



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de estabildades de taludes entre los kilómetros 51 al 55
en la carretera Trujillo - Huamachuco.**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Flores Aguilar, Edgar (ORCID: 0000-0001-6723-8919)

Román Segura, Ángel (ORCID: 0000-0003-1328-3129)

ASESOR:

Mg. Ing. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Al creador y padre celestial que día a día me guía en el transcurso de mi camino creando un propósito diario en nuestras vidas. Ha mis familiares específicamente a mis amados y queridos padres por sus consejos, amor y comprensión en las circunstancias más críticas durante mi carrera profesional y vida personal.

Se la dedico a mi madre, padre y novia, que siempre estuvieron brindándome su apoyo en los momentos hermosos como en los difíciles de mi vida, ellos fueron mi fortaleza brindándome su apoyo siempre, así mismo a Dios que siempre me levanta de mis tropiezos y me brinda toda la fuerza para seguir adelante y cumplir con todas mis metas

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los asesores Ing. Farfán Córdova Marlon, por brindarme las guías suficientes para poder culminar con este proyecto de investigación y al Ing. Cerna Rondón Luis Anibal por sus conocimientos brindados como especialista para el desarrollo de esta última parte de tesis, a mis amigos con quienes tuve la oportunidad de compartir experiencias dentro y fuera de la universidad.

Agradezco a mis asesores Ing. Farfán Córdova Marlon, por compartir todos sus conocimientos y poder finalizar con éxito este proyecto de investigación, así mismo al Ing. Cerna Rondón Luis Aníbal por sus correcciones y recomendaciones brindadas como asesor especialista de desarrollo de tesis.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO:.....	3
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	17
3.2. Variables y Operacionalización	18
3.3. Población, muestra y muestreo	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5. Procedimientos	19
3.6. Método de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS.....	22
4.1. Ubicación del proyecto.....	22
4.2. Levantamiento topográfico para determinar el perfil actual del macizo rocoso	25
4.3. Estudio de mecánica de rocas para determinar el porcentaje de humedad.	26
4.4. Clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso	28
4.5.1. Resultados del factor de seguridad por análisis estático.	36
4.6. Solución descriptiva basado en el problema de inestabilidad de taludes.	43
V. DISCUSION.....	45
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Factores de seguridad recomendados (Ministerio de fomento,2001).	15
Tabla N° 2: Datos generales por cada estación geomecánica.	25
Tabla N° 3: Resultados de peso específico y porcentaje de humedad.	27
Tabla N° 4: Resultados de la resistencia a la compresión simple por cada estación geomecánica.	28
Tabla N° 5: Resultados de la separación de discontinuidades por cada estación geomecánica.	29
Tabla N° 6: Resultados del R.Q.D por cada estación geomecánica.	30
Tabla N° 7: Resultados de la longitud de las discontinuidades por cada estación geomecánica.	31
Tabla N° 8: Resultados de abertura de las discontinuidades por cada estación geomecánica.	31
Tabla N° 9: Resultados de la rugosidad de la roca por cada estación geomecánica.	32
Tabla N° 10: Resultados de las discontinuidades del macizo rocoso por cada estación geomecánica.	32
Tabla N° 11: Resultados de la alteración de la roca por cada estación geomecánica.	33
Tabla N° 12: Resultados del ángulo de buzamiento de las discontinuidades por cada estación geomecánica.	34
Tabla N° 13: Resultados de presencia de agua por estación geomecánica.	34
Tabla N° 14: Resultados del RMR por cada estación geomecánica.	35
Tabla N° 15: Resultados cohesión y ángulo de fricción por estación geomecánica.	35
Tabla N° 16: Resultados del factor de seguridad por análisis estático	36
Tabla N° 17: Resultados del factor de seguridad por análisis dinámico	37
Tabla N° 18: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E1	37
Tabla N° 19: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E2	38
Tabla N° 20: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E3	39
Tabla N° 21: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E4	40
Tabla N° 22: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E5	41
Tabla N° 23: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E6	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema simplificado del Ciclo de las Rocas y relación existente entre los distintos tipos de roca y procesos geológicos.....	8
Figura 2: Fórmula para el cálculo del porcentaje de humedad.....	11
Figura 4: Ubicación de La Libertad.....	22
(fuente propia)	22
Figura 55: Ubicación de la provincia de Otuzco	23
Figura 6: Ubicación del distrito de Salpo	23
Figura 7: Ubicación del caserío de Plazapampa	24
(fuente propia)	24
Figura 8: Ubicación del kilometraje y estaciones geomecánicas.....	24
Figura 9: Talud 01	38
Figura 10: Talud 02	39
Figura 11: Talud 03	40
Figura 12: Talud 04	41
Figura 13: Talud 05	42
Figura 14: Talud 06	43
Figura 15: Colocación de pernos en la roca.....	44

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal determinar el análisis de estabilidad de taludes entre los kilómetros 51 al 55 carretera Trujillo-Huamachuco. El diseño es no experimental, transversal porque se recogió datos en un solo momento, en un tiempo único; así mismo se midió una sola vez a la variable. La población estuvo conformada por el macizo rocoso de los progresivas del km 51+000 al 55+000 de la zona de estudio, se aplicó la técnica de observación directa de campo y laboratorio la cual nos permitió la recolección de datos necesarios, para ello se utilizó el martillo de Schmidt para calcular la resistencia a la compresión uniaxial de la roca, peine de Barton se utilizó para el cálculo de la rugosidad de la roca intacta, brújula de brunton se usó para hallar el ángulo de buzamiento, cinta métrica para medir la apertura de labios de discontinuidades, el relleno, el valor del porcentaje del RQD; así mismo se utilizó como instrumento una ficha geotécnica de campo. Finalmente, los resultados muestran que los taludes de las seis estaciones geomecánicas tomadas entre los kilómetros 51 al 55 en la carretera Trujillo- Huamachuco se encuentran muy inestables puesto que los factores de seguridad que nos arrojó el software Slide están entre 0.169 y 0.904 que según el factor de seguridad debe ser ≥ 1.5 recomendado por el instituto de fomento 2001.

Palabras clave: Estabilidad de talud, ángulo de fricción, factor de seguridad.

ABSTRACT

The main objective of this research project was to determine the slope stability analysis between kilometers 51 to 55 Trujillo-Huamachuco highway. The design is non-experimental, cross-sectional because data was collected in a single moment, in a single time; likewise, the variable was measured only once. The population consisted of the rocky massif of the progressives from km 51 + 000 to 55 + 000 of the study area, the direct field and laboratory observation technique was applied which allowed us to collect the necessary data, for this we used Schmidt's hammer to calculate the uniaxial compressive strength of the rock, Barton's comb was used to calculate the roughness of intact rock, Brunton's compass was used to find the dip angle, tape measure to measure the lip opening of discontinuities, the filling, the percentage value of the RQD; Likewise, a geotechnical field sheet was used as an instrument. Finally, the results show that the slopes of the six geomechanically stations taken between kilometers 51 to 55 on the Trujillo-Huamachuco highway are very unstable since the safety factors that the Slide software gave us are between 0.169 and 0.904, which according to the Safety factor should be ≥ 1.5 recommended by the 2001 promotion institute.

Keywords: Slope stability, friction angle, safety factor.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la rama de ingeniería civil se está trabajando diversos proyectos de infraestructura, siendo uno de las principales la construcción de edificios donde implica estudios especializados en diseño sísmico y estructural para salvaguardar los intereses económicos de los inversionistas, como minimizar los daños ocasionados producto de sismos, terremotos.

La Inestabilidad de los taludes en las vías de tránsito son un gran problema que aquejan a diferentes países del mundo, dando origen a deslizamientos que ocasionan primordialmente pérdidas de vidas humanas, y que genera perjuicios económicos muy elevados (Suárez, 2006). Por ende, estudiar su estado actual es muy conveniente para prevenir problemas y adoptar diferentes medidas de prevención. En nuestro país el deslizamiento de rocas es un problema que viene ocurriendo desde décadas, esto viene originando que las principales ciudades del país queden incomunicadas, principalmente se da con mayor continuidad en los meses de invierno por la presencia de precipitaciones, generando grandes pérdidas económicas al país.

Según la Gerencia Regional de Transportes y Comunicaciones(2018) la vía Trujillo – Huamachuco tiene alto índice de tránsito vehicular que conecta con diversas provincias del ande liberteño, en algunos puntos del recorrido principalmente en los kilómetros 51 al 55, por otra parte la Gerencia Regional de Infraestructura dice que en este tramo viene ocurriendo deslizamientos desde aproximadamente treinta años atrás hasta la actualidad; según Ochoa (2016), esto ocurre principalmente en la estación de invierno donde las rocas se deslizan, en algunas ocasiones pueden caer sobre los vehículos en circulación; así mismo genera que el tránsito se paralice, quedando incomunicadas gran parte de la sierra.

Según la Sociedad Internacional de Mecánica e Ingeniería de Rocas (2017), en la 17a conferencia online (ISRM) hizo mención sobre la población y su crecimiento en los últimos años y en los años por venir, lo cual generará desafíos

interesantes para los profesionales dedicados a la ingeniería de rocas y suelos, esto quiere decir que existirán grandes proyectos tanto terrestres, como subterráneos a gran escala, por tal motivo es muy importante el uso de nuevas tecnologías e innovaciones del mercado basado a esta ciencia de la geotecnia, de acuerdo la información obtenida se optó por investigar sobre la estabilidad de taludes en rocas.

Ante esta situación planteamos como problema de investigación: ¿Cuál es el análisis de estabildades de taludes en la carretera Trujillo - Huamachuco entre los kilómetros 51 al 55? Esta investigación se justifica teóricamente; puesto que Vásquez (2018) comentó que se realiza con la finalidad de contrastar los estudios existentes sobre el análisis de estabildades de taludes en rocas, estos conocimientos ampliarán que el ingeniero civil se desarrolle en la parte de geología. Los resultados hallados nos permitirán reconocer las zonas que serán más frágiles a deslizarse, y prever pérdidas de vidas humanas y económicas; así mismo metodológicamente se realizará según Blau y Lawn (1984) de acuerdo a reglamentos, normas establecidas ASTM el cual se desarrollará mediante seis estaciones geo mecánicas, donde calcularemos la cohesión y el ángulo de fricción de la roca utilizando el método de Bieniawski (1989) citado por Muntazir (2015). Así mismo utilizaremos el criterio de Morh Coulumb para determinar el factor de seguridad, por lo cual se procesará en el software Slide.

Socialmente se justifica puesto que, analizando los taludes de dicho tramo de estudio se logrará una mejor estabilidad y los vehículos livianos y pesados, además de las personas tendrán una accesibilidad segura y no correrán ningún peligro. Rocscience (2021) de manera práctica, porque a través de la observación se podrá detallar la realidad del problema con respecto de la inestabilidad en la zona de estudio, para así poder analizar la estabilidad de taludes para prevenir la caída de rocas en la carretera Trujillo-Huamachuco entre los kilómetros 51 al 55 que logrará contribuir a una mejor calidad de transporte de vehículos y peatones de la zona andina de nuestra región.

Para poder dar solución a este problema se propone como objetivo general determinar el análisis de estabildades de taludes entre los kilómetros 51 al 55 carretera Trujillo - Huamachuco. Y como objetivos específicos tenemos: Realizar el levantamiento topográfico para determinar el perfil actual del macizo rocoso entre los kilómetros 51-55 carretera Trujillo – Huamachuco, realizar el estudio de mecánica de rocas para determinar el porcentaje de humedad, determinar las clasificaciones geomecánicas de los taludes de las rocas mediante el método de Bieniawski para definir los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna, determinar los factores de seguridad de los taludes con el software Slide, proponer descriptivamente un tipo de solución basado en el problema de inestabilidad de taludes.

Ante este problema se plantea como hipótesis que los taludes ubicados entre los kilómetros 51-55 carretera Trujillo - Huamachuco presentan un alto grado de inestabilidad.

II. MARCO TEÓRICO:

Tras la búsqueda de múltiples bibliografías basadas en antecedentes internacionales, nacionales y locales con relación al proyecto de investigación “Análisis de estabildades de taludes entre Los Kilómetros 51 al 55 en la Carretera Trujillo-Huamachuco “se encontraron los siguientes:

En el ámbito internacional tenemos a: Monte (2020) analizó la estabilidad de taludes de rocas mediante el método de elementos finitos, lo que le permitió conocer el problema existente, básicamente eran 2 taludes que se encontraban en diferentes facultades, el talud A estaba macizo y con fuerzas equilibradamente estables, por otro lado, el talud B presentaba fisuras en todo a lo largo de su estructura. Por eso fue necesario el uso del procedimiento continuo, lo cual beneficio el análisis dedicado a las anomalías encontradas en el material. Se realizó una serie de evaluaciones en ambos casos con la ayuda de equipos topográficos y como resultado se obtuvo que el talud A tenía una

altura máxima de 24 metros con un ángulo promedio de 54 grados y el talud B tenía una altura máxima de 9 metros y un ángulo alrededor de los 55 grados, a si se logró caracterizar el macizo rocoso y el modelo conceptual para ambos taludes. En esta investigación el autor concluyó que el método de elementos finitos a través del método SSR logró demostrar condiciones de estabilidad en ambos casos, teniendo por encima de 1 el valor de seguridad.

