. *Inestabilidad en el Talud.*

| OPCIONES | FACTORES QUE ORIGINO LA INESTABILIDAD DEL TALUD | PORCENTAJE |
|-----------------------|---|------------|
| a) Presencia de Agua | 1 | 6.67% |
| b) Act. Biologica | 4 | 26.67% |
| c) Act. De extracción | 4 | 26.67% |
| d) Recursos Naturales | 6 | 40.00% |
| | 15 | 100.00% |

Fuente: Elaboración Propia

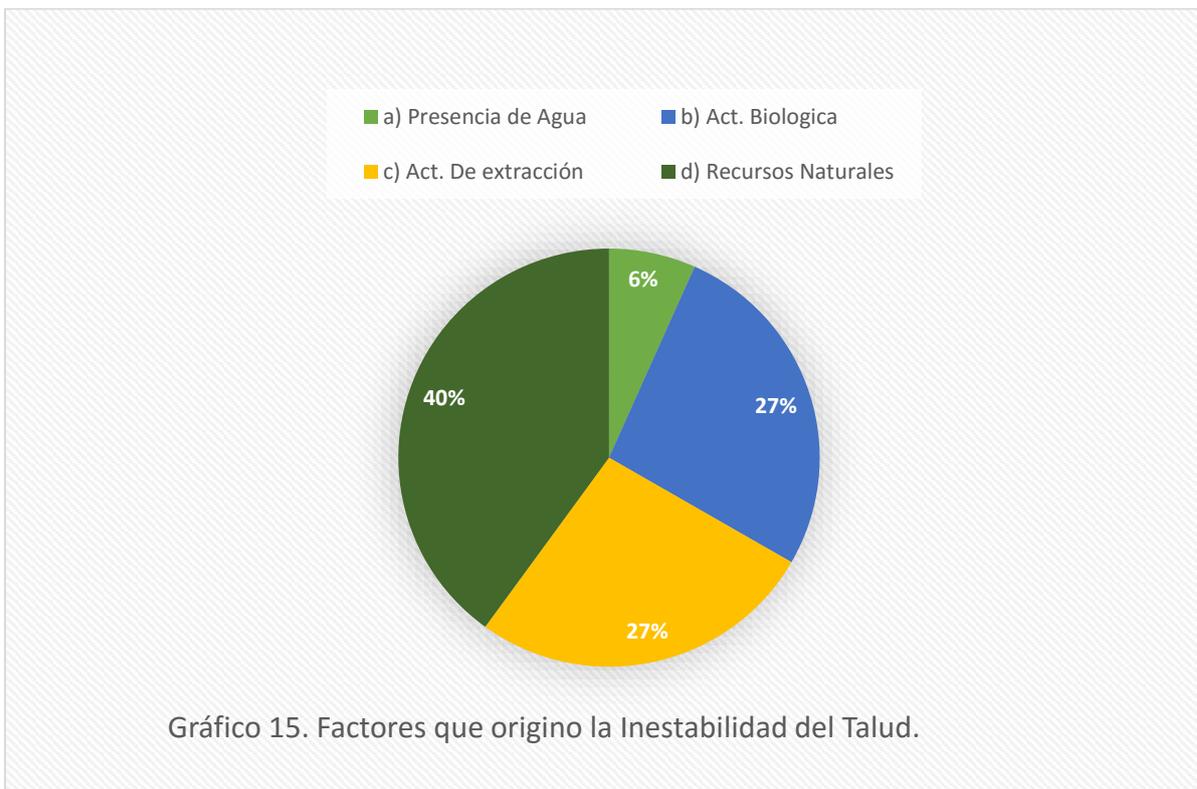


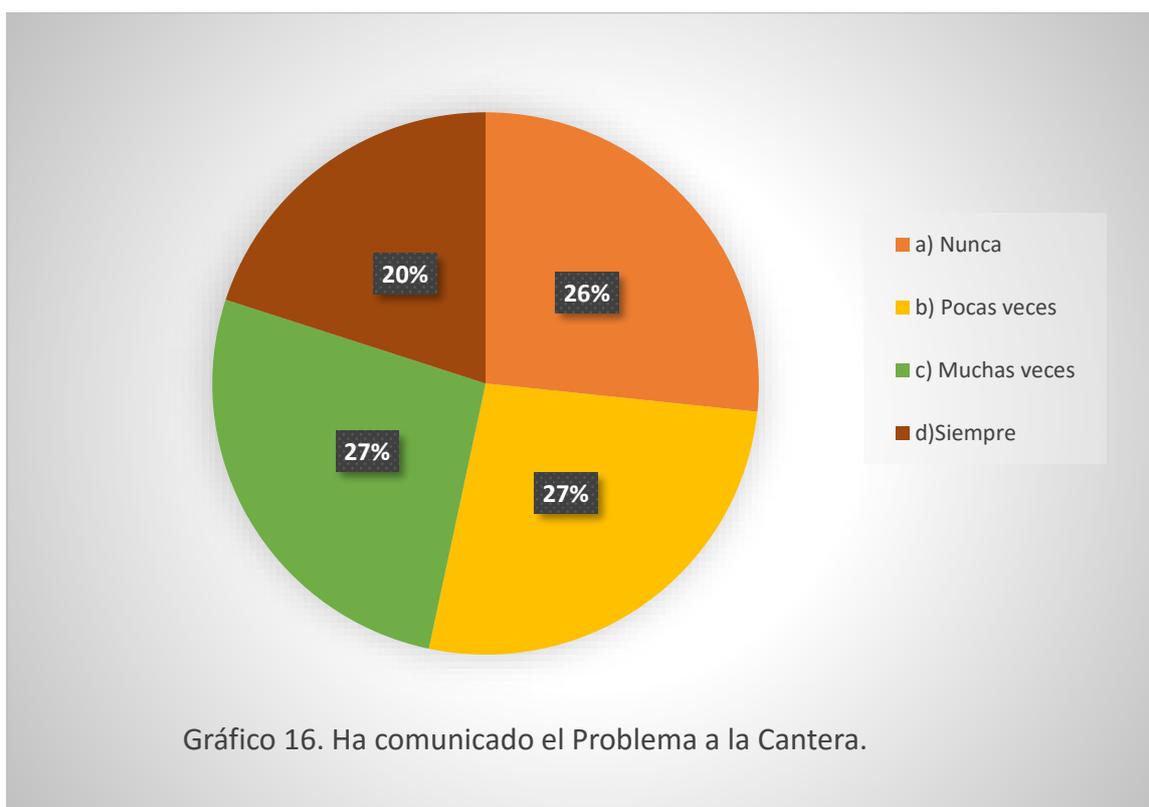
Gráfico 15. Factores que origino la Inestabilidad del Talud.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33. *Ha comunicado el problema a la Cantera el Arenal.*

| OPCIONES | HA COMUNICADO EL PROBLEMA A LA CANTERA EL ARENAL | PORCENTAJE |
|-----------------|--|------------|
| a) Nunca | 4 | 26.67% |
| b) Pocas veces | 4 | 26.67% |
| c) Muchas veces | 4 | 26.67% |
| d) Siempre | 3 | 20.00% |
| | 15 | 100.00% |