Por otro lado, Ramos (2017) determinó la estabilidad de taludes en rocas e hizo una simulación con el software LS-DINA comparándole así con SLIDE. Para lograr la simulación con cualquiera de los softwares mencionados, primero se tuvo que conocer una cierta cantidad de propiedades de los elementos, los cuales conformaran el análisis de los mismos, estos están basados normalmente en parámetros como resistencia y elasticidad, por ello fue necesario realizar ensayos entre ellos tenemos al de resistencia a compresión no confinada, compresión uniaxial y índice de resistencia a la carga puntual, como resultado de los ensayos empleados los datos encontrados fueron que todos los círculos de rotura fueron desfavorable para el software Slide los cuales se inician al comienzo del talud, esto sucede a que no se consideró el asentamiento del material y parámetros elásticos, mientras que LS-DINA se concreta un curva de plasticidad en relación a todas las propiedades de las rocas que están formados por el talud, concluyó que el software LS-DINA fue mucho más eficiente debido a que logra interpretar los diferentes tipos de rotura en el talud basados en la deformación plástica efectiva.

Por otra parte, Aguilar y Zúñiga (2015) en su investigación titulada “ Análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante los métodos de equilibrio límite”, realizaron dichos análisis para determinar la elección del mejor método para encontrar el mayor factor de seguridad, para ello se realizaron estudios geotécnicos donde se encontraron parámetros necesarios para la elaboración de 4 perfiles estratégicos con el fin de calcular los factores de seguridad, a la misma vez se consideró 4 condiciones que son, saturada sin sismo, saturada con sismo, no saturada sin sismo, y no saturada con sismo. Según los resultados se obtuvo que Caliza arrecifal de la formación popa tiene un peso húmedo de

2.2TN/M³, humedad natural 9.3%, peso seco 2.01TN/M³, cohesión 50C, y una fricción de 36°. En conclusión, los métodos que generaron mayores factores de seguridad fueron los de Spencer, Morgenstern-price y Bishop modificado, con factores de mucha similitud por cada perfil que presentaban.

En el ámbito nacional tenemos a Díaz y Rodríguez (2017), en su investigación tuvieron como objetivo realizar un estudio de la estabilidad de taludes en roca entre los kilómetros 95 al 97 de la carretera Ciudad De Dios- Cajamarca, para ello realizaron pruebas in situ, una de ellas fue la colocación de 7 estaciones geomecánicas, el estudio se basó en la evaluación de fragmentos de la roca intacta, todas las muestras que se obtuvieron en este proceso fueron analizadas y preparadas en el laboratorio de mecánica de rocas de la UPN usando el extractor de muestras y basándose en el criterio por ISRM, donde se analizaron la cinemática de los taludes, densidad y finalmente todos los datos obtenidos se ingresaron al software especializado. Los resultados indicaron que las discontinuidades presentes en el lugar de estudio presentan un potencial deslizamiento según el análisis cinemático de taludes aplicando el software Dips, en conclusión, el estudio realizado mostró alto grado de inestabilidad de taludes en roca entre los kilómetros 95-97 de la carretera ciudad de Dios-Cajamarca.

Así mismo, Sáenz (2017), en su investigación realizó el análisis del diseño para estabilidad de taludes en roca utilizando mallas galvanizadas, para el desarrollo de este proyecto se realizó diferentes muestreos en campo, se tomó 84 estaciones micro tectónicas, mapeos geo mecánicas, y así mismo se realizó el reconocimiento de tipo de rocas, ensayos en el laboratorio de geo mecánica, se calculó de comprensión uniaxial, cohesión, fricción y RMR. Los resultados fueron que al usar mallas galvanizadas ancladas es determinante en los modelos comparativos, el factor de seguridad fue superior 1.5 que según la Norma E 0.50 de suelos y cimentaciones es el mínimo. En conclusión, se pudo dar a conocer que usar mallas galvanizadas ancladas contribuye notablemente para avalar la estabilidad de taludes.

Por otra parte Valeriano (2016), en su investigación analizó los métodos utilizados en el análisis de estabilidad de taludes en roca y su interacción con el cerro Espinal Juliaca, para ello se realizó la toma de 108 datos de buzamiento con una brújula Brunton de manera sistemática en el talud, los datos fueron procesados mediante el software Dips v.60, la apertura de las discontinuidades se realizó con una regla graduada en milímetros, la rugosidad se obtuvo mediante perfiles de rugosidad, la resistencia de las paredes de las discontinuidades se tomaron datos en campo con la ayuda del martillo Schmidt, el ángulo de fricción básica se obtuvo mediante el ensayo de campo, la clasificación geotécnica del macizo rocoso se realizó para cada una de las zonas de mapeo, las cuales se obtuvieron el índice RQD, los valores de las clasificaciones RMR y GSL, la densidad y peso específico fueron realizadas según la norma ASTM C97-02 y la norma ISRM. Los resultados fueron que la mayor parte de las estructuras presentes en el talud del cerro Espinal en mayor frecuencia corresponden a una persistencia media a alta en un intervalo de 1m a 18 m de longitud, llegando a la conclusión el cerro Espinal presenta un moderado espaciamiento con valores entre 0.10m – a 0.18m, la rugosidad es variable desde lisa.

En el ámbito local tenemos a Alberca y Rondo (2020) en su investigación titulada “Estabilización de taludes utilizando geo malla coextruidas Mono-Orientada en el tramo de la carretera Samne-Casmiche, Departamento la Libertad”, realizaron estudios topográficos, estudios de suelos, ensayos manuales en la zona de estudio (basados en NTP 339.150), ensayos granulométricos (NTP 339.127, 339.128, 339.129, 339.131), ensayo del índice de plasticidad, peso específico donde fueron ejecutados en la universidad César Vallejo. El resultado fue que el talud ubicado en la progresiva 50+520 con un factor de seguridad= $1.19 < 1.5$ presentando una estabilidad de talud no aceptable. En conclusión, propusieron un diseño de estabilidad de taludes teniendo como su principal elemento a la geo malla coextruidas Mono-Orientadas, con un refuerzo de muros de gaviones y anclajes que entre ambos tienen la propiedad de estabilizar taludes inestables.

Por otra parte Segura y Ballena (2019), en su investigación analizaron las estabildades de taludes en rocas entre los kilómetros 40 al 42 de la carretera Trujillo- Huamachuco”, determinaron el valor del factor de seguridad de la roca para interpretar el grado de inestabilidad de los taludes, realizó mediante estaciones geo mecánicas que se colocó en cinco zonas diferentes, que se ubicaron en la base del talud; así mismo en cada una de las zonas se realizó una descripción cuantitativa y cualitativa de las estructuras presentes a detalle, los parámetros tomados fueron en consideración a lo establecido por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM), la resistencia a la comprensión uniaxial se realizó con el martillo Schmidt a través del cálculo del número de revotes, para determinar los espacios de discontinuidades se realizó con una cinta métrica, la rugosidad se obtuvo mediante el Peine de Barton se tomó entre 20 a 25 muestras. Los resultados fueron: factor de seguridad Bishop S. (0.571,0.281), Spencer (0.567,0.304), M Price (0.556,0.311), llegando a la conclusión que el talud en roca entre los kilómetros 42 al 44 es inestable.

Así mismo, para Carrión (2017), en su investigación titulada análisis y diseño de la estabilidad de talud en el sector sausacoha – Pallar km. 8+000 al 9+000, realizó la excavación de calicatas manualmente para poder verificar las características físicas y mecánicas de la roca mediante un ensayo In Situ, así mismo realizó el análisis de granulometría con la utilización de los equipos: balanza de torsión (0.1 gr. De aproximación), horno de temperatura constante (105c°-110c°), juego de mallas que varían desde 2” hasta la N° 200, el contenido de humedad se calculó en laboratorio de suelos, así mismo para el análisis del talud se tomó como guía el libro de “Geotecnia para el Trópico Andino”. Los resultados obtenidos fueron que al realizar el ensayo de sondaje eléctrico vertical se determinó que la primera capa es un material coluvial, compuesto por roca fracturada y arena arcillosa, razón por la cual se produce constantes deslizamientos. Concluyó que las inestabilidades de los taludes regularmente son producidas en tiempos de lluvia, produciendo así fallas y debilidad en las discontinuidades presentes en la zona, ocasionando que el factor de seguridad sea menos a 1.

Para entender con mayor exactitud el desarrollo de las variables y sus dimensiones, se explica a continuación sus características a nivel teórico y normativo.

El macizo rocoso es la forma como se encuentra las rocas en su estado natural, encontrándose definida por su estructura y discontinuidades mayormente conformadas por familias, así mismo se clasifican en las siguientes tres categorías principales: rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas. Cada uno de esos tipos de rocas es el resultado de una serie de procesos geológicos que afectan a todas ellas dentro de lo que se conoce como el Ciclo de las Rocas. Estos procesos geológicos son los responsables de las propiedades que presentan las rocas en los afloramientos y pueden ser relacionados, con las propiedades geomecánicas y las problemáticas ingenieriles resultantes de las actuaciones sobre el terreno. (Delgado, 2002).

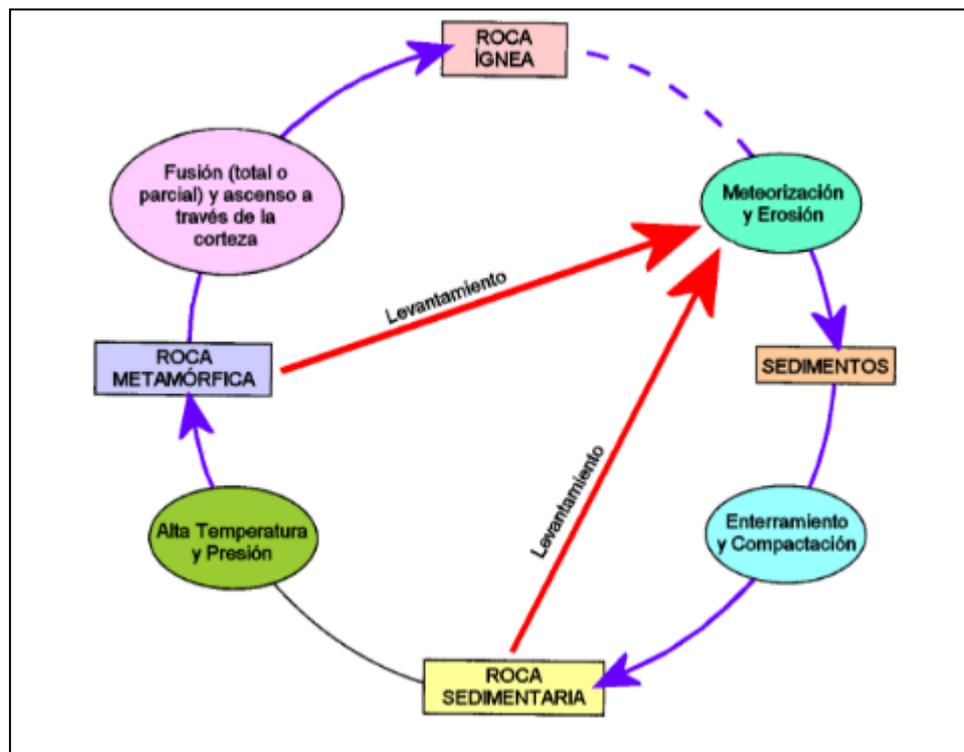


Figura 1: Esquema simplificado del Ciclo de las Rocas y relación existente entre los distintos tipos de roca y procesos geológicos.

Robert (2001), en su engineer manual sustenta la importancia de la geotecnia como ciencia, donde detalla que es una rama de la ingeniería la cual examina distintas propiedades físico mecánicas tanto de la roca como de los suelos que se encuentran por debajo de la superficie, además estudia e identifica las características de ambas para evaluar, medir y detallar cualquier comportamiento imprevisto que pueda suceder in situ, también se conoce que guarda una relación muy cercana con la ciencia conocida como sismología, la importancia de la geotecnia y la geomecánica representado en el estudio de Bieniawski en 1989, fue gran aporte hacia la tecnología referente al sostenimiento, los cuales poseen parámetros muy importantes para las buenas prácticas referente a la estabilidad de talud

El análisis de estabildades de un talud se desarrolla con la condición de verificar y poder apreciar la firmeza y funcionabilidad del macizo rocoso, por ejemplo, en carreteras. Las técnicas de análisis siempre van a depender de acuerdo al tipo de terreno que existe en una zona y el tipo de rotura que presenta. (Suarez, 2009).

Los diferentes métodos de análisis de los macizos rocosos se pueden asociar de acuerdo al tipo de rotura, por ejemplo, cuando se da una fractura en la roca esto produce diferentes discontinuidades como rotura en cuña, rotura plana, etcétera; y cuando se da en el macizo rocoso causa deslizamientos complejos. Así mismo existe un tercer tipo de rotura que esto es causada por el desprendimiento de rocas. (Suarez, 2009).

La rotura en cuña se origina de acuerdo a las discontinuidades que presenta el macizo rocoso, de manera que el buzamiento de la línea de intersección de ambos planos tenga un buzamiento inferior al ángulo de talud. (Ramírez y Alejano, p281.2004).

Por ende, lo primero que debemos evaluar son las estabildades del macizo rocoso; estimar si las orientaciones de las aberturas dirigen a una inestabilidad de la roca. Esto se puede analizar a través de las diferentes proyecciones

estereográficas apreciando las formaciones de las cuñas, planos perjudiciales y evaluando también la posibilidad de vuelco. Para ello se emplean diferentes softwares, los cuales es una herramienta muy capaz de realizar las interpretaciones de datos obtenidos en campo. (Suarez, 2009).

Mayormente las fallas en los taludes se generan por anomalías preexistentes, predeterminadas discontinuidades, en estabilidad de taludes la falla concreta depende mucho de la orientación, frecuencia, resistencia al corte y distribución de cómo se encuentran las discontinuidades, lo que resulta siempre son los deslizamientos. (Jumikis, 1983).

Para una mayor exactitud, las estabilidades de los taludes deben ser estudiados talud por talud y no de manera general, puesto que las inestabilidades siempre estarán asociadas a la existencia de las aberturas con diferentes orientaciones.

Cojean (2013), la topografía es una ciencia que está conformada por una serie de procesos o conjunto de ellos los cuales sirven para definir y establecer datos numéricos basados en puntos, cotas, áreas y distancias sobre la superficie terrestre todo este conjunto de procesos serán verificados por herramientas, métodos e instrumentos que permitirán el control de todos los datos.

Esta ciencia será utilizada con el fin de generar un levantamiento topográfico para lograr sectorizar el área donde se aplicará el desarrollo de los datos que se obtendrán en los estudios previos, se generará a través de límites y puntos de coordenadas, también se considerará un conjunto de procedimientos sobre la superficie dando así una solución correcta en los datos gráficos para que esto se desarrolle de acuerdo a lo planeado en las obras civiles.

Franquet y Querol (2010), desde el punto de vista de los autores lo están definiendo al levantamiento topográfico como un mecanismo técnico que nos va a permitir desarrollar una serie de procesos básicos como el reconocimiento del terreno, la identificación y el señalamiento de la zona a levantar que a su vez tiene como resultado los diferentes levantamientos y replanteos de los planos y

deslindes del terreno; por ende se tiene en cuenta una gama de procedimientos realizados en una determinada superficie con los instrumentos adecuados para que se pueda elaborar una correcta construcción de cualquier índole.

Duque (2016), comenta que el suelo es un elemento de suma importancia para las diferentes construcciones con una mayor proporción en la construcción civil, además de conformar como un apoyo en las diferentes estructuras como puentes, carreteras, edificios, muros de contención, etcétera.

Para diferentes materiales el contenido de humedad es una de las principales propiedades índice que contiene el macizo rocoso, que además nos proporciona a descubrir las relaciones que tiene el comportamiento de los suelos y sus propiedades. El contenido de agua es empleado para revelar las relaciones de las fases del aire, agua y sólidos en una determinada cantidad de material. El contenido de humedad del suelo colectivamente con el límite líquido, límite plástico encontrado con el método de ensayo ASTM D854, es empleado para revelar el índice relativo y/o consistencia relativa. (ASTM D2216)

Fórmula para el cálculo para el porcentaje de humedad

CALCULOS

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

W = es el contenido de humedad, (%)
W_w = Peso del agua
W_s = Peso seco del material
W₁ = es el peso de tara más el suelo húmedo, en gramos
W₂ = es el peso de tara más el suelo secado en horno, en gramos:
W_t = es el peso de tara, en gramos

Figura 2: Fórmula para el cálculo del porcentaje de humedad.

Papendrecht (2006), manifiesta en su libro que la mecánica es una ciencia referente al movimiento del cuerpo de los suelos y el equilibrio de los mismos, la

composición general de los suelos es arcilla, arena tierras de mar e incluso material fino que se ha transportado por inundaciones, el estudio de la mecánica de suelos está basada principalmente en sus propiedades físicas y químicas, el uso al igual que las características muy diferente a las rocas, es muy importante conocer su resistencia para poder reaccionar ante las deformaciones y brindar soporte, estabilidad y seguridad en la construcción civil (p.6).

El punto de apreciación de Papendrecht en su libro será de mucha importancia para la aplicación de este proyecto de investigación, divido a que la mecánica de suelos y la mecánica de rocas que poseen propiedades físicas y químicas muy diferentes, al obtener datos precisos para el desarrollo de la estabilidad de un talud.

Ramírez y Alejano (2004), hace mención que la mecánica de rocas es un principio teórico implementado en el comportamiento de estas mismas según sus peculiaridades, como también en sus movimientos que estos muestran en sus ambientes inmediatos, estos desplazamientos son estudiados por la geología, lo que esta juntamente de la mano con la mecánica de rocas llamada también geomecánica, disciplina que está buscando información de la mecánica de los materiales geológicos.

Robert (2001), en su engineer manual sustenta la importancia de la geotecnia como ciencia, donde detalla que es una rama de la ingeniería la cual examina distintas propiedades físico mecánicas tanto de la roca como de los suelos que se encuentran por debajo de la superficie, además estudia e identifica las características de ambas para evaluar, medir y detallar cualquier comportamiento imprevisto que pueda suceder in situ, también se conoce que guarda una relación muy cercana con la ciencia conocida como sismología, la importancia de la geotecnia y la geomecánica representado en el estudio de Bieniawski en 1989, fue gran aporte hacia la tecnología referente al sostenimiento, los cuales poseen parámetros muy importantes para las buenas prácticas referente a la estabilidad de talud

Comparto la idea de este autor, el estudio geotécnico que se realizará jugará un papel muy importante debido a que es muy esencial para poder encontrar datos como la conducta del terreno y del macizo rocoso, lo cual se analizarán a detalle con el fin de encontrar las características geomecánicas, resistencia del material, intacto, la condición en que se encuentran las discontinuidades, el agua subterránea o agua freática que posee el terreno.

Los criterios de rotura son especificaciones numéricas que permiten interpretar y así apreciar el esfuerzo de los materiales en base a la carga aplicada a sus diferentes propiedades resistentes conjeturando cuando ocurre una rotura. Además, establecen las procedencias de un método empírico permitiendo estimar las resistencias en los macizos rocosos a partir de un esfuerzo actuante y de sus características que el material está conformado. (Gonzales De Vallejo, 2004).

El criterio de Mohr-Coulomb en su simplicidad viene presentando diferentes problemas especificados; en el caso de la matriz rocosa, está relacionada con la actuación de tensión-deformación no lineal del macizo rocoso, por consiguiente, en un determinado caso este criterio puede ser utilizado en los macizos rocosos en donde la falla se da a favor de las discontinuidades de las rocas, teniendo en consideración que se debe estimar valores para cohesión y ángulo de rozamiento del talud. (Gonzales De Vallejo, 2004).

El criterio de Mohr-Coulomb, se viene conceptualizando como una fractura que está dada en función a la tensión tangencial y a la tensión normal en un plano.

para este caso la extensión de fluencia es de la forma $\tau = (\sigma)$

La expresión numérica de la ecuación es:

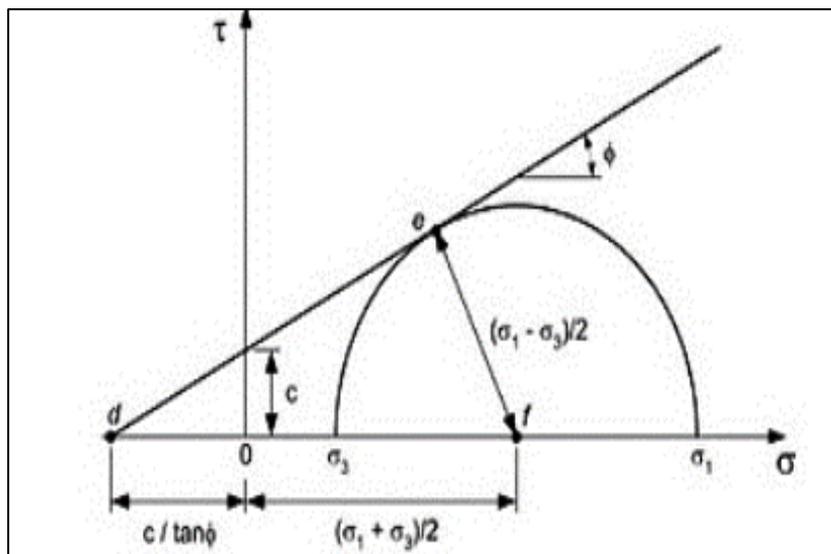
$$\tau = c + \sigma n \tan \phi$$

Donde:

- c es la cohesión, una constante que representa la tensión cortante que puede ser resistida sin que haya ninguna tensión normal aplicada.
- ϕ es el ángulo de fricción.
- τ es la tensión tangencial que actúa en el plano de rotura.
- σn es la tensión normal que actúa en el plano de rotura.

Por consiguiente, se simboliza este criterio de Mohr-Coulomb en el espacio de tensiones normal y tangencial. Se visualiza que la ecuación a la superficie de quiebre es la ecuación de la recta tangente a todos los círculos de falla. (Melentijevic, 2005).

Figura 3: Representación de la envolvente de Mohr-Coulomb en el espacio de tensiones normal y tangencial



Frente a esta situación, su dominio elástico es presentado por la envolvente de Mohr. Por ende, los puntos dentro de la roca están en estado tensional muy menor de la envolvente que se encuentra en una zona elástica, así mismo los

que se encuentran en la parte superior están en rotura. Las partes de estados tensionales para el macizo es la que se ubica en la superior de la envolvente de Mohr. (Melentijevic, 2005).

Suárez (2009), menciona que el método de equilibrio limite es el más fácil que nos permite tener un análisis de fallas trasnacionales y rotacional, como también algunas fallas en cuñas.

Estaire y Olivenza (2013), define como factor de seguridad a la relación existente de la resistencia al corte real encontrado al estudiar el material en el talud y los esfuerzos basados en su corte critico los cuales producen distintos tipos de falla, esto quiere decir que el factor de seguridad se puede asumir como la distribución de todos los puntos a lo largo de la superficie en la falla, lo cual representa un valor único y total.

El factor de seguridad es muy necesario tomado en cuenta para el desarrollo de este proyecto de investigación, este factor nos dará a conocer si un valor numérico basado en la norma E030(diseño sismorresistente), el cual nos dará a conocer si se realiza el estudio y si es válido y genera estabilidad en la zona de contacto o peligro.

Tabla N° 1. Factores de seguridad recomendados (Ministerio de fomento,2001).

SITUACION DE CALCULO	NORMAL	REDUCIDO
Permanente	1.5	1.30
Transitoria	1.3	1.2
Accidentales	1.1	1.05

Teorías relacionadas al tema:

- Macizo rocoso: está definido por la roca y su estructura en su estado natural, al mismo tiempo que presenta diferentes tipos de discontinuidades. (SNMPE, 2004).
- Estabilidad: estado y condición de una estructura que soporta los esfuerzos durante un prolongado periodo sin mostrar deformaciones o desplazamiento perceptible. (Hoyos, 2012).
- Discontinuidad: Es cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza los bloques de la masa rocosa. (Gonzales de Vallejo, 2004).

Así mismo se puede definir también a una discontinuidad como la superficie del macizo rocoso que se halla abierta, apareciendo durante la formación de la roca o posteriormente. (Jorda, 2013).

- Deslizamiento: se origina por movimientos de masas de roca, tierra hacia debajo de un talud, así mismo también se producen por causas naturales y producto de cortes y rellenos. (Suarez, 2009).
- Orientación: es la dirección de la discontinuidad en dirección del buzamiento. (ITGME, 1987).
- Meteorización: se relaciona con la superficie de la roca debido a la acción de agentes atmosféricos, el grado de meteorización dependerá de las condiciones climatológicas. (SNMPE, 2004).
- Alteración: se produce por la presencia de fluidos y gases, afectando las zonas de relleno y falla originando desplazamientos que alteran las condiciones del macizo rocoso. (SNMPE, 2004).

- Talud: un “talud” o ladera es una masa de tierra o roca que no es plana, presenta una pendiente y cambios significativos de altura. (Suarez, 2009).
- Ángulo de Fricción (ϕ): es la representación matemática del coeficiente de rozamiento; así mismo, en suelos granulares secos coincide con el ángulo de reposo. (Suarez, 2009).
- Cohesión: parámetro de resistencia de un suelo que expresa la fuerza por la cual las moléculas homogéneas de un cuerpo se adhieren unas con otras. (GEMMA, 2007)
- Densidad: es la relación existente entre el peso de un material y su volumen. (Dávila, 2011).
- Peso Específico: es el peso que posee una sustancia en determinado volumen. (Dávila, 2011).

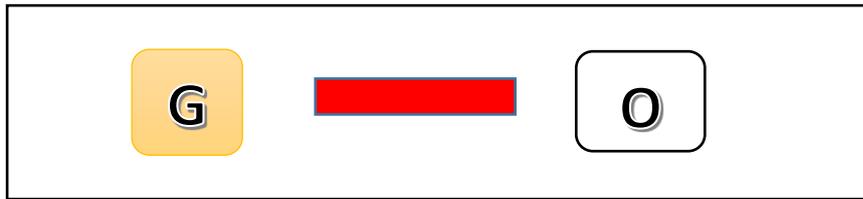
III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Según Hernández *et al.*, (2014), la investigación fue de tipo aplicada porque se pretendía responder un problema detectado en el lugar de los hechos basándose en sus objetivos para solucionar el fenómeno encontrado; así mismo fue descriptiva simple porque, se describían los hechos basada a la realidad existente de la inestabilidad de talud en la zona de estudio.