Fuente: Elaboración Propia

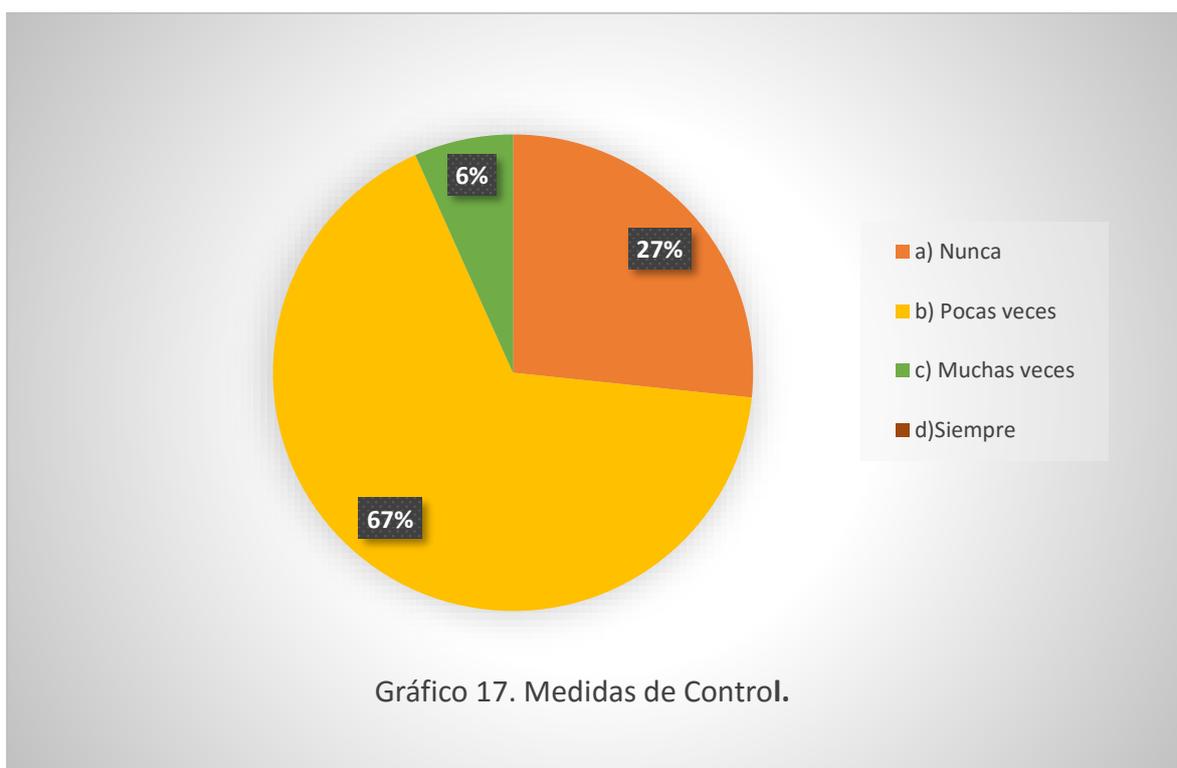


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34. Medidas de Control.

| OPCIONES | MEDIDAS DE CONTROL | PORCENTAJE |
|-----------------|--------------------|------------|
| a) Nunca | 4 | 26.67% |
| b) Pocas veces | 10 | 66.67% |
| c) Muchas veces | 1 | 6.67% |
| d) Siempre | 0 | 0.00% |
| | 15 | 100.00% |

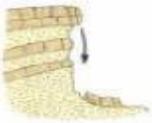
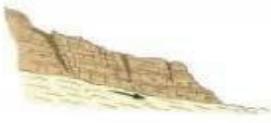
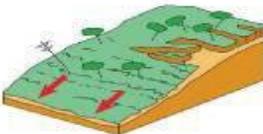
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°25. Tipos de movimientos

Tabla 35. Tipo de movimiento.

| TIPO DE MOVIMIENTO | VARIANTES | ROCAS | DERRUBIOS | SUELOS |
|--------------------|--------------------------------------|---|--|---|
| Caidas | Desprendimientos |  |  |  |
| | Vuelcos |  |  |  |
| Deslizamientos | Rotacionales (slump) |  | |  |
| | Traslacionales |  | |  |
| Expansión lateral | |  |  | |
| Flujos | Corriente de derrubios (debris flow) |  |  |  |
| | Colada fangosa (earthflow) | | | |
| | Reptación (creep) | | | |
| Complejos | | Combinación de dos o más tipos de movimientos. | | |

Fuente: [Geobook Geologia](#)

ANEXO N°26. Alternativas de estabilización en taludes de tipo suelo

| MATERIAL | TIPOS DE ESTABILIZACIÓN | | | |
|-------------------------|---|--|--|--|
| | MÉCANICA | CON CEMENTO | CON CAL | CON EMULSIÓN |
| GRAVA | Puede ser necesaria la adición de finos para prevenir desprendimiento. | Probablemente no es necesaria, salvo si hay finos plásticos. Cantidad de 2 a 4%. | No es necesaria, salvo que los finos sean plásticos. Cantidad de 2 a 4%. | Apropiada si hay deficiencia de finos. Aproximadamente 3% de asfalto residual. |
| ARENA LIMPIA | Adición de gruesos para dar la estabilidad y de finos para prevenir desprendimientos. | Inadecuada: produce material quebradizo. | Inadecuada: no hay reacción. | Muy adecuada: de 3 a 5% de asfalto residual. |
| ARENA ARCILLOS A | Adición de gruesos para mejorar resistencia. | Recomendable 4-8%. | Es factible dependiendo del contenido de arcilla. | se puede emplear de 3 a 4% de asfalto residual. |
| ARCILLA ARENOSA | Usualmente no es aconsejable. | Recomendable 4-12%. | 4 a 8% dependiendo del contenido de arcilla | Se puede emplear pero no es muy aconsejable |
| ARCILLA | inadecuada | No es muy aconsejable. | Muy adecuada | Inadecuada |

Fuente: Norma CE 020

ANEXO N°27. Métodos de cálculo