Para Arias (2012), la investigación fue de diseño no experimental, transversal porque se recogió datos en un solo momento, en un tiempo único; así mismo se midió una sola vez a las variables. De acuerdo a lo que se pretendió realizar en la investigación y a su variable.

Se tomó el siguiente esquema:



Donde:

G: Taludes del km 51 al 55 de la carretera Trujillo – Huamachuco

O: Toma de datos de los diferentes estudios a realizar.

3.2. Variables y Operacionalización

Se tuvo como variable: estabildades de taludes con la categoría cuantitativa (Ver en Anexo N°1). Según su escala de medición cuantitativa de razón. Además, las dimensiones que comprenden son: estudio de mecánica de rocas, levantamiento topográfico, estudio geo mecánico y factor de seguridad.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: La población estuvo conformada por los macizos rocosos de la zona de estudio de la carretera Trujillo – Huamachuco progresivas km 51+000 al km 55+000.

Muestra: La muestra estaba conformada por las seis estaciones geomecánicas del macizo rocoso donde tienen una separación de 800 metros cada una, cuyas coordenadas son las siguientes: E1(755764.544, 9114830.073, 1614.02); E2(756244.469, 9114635.723, 1548.36); E3(756320.441, 9114676.317, 1788.79); E4(756352.720, 9114851.531, 1590.21); E5(756141.072, 9115323.855, 1594.37); E6(757423.015, 9115960.400, 1683.71).

Muestreo: se eligió a criterio, ya que en las seis estaciones geomecánicas escogidas presentaban mayor facilidad para realizar el levantamiento topográfico.

Unidad de análisis: el objeto de estudio del proyecto de investigación fue el análisis de estabilidades de taludes

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Para esta investigación la técnica que se utilizó fue la observación directa en campo y laboratorio la cual nos permitió la recolección de datos necesarios con relación en la variable estabilidades de taludes y para el procesamiento de los objetivos planteados.

Instrumentos

Para el desarrollo del proyecto de investigación se utilizó como instrumento la ficha geotécnica de campo (**ver anexo 04**), en la cual se han plasmado las dimensiones, los indicadores, resultados y observaciones a partir de los datos que se registraron en la zona estudiada.

3.5. Procedimientos

Para poder desarrollar el proyecto de investigación se realizó en primera instancia la visita a la zona de estudio con el fin de observar el panorama de la zona correspondiente y así lograr identificar los problemas presentes en la zona, para ello se utilizó guías de observación, donde se pudo detallar de manera práctica las condiciones en las que se encontró la zona a estudiar; con la ayuda del personal experimentado iniciamos un mapeo estructural en forma lineal de seis estaciones alrededor del talud, luego se

realizó el levantamiento topográfico de las seis estaciones antes mencionadas por medio de un dron, debido a que la zona presentaba dificultad de acceso para poder realizarlo con otro instrumento, para que el dron se pueda utilizar debe estar calibrado, este se encargaba de tomar fotografías a lo largo de toda la zona que se requiere estudiar, solo se demoraba minutos en realizar toda la operación que luego se obtuvo puntos para digitalizar en el Google Earth que funcionará como un enlace para poder transportar dichos puntos en un formato dwg, para que sea enviado al AutoCAD Civil 3D, en el cual a partir de la importación de estos puntos con parámetros predeterminados en el software AutoCAD se tuvo que poner a escala, se realizará la delimitación de la superficie y a partir de los puntos obtenidos en campo se podrá obtener las curvas de nivel en la opción de propiedades de la superficie obtenida, con el fin de obtener los planos de planta y perfil al igual que las secciones transversales, luego de realizar el levantamiento topográfico, se buscó obtener datos geomecánicos de la roca a partir de la ayuda de tablas geomecánicas de Bieniawski, las cuales trabajaron en conjunto con accesorios geomecánicos, como son el peine de Barton el cual se utilizará para indicar la rugosidad de la roca, el martillo de Schmidt, el cual nos dio a conocer una aproximación de la resistencia a la compresión que posee la roca, en las tablas geomecánicas se detallarán datos como el RQD el cual identificará la calidad del macizo rocoso, separación entre diaclasas, longitud de discontinuidad, entre otros datos necesarios para el obtener un RMR, también se llevó muestras al laboratorio para ver las características del macizo rocoso donde se obtuvieron datos como la resistencia del material y los esfuerzos generados por la falla, obteniendo así un factor de seguridad, al obtener todos los datos correspondientes fueron cargados al software Slide en el cual se detallaron los datos de forma manual, y se utilizaron los comandos Bishop simplified y GLE, luego se insertó las propiedades del material, se definió la superficie de la falla ya sea circular o no, este arrojó el método de equilibrio límite y por consiguiente la estabilidad del talud. Luego de obtener la información necesaria se presentó y se sustentó la investigación.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos fueron procesados por medios físicos y virtuales, debido a que se realizaron pruebas en campo y laboratorio, la obtención de algunos datos se obtuvieron mediante: AutoCAD Civil 3D para procesar los datos exportados de drone, esto nos permitió conocer las curvas de nivel, perfil actual del macizo rocoso y secciones transversales; así mismo el software Slide nos brindó el factor de seguridad y Microsoft Excel nos sirvió para la recolección de datos en la clasificación geo mecánica según BIENIAWSKI, debido a que los datos que se obtuvieron eran numéricos.

3.7. Aspectos éticos

En el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizó datos reales, los cuales fueron obtenidos por medio de la observación directa en campo y estudios tomados de la misma zona de estudio, dando a conocer su validez debido a que dichos equipos e instrumentos utilizados se encontraron debidamente calibrados, nosotros como investigadores de este proyecto nos comprometimos a trabajar con seguridad, honradez, honestidad y respeto hacia las normas vigentes y el medio ambiente, también hacer referencia que la información, antecedentes y trabajos de información encontrados vía web se encuentra debidamente citados correctamente.

IV. RESULTADOS

4.1. Ubicación del proyecto

El proyecto de investigación se encuentra ubicado en:

REGION : **La Libertad**
PROVINCIA : **Otuzco**
DISTRITO : **Salpo**
CASERIO : **Plaza Pampa**

Mapa del Perú, ubicación del departamento de la libertad



Figura 4: Ubicación de La Libertad

(fuente propia)

Mapa de la libertad: ubicación de la provincia de Otuzco.

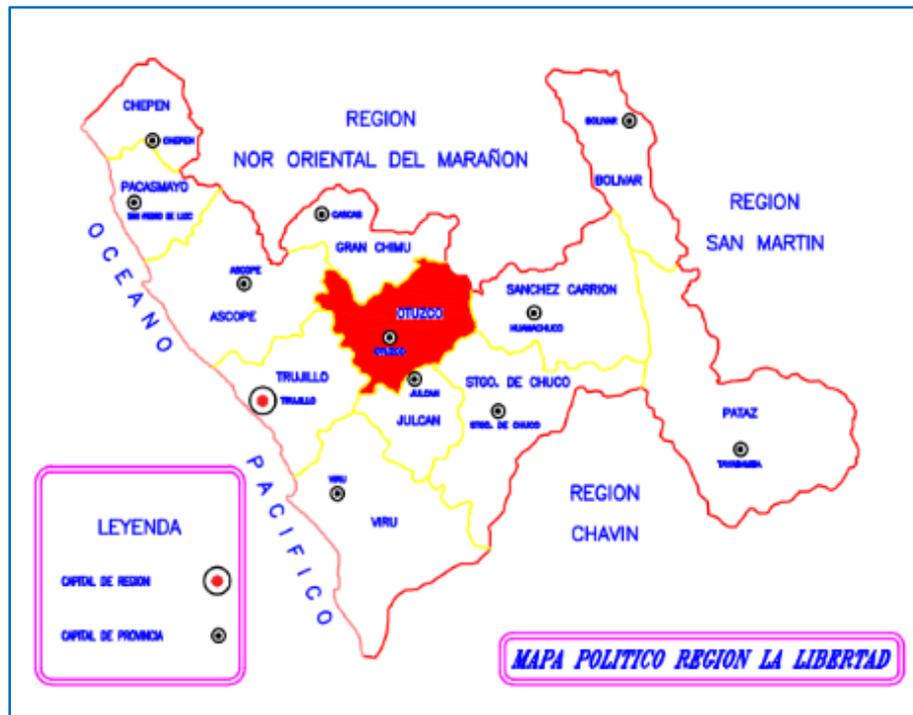


Figura 55: Ubicación de la provincia de Otuzco

(fuente propia)

Mapa de Otuzco: ubicación del distrito de Salpo.



Figura 6: Ubicación del distrito de Salpo

(fuente propia)

Mapa de Salpo: ubicación del caserío de Plazapampa.

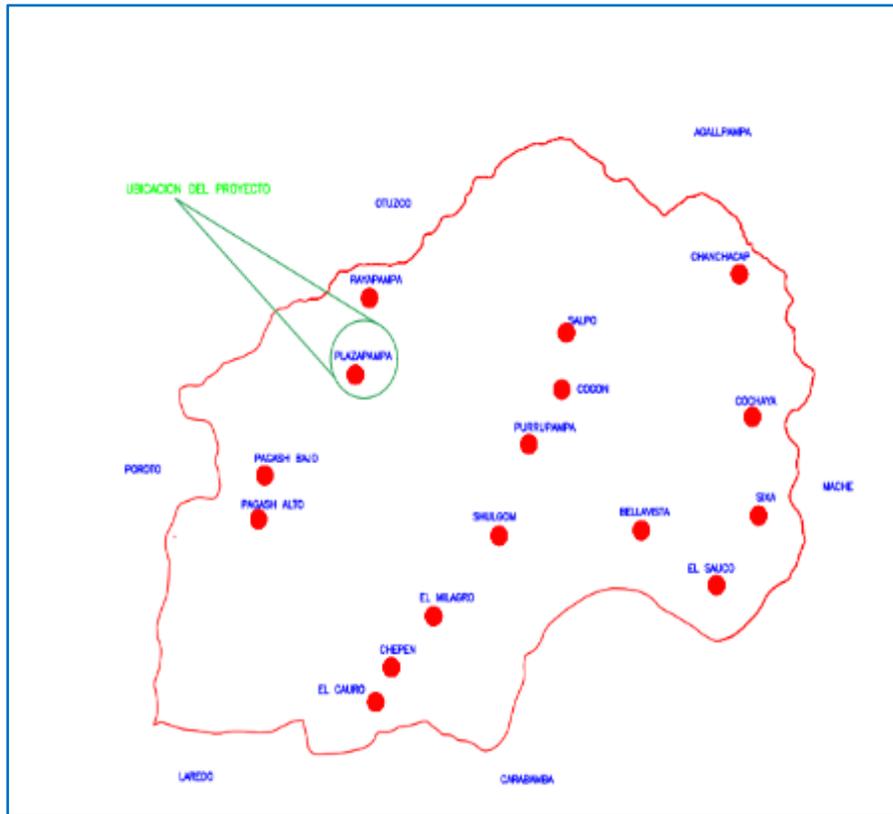


Figura 7: Ubicación del caserío de Plazapampa
(fuente propia)

Ubicación del kilometraje y estaciones geomecánicas

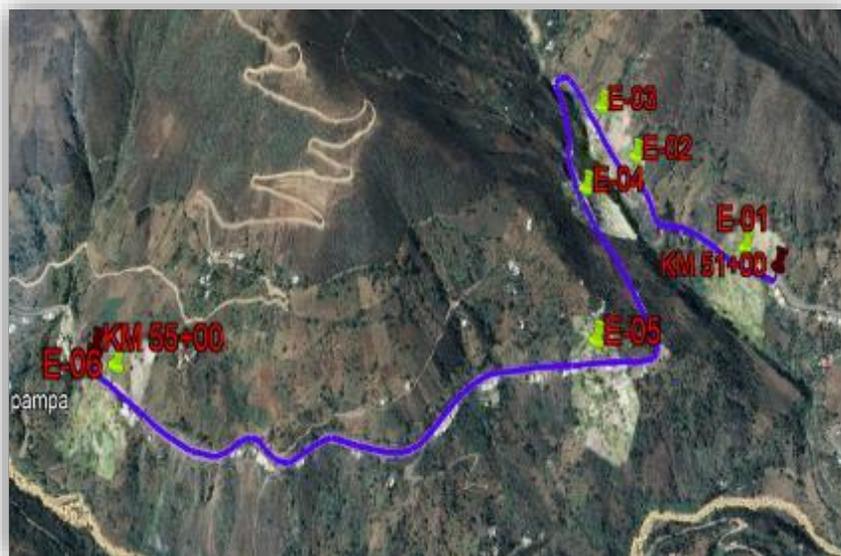


Figura 8: Ubicación del kilometraje y estaciones geomecánicas
(fuente propia)

4.2. Levantamiento topográfico para determinar el perfil actual del macizo rocoso

4.2.1. Datos generales por cada estación geomecánica

Tabla N° 2: Datos generales por cada estación geomecánica.

DATOS GENERALES POR ESTACION (COORDENADAS)			
N° ESTACION	COORDENADAS UTM		COTA
	ESTE	NORTE	
E01	755764.544	9114830.07	1614.02
E02	756244.469	9114635.723	1548.36
E03	756320.441	9114676.317	1788.79
E04	756352.720	9114851.531	1590.21
E05	756141.072	9115323.855	1594.37
E06	757423.015	9115960.400	1683.71

Fuente: elaboración propia

4.2.2. Objeto del estudio topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con la finalidad de conocer las proyecciones de los planos en planta, perfiles y secciones transversales actuales del macizo rocoso de las seis estaciones geomecánicas tomadas entre los kilómetros 51 al 55 en la carretera Trujillo – Huamachuco. **Ver anexo 16.**

4.2.3. Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica para poder realizar un levantamiento topográfico, que nos permite tener con mayor exactitud las características de un terreno específico (puntos, curvas de nivel, secciones transversales).

4.2.4. Metodología del trabajo

4.2.4.1. Personal

- Técnico topógrafo especialista en fotogrametría (drone).
- Ayudante de topógrafo.

- Tesistas.

4.2.4.2. Equipos

- Drone
- GPS

4.2.4.3. Materiales

- Pintura color rojo

4.2.5. Trabajos realizados

4.2.5.1. Trabajos en campo

4.2.5.1.1. Primera etapa: se realizó la marcación de cada estación geomecánica. **(Ver anexo 02)**

4.2.5.1.2. Vuelo del drone: se realizó la toma de fotografías de cada estación geomecánica. **(Ver anexo 15)**

4.2.5.2. Trabajos en gabinete

En primera instancia se recogieron las fotos de campo y se procesaron en el software Arquisoft FotoScan donde se generaron las curvas de nivel, posteriormente se pasó la información al software civil 3D donde se trazó el alineamiento donde se obtuvo el perfil y las secciones transversales.

4.3. Estudio de mecánica de rocas para determinar el porcentaje de humedad.

4.3.1. Objeto de estudio para la obtención del porcentaje de humedades

El ensayo de contenido de humedades se realizó con la condición de conocer el porcentaje de agua que contiene la roca en dicha zona de estudio.

4.3.2. Trabajo en campo

4.3.2.1. Rotura de la roca para muestra

Con una cuña de fierro se procedió a la rotura de la roca de la parte más flexible a romper con la finalidad de extraer un segmento pequeño para luego llevar a laboratorio. **(Ver anexo 17)**

4.3.2.2. Toma de muestras para laboratorio.

Se tomo un segmento de roca de cada estación geomecánica para luego ser llevadas a laboratorio y poder sacar los porcentajes de contenido de humedades de cada una de ellas. **(Ver anexo 18)**

4.3.3. Trabajo de laboratorio

4.3.3.1. Contenido de humedad

De cada estación geomecánica se sustrajo las muestras de roca para llevarlas a laboratorio, donde fueron pesadas antes de colocar al horno eléctrico **(anexo 19)**, luego se pesó de nuevamente la muestra, pero ya cuando esta estaba seca y/o sacada del horno. Seguidamente se procedió con los cálculos como se muestran en las siguientes tablas. **(Ver anexo 20-A, 20-B)**.

Tabla N° 3: Resultados de peso específico y porcentaje de humedad.

RESULTADOS DE PESO ESPECIFICO Y % DE HUMEDAD		
Estación	Peso específico (N/M3)	% Humedad
E-01	306.89	0.11
E-02	229.93	0.17
E-03	258.79	0.06
E-04	268.41	0.10
E-05	282.84	0.28
E-06	251.09	0.11

Fuente: elaboración propia

4.4. Clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso

4.4.1. resultados de RMR (método de Bienawski)

4.4.1.1. resistencia a la compresión uniaxial

Los valores numéricos de la compresión uniaxial simple siempre son asociados por el número de familias de las discontinuidades. En la siguiente tabla resumimos los valores obtenidos, resultados de los análisis correspondientes a las 06 estaciones geomecánicas. **Ver anexo 22**

Tabla N° 4: Resultados de la resistencia a la compresión simple por cada estación geomecánica.

PARAMETRO 01: Resistencia a la compresión simple		
Estación	Valor Promedio	Descripción
E-01	78 Mpa	dura
E-02	54 Mpa	dura
E-03	70 Mpa	dura
E-04	68 Mpa	dura
E-05	96 Mpa	dura
E-06	68 Mpa	dura

Fuente: elaboración propia

4.4.1.2. espaciamiento de las discontinuidades.

Los cálculos numéricos del espaciamiento obtenidas en campo se presentan en el **Anexo 07**, estas fueron agrupadas por el número de familias. En la siguiente tabla resumimos los valores obtenidos, producto del análisis estadístico correspondiente a cada una de las estaciones geomecánicas.

Tabla N° 5: Resultados de la separación de discontinuidades en cada estación.

PARAMETRO 02: separación de las discontinuidades			
Estación	Familia	Valor Promedio(m)	Descripción
E-01	A	0.61	Separadas
	B	0.55	Separadas
E-02	A	0.70	Separadas
	B	0.68	Separadas
E-03	A	0.48	Muy juntas
	B	0.54	Muy juntas
E-04	A	0.70	Separadas
	B	0.88	Separadas
E-05	A	0.40	Muy juntas
	B	0.56	Muy juntas
E-06	A	0.91	Separadas
	B	0.63	Separadas

Fuente: elaboración propia

4.4.1.3. cálculo del RQD

Los resultados de los RQD calculados con los datos de número de fisuras por metro (**Anexo 21**). En la siguiente tabla se muestran los valores del RQD característicos y su respectiva descripción.

Tabla N° 6: Resultados del R.Q.D por cada estación geomecánica.

PARAMETRO 03: R Q D. (Calidad de macizo Rocoso) %			
Estación	Familia	V.Promedio (%)	Descripción
E-01	A	93.84	Excelente
	B	90.98	Excelente
E-02	A	98.53	Excelente
	B	97.35	Excelente
E-03	A	96.89	Excelente
	B	98.40	Excelente
E-04	A	96.89	Excelente
	B	98.76	Excelente
E-05	A	97.35	Excelente
	B	95.54	Excelente
E-06	A	99.07	Excelente
	B	96.89	Excelente

Fuente: elaboración propia

4.4.1.4. Estado de las discontinuidades

Los valores de longitud, abertura, rugosidad, relleno y alteración de las discontinuidades obtenidas en campo se presentan en el **anexo 21 y 12**. Los valores se agruparon por familias de discontinuidades. En las siguientes tablas resumimos los valores obtenidos producto del análisis estadístico por cada una de las estaciones analizadas.

4.4.1.4.1. Resultados de la longitud de discontinuidades por cada estación geomecánica.

Tabla N° 7: Resultados de la longitud de las discontinuidades por cada estación geomecánica.

PARAMETRO 04: Longitud de discontinuidades			
Estación	Familia	V.Promedio(m)	Descripción
E-01	A	2.30	Baja
	B	1.73	Baja
E-02	A	1.68	Baja
	B	1.72	Baja
E-03	A	2.45	Baja
	B	1.70	Baja
E-04	A	1.90	Baja
	B	2.31	Baja
E-05	A	1.90	Baja
	B	2.07	Baja
E-06	A	2.41	Baja
	B	1.73	Baja

4.4.1.4.2. Resultados de apertura de los labios de las discontinuidades por cada estación geomecánica.

Tabla N° 8: Resultados de apertura de las discontinuidades por cada estación.

PARAMETRO 04: Abertura de los labios de las discontinuidades			
Estación	Familia	Promedio(mm)	Descripción
E-01	A	5.94	Abierta
	B	6.33	Abierta
E-02	A	4.38	Abierta
	B	5.83	Abierta
E-03	A	4.19	Abierta
	B	2.82	Abierta
E-04	A	3.82	Abierta
	B	4.04	Abierta
E-05	A	5.00	Abierta
	B	5.79	Abierta
E-06	A	5.20	Abierta
	B	5.09	Abierta

Fuente: elaboración propia

4.4.1.4.3. Resultados de la rugosidad de la roca por cada estación geomecánica.

Tabla N° 9: Resultados de la rugosidad de la roca por cada estación.

PARAMETRO 04: Rugosidad de la roca		
Estación	Valor Promedio	Descripción
E-01	13	Rugosa
E-02	11	Ligeramente rugosa
E-03	11.8	Ligeramente rugosa
E-04	13	Rugosa
E-05	10	Ligeramente rugosa
E-06	10.10	Ligeramente rugosa

Fuente: elaboración propia

4.4.1.4.4. Resultados de relleno dentro de las discontinuidades por cada estación geomecánica

Tabla N° 10: Resultados de las discontinuidades del macizo rocoso por cada estación.

PARAMETRO 04: Relleno de las discontinuidades		
Estación	Valor Promedio	Descripción
E-01	< 5mm	Duro
E-02	< 5mm	Duro
E-03	< 5mm	Duro
E-04	< 5mm	Duro
E-05	< 5mm	Duro
E-06	<5mm	Duro

Fuente: elaboración propia

4.4.1.5. Presencia de agua

En la zona de estudio tenemos dos estaciones climatológicas bien resaltadas: la temporada de verano e invierno, si se considera las discontinuidades casi verticales no tendrán capacidad de almacenamiento agua, puesto que tendrá un escurrimiento fácil, y si consideramos húmedas es por que tienden a tener ángulos que poseen horizontalidad.

4.4.1.5.1. Resultados de alteración de la roca, en cada estación geomecánica

Tabla N° 11: Resultados de la alteración de la roca por cada estación geomecánica.

PARAMETRO 04: Alteración de la roca		
Estación	Promedio	Descripción
E-01	LA	Ligeramente alterada
E-02	LA	Ligeramente alterada
E-03	LA	Ligeramente alterada
E-04	LA	Ligeramente alterada
E-05	LA	Ligeramente alterada
E-06	LA	Ligeramente alterada

Fuente: elaboración propia

4.4.1.5.2. Resultados del ángulo de buzamiento de las discontinuidades por cada estación geomecánica

Tabla N° 12: Resultados del ángulo de buzamiento de las discontinuidades por cada estación geomecánica.

PARAMETRO 05: Angulo de buzamiento			
Estación	Familia	Promedio (%)	Descripción
E-01	A	73.13	Medio
	B	73.50	Medio
E-02	A	74.38	Medio
	B	76.67	Medio
E-03	A	74.13	Medio
	B	73.83	Medio
E-04	A	72.63	Medio
	B	75	Medio
E-05	A	75.88	Medio
	B	72.67	Medio
E-06	A	75.25	Medio
	B	75.33	Medio

Fuente: elaboración propia

4.4.1.5.3. Resultados de presencia de agua por cada estación geomecánica

Tabla N° 13: Resultados de presencia de agua por estación geomecánica.

PARAMETRO 06: Presencia de agua		
Estación	Promedio (%)	Descripción
E-01	0.11	Seco
E-02	0.17	Seco
E-03	0.06	Seco
E-04	0.10	Seco
E-05	0.28	Seco
E-06	0.11	Seco

Fuente: elaboración propia

4.4.1.5.4. Resultados del RMR del macizo rocoso por cada estación geomecánica

Tabla N° 14: Resultados del RMR por cada estación geomecánica.

RESULTADOS DEL RMR (1989)		
Estación	Valor (%)	Descripción
E-01	50	Medio
E-02	48	Medio
E-03	49	Medio
E-04	51	Medio
E-05	50	Medio
E-06	46	Medio

Fuente: elaboración propia

4.4.1.5.5. Resultados del ángulo de fricción y cohesión de la roca por cada estación geomecánica

Tabla N° 15: Resultados cohesión y ángulo de fricción por estación geomecánica.

RESULTADOS DE COHESION Y ANGULO DE FRICCION		
Estación	Cohesión (kg/cm²)	Angulo de fricción (%)
E-01	2.40	35
E-02	2.40	34
E-03	2.45	35
E-04	2.80	35
E-05	2.50	35
E-06	2.30	35

Fuente: elaboración propia

4.5. Resultados del cálculo del factor de seguridad del macizo rocoso.

A continuación, se muestran cuadros con los valores de factor de seguridad donde se indica tres métodos distintos. (Ver informes de procesamiento de información con Slide en Anexo 24).

4.5.1. Resultados del factor de seguridad por análisis estático.

Tabla N° 16: Resultados del factor de seguridad por análisis estático

FACTORES DE SEGURIDAD POR ANALISIS ESTATICO			
Estación Geomecánica	Métodos de Análisis		
	Bishop Simplificado	Spencer	Morgenter-price
E-01	0.557	0.554	0.553
E-02	0.506	0.500	0.500
E-03	0.485	0.478	0.478
E-04	0.909	0.904	0.903
E-05	0.577	0.574	0.573
E-06	0.561	0.574	0.556

Fuente: elaboración propia

4.5.2. Resultados del factor de seguridad por análisis dinámico.

Tabla N° 17: Resultados del factor de seguridad por análisis dinámico

FACTORES DE SEGURIDAD POR ANALISIS DINAMICO			
Estación Geomecánica	Métodos de Análisis		
	Bishop Simplificado	Spencer	Morgenter-price
E-01	0.207	0.277	0.311
E-02	0.182	0.265	0.265
E-03	0.169	0.278	0.256
E-04	0.415	0.423	0.423
E-05	0.243	0.304	0.453
E-06	0.224	0.304	0.337

Fuente: elaboración propia

4.5.2.1. Descripción de los parámetros de cada estación geomecánica y los valores numéricos de Factor de Seguridad.

4.5.2.1.1. Estación Geomecánica E-01: Talud 01

Tabla N° 18: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E1.

GEOMETRIA DEL TALUD – E01			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	16.25 m		Condición	Método de cálculo		
Longitud de Pie	10 m			Bishop S.	Spencer	M. Price
Dirección de Buzamiento	73.50°					
UBICACION			Estático	0.557	0.554	0.553
Norte	Este	Cota	Dinámico	0.207	0.277	0.311
755764.544	9114830.073	1614.02	Resultado	INESTABLE		

Fuente: elaboración propia

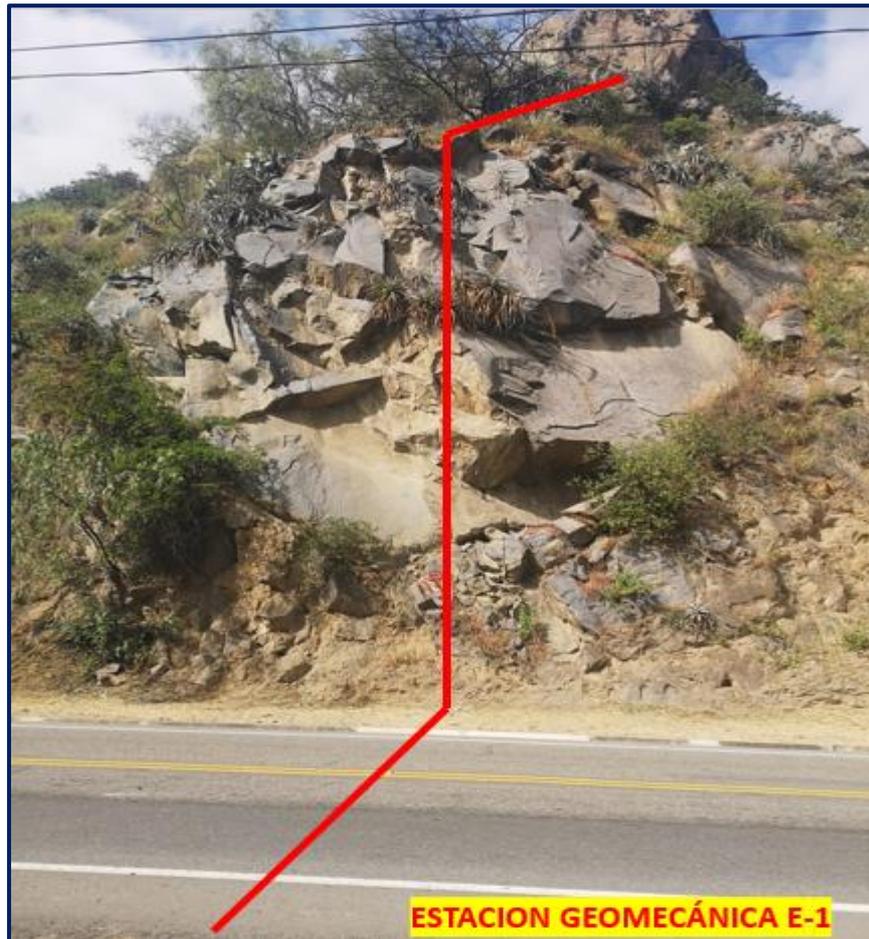


Figura 9: Talud 01

(fuente propia)

4.5.2.1.2. Estación Geomecánica E-02: Talud 02

Tabla N° 19: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E2.

GEOMETRIA DEL TALUD – E02			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	13.54 m		Condición	Método de cálculo		
Longitud de Pie	5 m			Bishop S.	Spencer	M. Price
Dirección de Buzamiento	76.67°					
UBICACION			Estático	0.506	0.500	0.500
Norte	Este	Cota	Dinámico	0.182	0.265	0.265
756244.469	9114635.723	1548.36	Resultado	INESTABLE		

Fuente: elaboración propia



Figura 10: Talud 02

(fuente propia)

4.5.2.1.3. Estación Geomecánica E-03: Talud 03

Tabla N° 20: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E3.

GEOMETRIA DEL TALUD – E03			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	17.80 m		Condición	Método de cálculo		
Longitud de Pie	5.60 m			Bishop S.	Spencer	M. Price
Dirección de Buzamiento	74.13°					
UBICACION			Estático	0.485	0.478	0.478
Norte	Este	Cota	Dinámico	0.169	0.278	0.256
756320.441	9114676.317	1788.79	Resultado	INESTABLE		

Fuente: elaboración propia

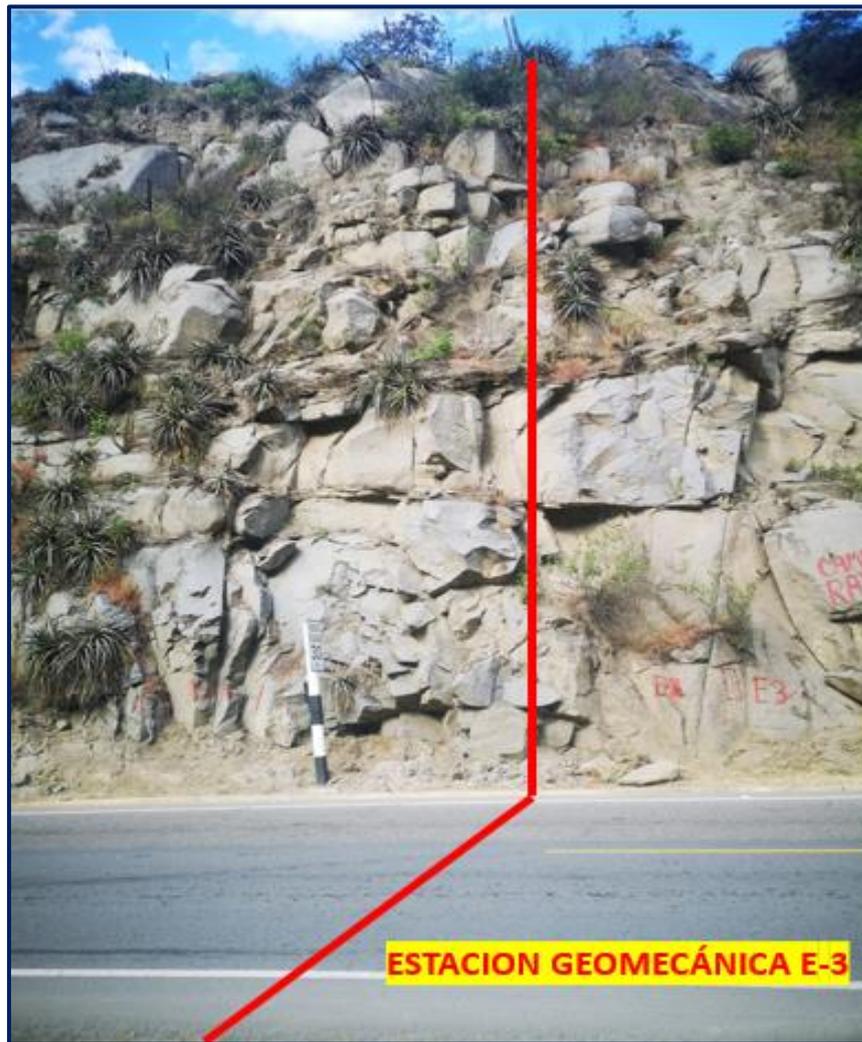


Figura 11: Talud 03

(fuente propia)

4.5.2.1.4. Estación Geomecánica E-04: Talud 04

Tabla N° 21: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E4.

GEOMETRIA DEL TALUD – E04			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	14.20 m		Condición	Método de cálculo		
Longitud de Pie	7.22 m			Bishop S.	Spencer	M. Price
Dirección de Buzamiento	75°					
UBICACION			Estático	0.909	0.904	0.903
Norte	Este	Cota	Dinámico	0.415	0.423	0.423
756352.720	9114851.531	1590.21	Resultado	INESTABLE		

Fuente: elaboración propia

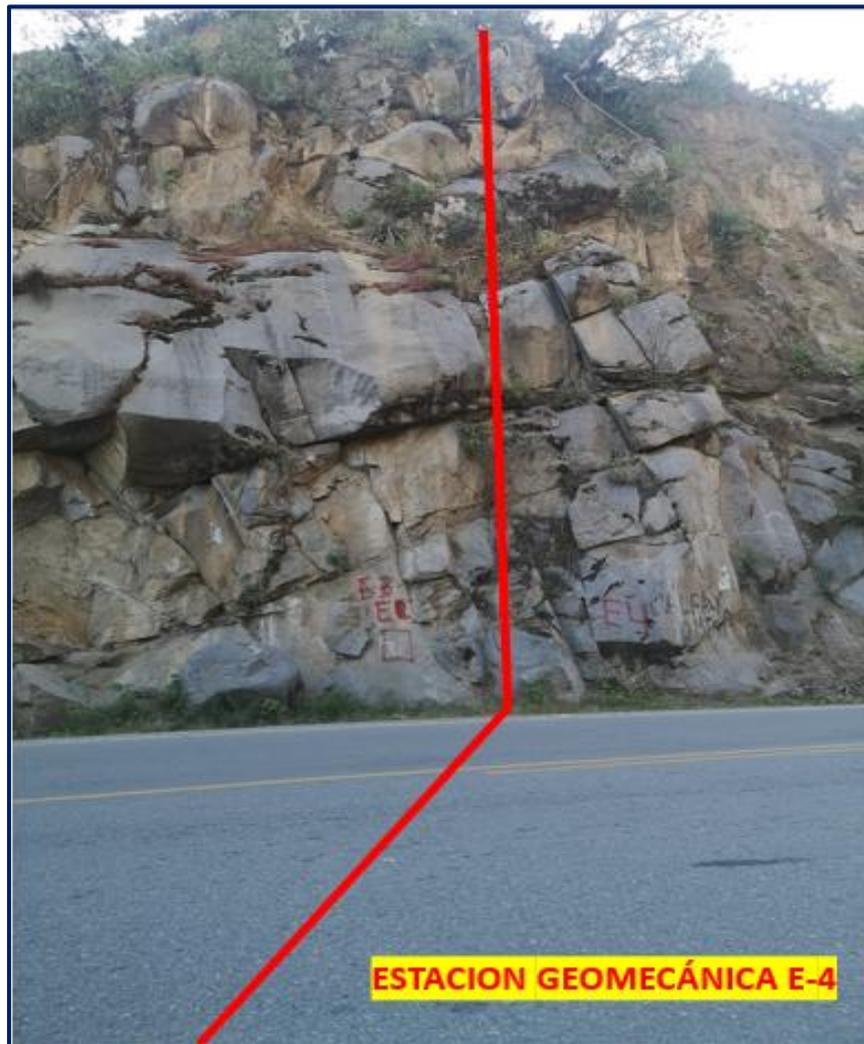


Figura 12: Talud 04

(fuente propia)

4.5.2.1.5. Estación Geomecánica E-05: Talud 05

Tabla N° 22: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E5.

GEOMETRIA DEL TALUD – E05			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	9.25 m		Condición	Método de cálculo		
Longitud de Pie	5.78 m			Bishop S.	Spencer	M. Price
Dirección de Buzamiento	75.88°					
UBICACION			Estático	0.577	0.574	0.573
Norte	Este	Cota	Dinámico	0.243	0.304	0.453
756141.072	9115323.855	1594.37	Resultado	INESTABLE		

Fuente: elaboración propia

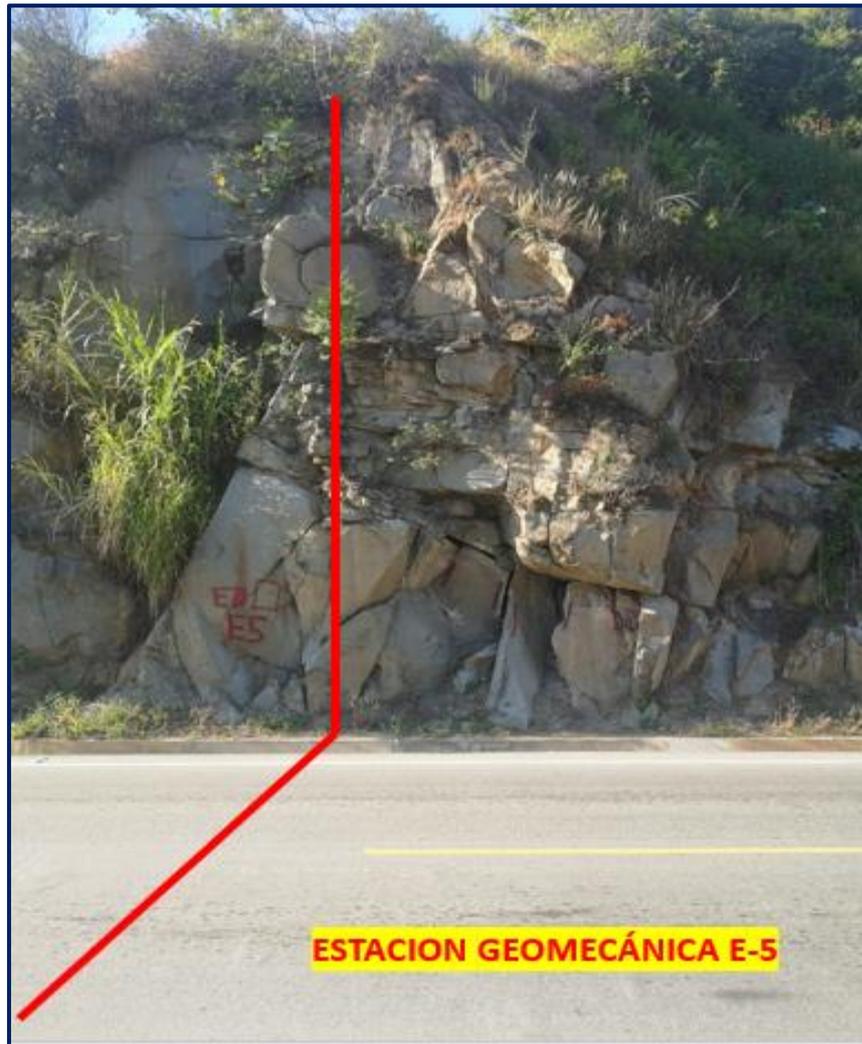


Figura 13: Talud 05

(fuente propia)

4.5.2.1.6. Estación Geomecánica E-06: Talud 06

Tabla N° 23: Descripción y factor de seguridad obtenido en el Talud E6.

GEOMETRIA DEL TALUD – E06			FACTOR DE SEGURIDAD			
Altura	8.95 m		Condición	Método de cálculo		
Longitud de Pie	4.35 m			Bishop S.	Spencer	M. Price
Dirección de Buzamiento	75.33°					
UBICACION			Estático	0.561	0.574	0.556
Norte	Este	Cota	Dinámico	0.224	0.304	0.337
757423.015	9115960.400	1683.71	Resultado	INESTABLE		

Fuente: elaboración propia



Figura 14: Talud 06

(fuente propia)

4.6. Solución descriptiva basado en el problema de inestabilidad de taludes.

Después de realizar el estudio geo mecánico de los taludes en la presente investigación y haber procesado la información se obtuvo que los taludes de dicho tramo son inestables, se ha concretado la idea de una estabilización con pernos de anclajes.

4.6.1. Estabilización de taludes con pernos de anclajes

A los pernos de anclajes se le denomina elementos estructurales que están hechos a base de varillas de acero y esto es colocado en la perforación existente, luego se introduce cemento para poder sellar el perno de anclaje con el macizo rocoso. Así mismo genera una consolidación de la roca con la varilla; de tal forma esto evita los desprendimientos y caídas de las rocas cuando estas presentan discontinuidades y fracturas muy espaciadas.

El diseño de los pernos de anclaje se da de manera empírica que está constituido a base de los diferentes análisis de las discontinuidades del macizo rocoso y las estabilidades de los taludes en esa zona. La importancia para el diseño tiene que ver con la localización, ángulo de inclinación y las extensiones tanto de los anclajes como de los pernos.



Figura 15: colocación de pernos en la roca

V. DISCUSION

En concordancia con los resultados obtenidos y respecto al primer objetivo específico planteado los perfiles longitudinales de los taludes para el presente proyecto de los kilómetros 51 al 55 se encuentran en un nivel accidentados(anexo17). Los resultados son similares a los encontrados por Segura y Ballena (2019), quienes obtuvieron los perfiles longitudinales de cinco estaciones geomecánicas de los kilómetros 40 al 42, encontrando que sus pendientes fueron muy pronunciadas. Esto se atribuye a que cuando se construyó la vía Trujillo – Huamachuco, específicamente en estos kilómetros las pendientes de los taludes de corte no fueron las indicadas para roca suelta de 1:02 a 1:1.2 (manual de protección de taludes,1984). Es posible que si mejoramos las pendientes de los taludes de corte estos queden más seguros y estables, y así no ocurran desprendimientos de rocas en tiempos de invierno y movimientos sísmicos.

Los datos encontrados en el estudio de mecánica de rocas, nos ha permitido determinar el porcentaje de humedad de los taludes para la presente investigación entre los kilómetros 51 al 55, en la cual el contenido de humedad es seco (anexo 21-B y 22). Los resultados son similares a los encontrados por Segura y Ballena (2019), quienes también encontraron porcentajes de humedades secas al evaluar los taludes. Esta característica de humedades secas provoca las caídas y deslizamientos de las rocas, así mismo también por no presentar un talud adecuado (manual de protección de taludes,1984). Es posible que si forestamos la zona tendríamos que el porcentaje de humedad seca aumentaría y no causaría desprendimientos que ocasionan pérdidas económicas y humanas.

En relación a los valores obtenidos en el estudio de las clasificaciones geomecánicas de las seis estaciones en el tramo 51-55 de la carretera Trujillo – Huamachuco nos permitió encontrar diferentes características del macizo rocoso como por ejemplo el índice de calidad de la roca (RQD), espaciado entre juntas, la resistencia a la compresión uniaxial, estado de las discontinuidades (abertura de los labios, longitud, rugosidad, relleno, alteración visual), presencia de agua y ángulo de buzamiento (anexo 22). Los resultados son similares a los encontrados por Segura y Ballena (2019), quienes realizaron las clasificaciones geomecánicas (Bienawski, 1989) de los kilómetros 41 – 42. De acuerdo a las características del macizo rocoso se verificó que es una roca muy débil, fácil de fraccionarse con algún pequeño esfuerzo que pueda presentarse y/o por algún movimiento sísmico. es probable que si el talud de dicha zona hubiera tenido un corte adecuado la roca no presentaría fracturas y no estaría propensa a tener deslizamientos.

Actualmente el tramo estudiado del proyecto aplicando los parámetros de equilibrio limite, nos reportaron los siguientes valores de factor de seguridad E:01 (0.557), E:02(.0506), E:03(0.485), E:04(0.909), E:05(0.577), E:06(0.561, esto nos indica que la zona de estudio es potencialmente inestable, los resultados son semejantes a los resultados hallados por Segura y Ballena (2019), Diaz y Rodríguez (2017), quienes determinaron los valores de factor de seguridad por de debajo de 1 que no es recomendable. Esto se relaciona con las discontinuidades, rotura por cuña, espaciamiento entre paredes, apertura de labios, relleno, inclinación de talud, resistencia a la compresión y rugosidad halladas en la zona de estudio (Ramírez y Alejano, 2019). Es probable que al realizar un sostenimiento con pernos anclados los factores de seguridad aumentarían, teniendo como resultado una roca más estable y segura que nos permitirá tener más viabilidad a dicha zona de estudio.

En relación al quinto objetivo específico, la solución propuesta será estabilización de los taludes con pernos de anclaje de cada una de las estaciones geomecánicas de los kilómetros 51 al 55 carretera Trujillo - Huamachuco. La solución es similar a los propuestos por Segura y Ballena (2019), quienes propusieron una solución a través de la construcción de muros reforzados en cada talud. Esto genera que los taludes al utilizar pernos de anclaje queden más seguros y no haya deslizamientos ante cualquier cambio climático o movimiento sísmico (Ucar, 2002). Es posible que si utilizamos pernos de anclaje a cada metro el talud quedará más estable y no se producirá desprendimientos, deslizamientos en las rocas.

VI. CONCLUSIONES

- A través de los estudios geo mecánicos realizados al macizo rocoso se pudo determinar que los taludes analizados son inestables en las condiciones estáticas y dinámicas, que necesitaban ser reforzados y para este caso se utilizara pernos de anclaje.
- Se realizó el levantamiento topográfico con Drone, debido al difícil acceso que presenta y por las pendientes muy pronunciadas, obteniéndose como resultados que los perfiles actuales de las seis estaciones geomecánicas de las progresivas km 51+000 al 55+00KM son accidentados.
- Se logró determinar a través del estudio de mecánica de rocas los porcentajes de humedades que se encuentran entre 0.11% y 0.28% correspondiente a las seis estaciones geomecánicas entre los kilómetros 51 al 55 de la carreta Trujillo- Huamachuco.
- Se determinó los parámetros primordiales de las seis estaciones geomecánicas de la zona de estudio que es el ángulo de fricción interna que fluctúa entre 34° y 35° y la cohesión que se encuentran entre 2.30 – 2.80 kg/cm²), los cuales establecen las resistencias de corte que presenta la roca, lo cual es muy indispensable para poder continuar con los análisis y diseños.
- Con el uso del programa Slide 6.0, se determinaron los resultados de los factores de seguridad de cada una de las estaciones geomecánicas tanto en las condiciones estáticas como dinámicas, dando como resultado que los factores de seguridad son menores que uno (<1), siendo estos taludes inestables.
- Se determinó la estabilización de los taludes en el presente proyecto de investigación con pernos de anclaje con una distancia de 1 metro

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer una visita a la zona de estudio para observar las condiciones actuales del terreno y ver que equipo se adecua más para el levantamiento topográfico.
- Se recomienda que otros estudiantes realicen otros estudios aparte de los que ya se realizó para poder comparar los resultados de la presente zona de estudio

REFERENCIAS

- Asociación de carreteras del Japón. Manual de protección de taludes. Universidad nacional de ingeniería de Tokio, 1984. 327pp.
Disponible en:
<http://www.jorgealvahurtado.com/files/Manual%20de%20Proteccion%20de%20Taludes.pdf>
- American Society for Testing and Materials D2216. Determinación del porcentaje de humedad de suelos y rocas. Edi.2019.
Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D2216>.
- ALBERCA, Christian y RONDO, Cesar. Estabilización de Taludes Utilizando Geo malla Coextruida Mono-Orientada en el Tramo de la Carretera Samne-Casmiche, Departamento la Libertad. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil).
Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2020.
Disponible en
<http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1197595?mode=full>
- AGUILAR, Oscar y ZUÑIGA, Camilo. Análisis comparativo de estabilidad de taludes mediante los métodos de equilibrio limite aplicado a taludes o laderas aledañas al Cerro de la Popa, casco urbano de Cartagena. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil).
Cartagena: Universidad de Cartagena, 2015.
Disponible en
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/handle/11227/2089>
- ARIAS, Fidias. El Proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica [En Línea]. 6ta ed. Venezuela: Episteme, C.A, 2012. [fecha de consulta: 17 de noviembre de 2020].
Disponible en

<https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>

ISBN: 980-07-8529-9

- BLAU, Peter y LAWN, Brian. ASTM SPECIAL TECHNICAL PUBLICATION 889 [en línea]. 2.a ed. Estados Unidos: A symposium sponsored by ASTM Committee E.4 on Metallography and by the International Metallographical society, 1984.

[fecha de consulta: 14 de diciembre del 2020].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=iS1KE6QOmiMC&oi=fnd&pg=PA2&dq=astm+international+astm&ots=xWAIrKqQD&sig=ZkTva9zPGR0q1eASfzrAeEqxonE#v=onepage&q&f=false>

- BIENIAWSKI, Z. (1989). Engineering Rock Mass Classifications. Canada: John Wiley & Sons.

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=pejDUvjwPdMC&oi=fnd&pg=PP13&dq=BIENIAWSKI,+ZT.+\(1989\).+Engineering+Rock+Mass+Classifications.+Canada:+John+Wiley+%26+Sons.&ots=4UkFRz-YZp&sig=7NlhxEgcQCiz3SMYxo8KANliQ_c#v=onepage&q=BIENIAWSKI%2C%20ZT.%20\(1989\).%20Engineering%20Rock%20Mass%20Classifications.%20Canada%3A%20John%20Wiley%20%26%20Sons.&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=pejDUvjwPdMC&oi=fnd&pg=PP13&dq=BIENIAWSKI,+ZT.+(1989).+Engineering+Rock+Mass+Classifications.+Canada:+John+Wiley+%26+Sons.&ots=4UkFRz-YZp&sig=7NlhxEgcQCiz3SMYxo8KANliQ_c#v=onepage&q=BIENIAWSKI%2C%20ZT.%20(1989).%20Engineering%20Rock%20Mass%20Classifications.%20Canada%3A%20John%20Wiley%20%26%20Sons.&f=false)

ISBN: 0-471-60172-1

- CARRIÓN, Carlos. Análisis y Diseño de la Estabilidad de Talud en el Sector Sausacocha – Pallar km. 8+000 al 9+000 provincia de Sánchez Carrión, Departamento de la Libertad, 2017. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil Ambiental).

Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.

Disponible en

<http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1788>

- COJEAN, Roger. Evaluation of topography site effect in slope stability under dynamic loading [en línea]. Setiembre 2013, Paper N° 521. [Fecha de Consulta: 15 de noviembre 2020].
Disponible en
<https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00858861/document>
- DAVILA, J. “Diccionario Geológico”. Lima, 901p. 2011
Disponible en:
<http://biblioteca.ismm.edu.cu/wp-content/uploads/2017/06/Diccionario-geologico.pdf>
- DELGADO, J. Mecánica de Rocas. Universidad de Coruña. España. 2002
- DUQUE, Gonzalo. “Geotécnica” 1era. Edición. Manizales-Colombia. 417pp.2016.
Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>.
- DIAZ, Mario y RODRIGUEZ, Jean. Estudio de la Estabilidad de Taludes en Roca entre los Kilómetros 95 al 97 de la Carretera Ciudad de Dios – Cajamarca. Tesis (Título Profesional de Ingeniero de Minas).
Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2017.
Disponible en
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12738>
- ESTAIRE, José y OLIVENZA, Gracia. Factores de seguridad en la estabilidad de taludes de acuerdo con el euro código Ec-7 y el anejo nacional español. Revista CIMNE [En línea]. Junio 2013. [fecha de consulta: 15/11/2020].
Disponible en
[http://oa.upm.es/29893/1/INVE MEM 2013 167047.pdf](http://oa.upm.es/29893/1/INVE_MEM_2013_167047.pdf)

- FRANQUET, J y QUEROL, A. “Nivelación de terrenos por regresión tridimensional”. 1era.ed. Valencia-España, 486pp.2010.
ISBN: 8493842001, 9788493842000
- GEMMA - GRUPO DE ESTÁNDARES PARA MOVIMIENTOS EN MASA. “Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas”. Publicación Geológica Multinacional No. 4.2007
Disponible en: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Geral-96.pdf>
- GONZALES DE VALLEJO, L. Ingeniería Geológica. 2da ed. Madrid, España: Pearson Education.2004.
- HOYOS, F. “Geotecnia Diccionario Básico”. 1st Ed. Medellín-Colombia.2012
- HERNANDEZ, Roberto. Metodología de la investigación [en línea]. 6.ª ed. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. 2014 [fecha de consulta: 18 de noviembre de 2020].
Disponible en
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
ISBN 978-1-4562-2396-0
- Instituto Geológico y Minero de España. Manual de ingeniería de Taludes. Madrid: ITGE.1987.
- JUMIKIS, A. Rock mechanics. Trans Tech S.A. Estados Unidos.1983
- JORDA, L. Clasificaciones Geomecánicas y Diseño Empírico de Sostenimiento. Lima: Elite.2013.
- Ministerio de Vivienda construcción y saneamiento. E.030 diseño sismo resistente.
Lima: 2018.p32
Disponible en:

[http://saludydesastres.info/index.php?option=com_docman&task=doc_view
&gid=50&lang=es](http://saludydesastres.info/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=50&lang=es)

- Ministerio de Vivienda construcción y saneamiento. E.050 suelos y cimentaciones
Lima: 2018.p46
Disponible en:
https://cdnweb.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E050_RM-406-2018-VIVIENDA.pdf
- MELENTIJEVIC, S. “Estabilidad de Taludes en Macizos Rocosos con Criterios de Rotura No Lineales y Leyes de Fluencia No Asociada”. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.2005.
- MUNTAZIR, Abbas. Rock Mass Classification Systems [en línea]. 9.a ed. Estados Unidos: National Centre of Excellence in Geology University of Peshawar, 2015.
[fecha de consulta: 14 de diciembre del 2020].
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/277504261_Rock_Mass_Classification_Systems
- MONTE, Ignacio. Análisis de estabilidad de taludes de roca mediante el método de elementos finitos. Tesis (Título Profesional de ingeniero Civil de Minas).
Concepción: Universidad de Concepción, 2020.
Disponible en
http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/461/1/Tesis_Analisis_de_estabilidad.pdf
- OCHOA, Lisbeth. Inestabilidad de taludes en el sector de santa bárbara de la ciudad de Huancavelica. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil).
Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2016.
Disponible en:

<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/275>

- PAPENDRECHT, D “et al”. An Overview on Methods for Slope Stability Analysis [en línea]. Vol.6. India: International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2006 [fecha de consulta: 15 de Noviembre de 2020]. KIT'S College of Engineering.

Disponible

en

https://www.researchgate.net/publication/315932995_An_Overview_on_Methods_for_Slope_Stability_Analysis/link/5c9fb27c45851506d7361888/download

- ISSN: 2278-0181

- RAMOS, Abel. Análisis de Estabilidad de Taludes en Rocas. Simulación con LS-DINA y Comparación con SLIDE. Tesis (Master Universitario en Ingeniería Geológica). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2017.

Disponible en:

http://oa.upm.es/47326/1/TFM_ABEL_ANTONIO_RAMOS_VASQUEZ.pdf

- Ramírez, P y ALEJANO, L. Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid,2004.

Disponible en:

file:///D:/01Documentos/Desktop/PROYECTO%20DE%20INVESTIGACION%2001/TESIS%20DE%20TALUDES/LIBROS%20PARA%20TESIS/MECANICA_DE_ROCAS_1.pdf-%20LIBROS.pdf

- REVISTA Interinstitucional De Investigación Educativa [en línea]. México: Universidad Autónoma del Estado de México [fecha de consulta: 18 de noviembre de 2020].

Disponible en

<https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>

ISBN: 1665-0824.

- ROBERT, Jaime. [en línea]. Colombia: Geotecnología S.A.S., 2001 [Fecha de consulta 14 de noviembre de 2020].
Disponible en
<https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>
- ROCSCIENCE, Rocscience International Conference. Applications Slide [en línea]. Rocscience, 2021.
[fecha de consulta: 14 de diciembre del 2020].
Disponible en:
<https://www.rocscience.com/software/slide3>
- SAENZ, Alex. Análisis para Estabilidad de Taludes en Roca Utilizando Mallas Galvanizadas Ancladas, Ciudad Nueva Fuera Bamba Apurímac. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil).
Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017.
Disponible en
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3874>
- SUAREZ, Julio. Monitoreo de deslizamientos utilizando el sistema de extensómetros artesanales. Tesis (Título profesional).
Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala, 2006.
Disponible en:
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/3565/1/Edgar%20Leonardo%20Alfonso%20L%C3%B3pez%20Castillo.pdf>
- SEGURA, M y BALLENA, L. Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina antapaccay. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil).
Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2016.
Disponible en:
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7614/>

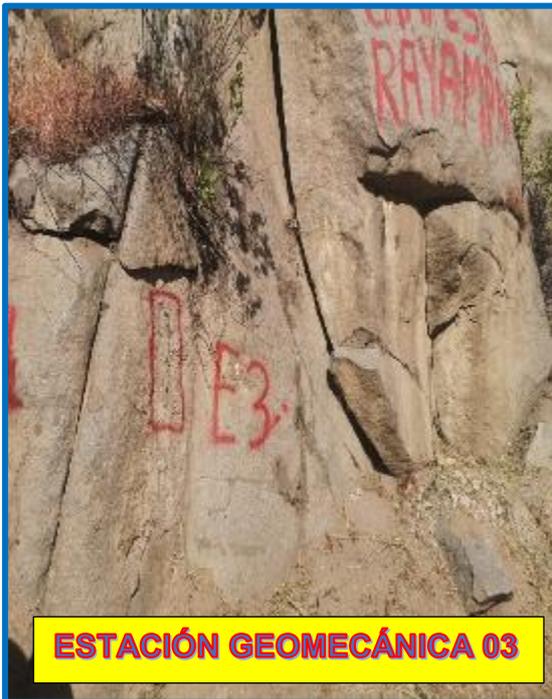
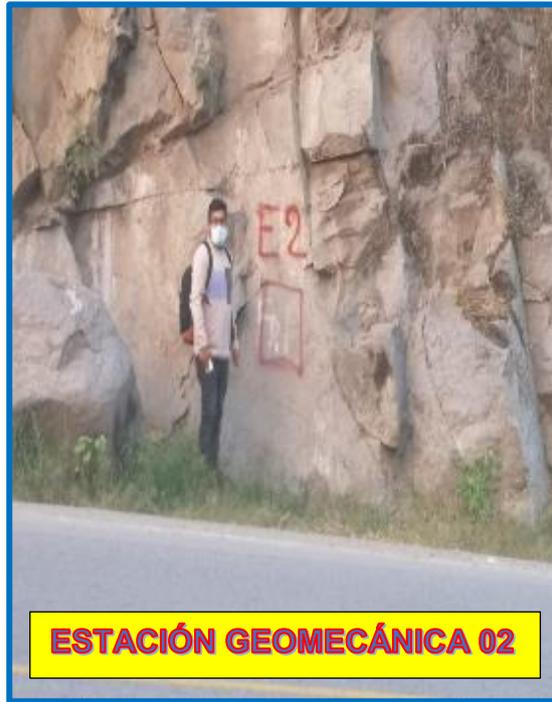
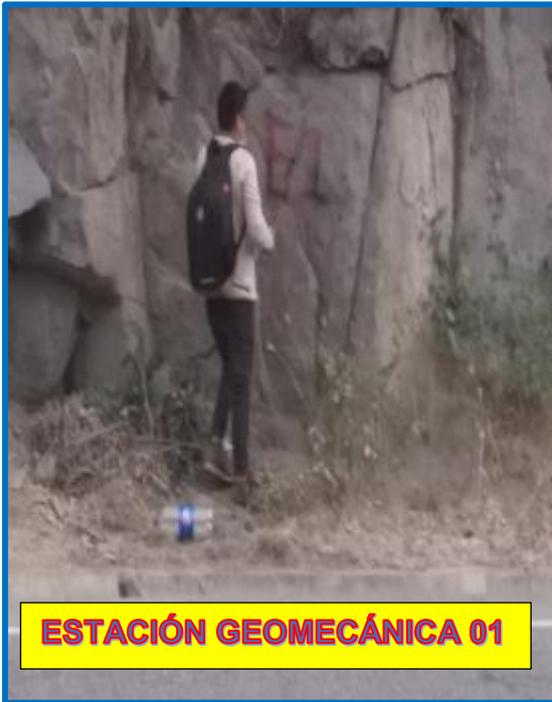
- SUAREZ, J. “Deslizamientos: Análisis Geotécnico”. España. U. Industrial de Santander. 2009
Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/131088529/Deslizamientos-Analisis-Geotecnico-Jaime-Suarez>.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. Manual de Geomecánica Aplicada a la Prevención de Accidentes por Caídas de Rocas en Minería Subterránea. Lima: SNMPE.2004
- UCAR, Roberto. Manual de anclajes en obras de tierras. Mérida. 2002.pp214.
- Disponible en: http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/manual_anclaje/pdf/librocompleto.pdf
- VÁSQUEZ, Cristian. Determinación de zonas vulnerables para prevenir la caída de roca en la carretera Chiclayo – santa cruz tramo puente cumbil – Catache km 04+000 al km 09+000. Tesis (Título profesional de Ingeniero de Minas).
Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2018.
Disponible en:
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/30055/Vasquez_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- VALERIANO, Fredy. Métodos para el Análisis de Estabilidad de Taludes en Roca y su Interacción en el Cerro Espinal Juliaca. Tesis (Título Profesional de Ingeniero de Minas).
Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.
Disponible en
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2968>

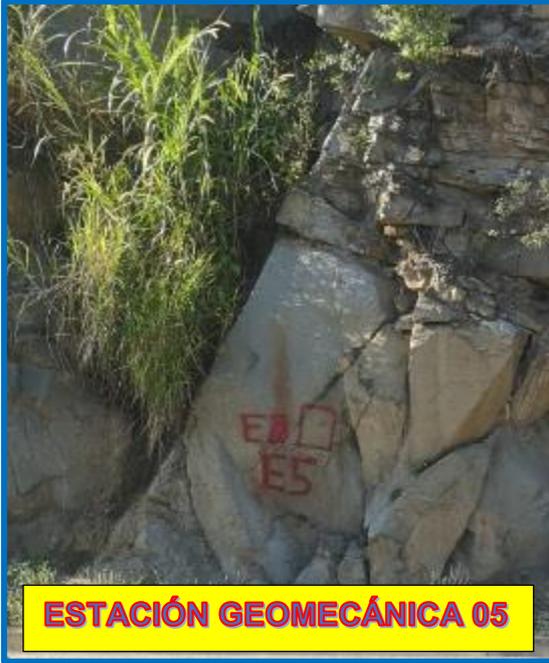
ANEXOS

Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables

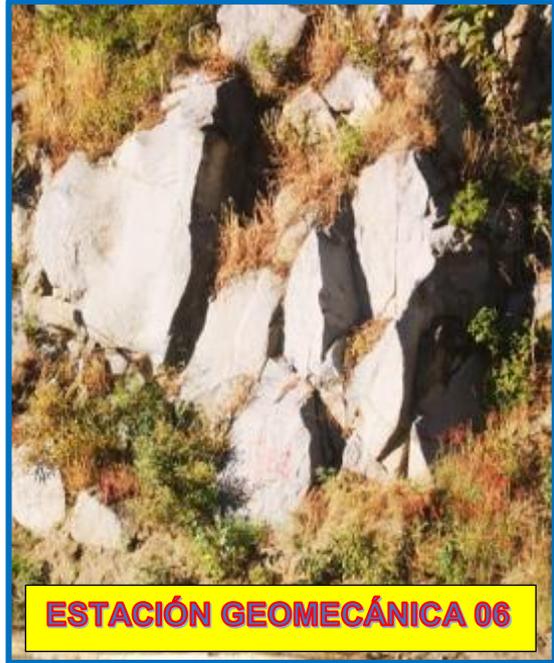
MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
ESTABILIDADES DE TALUDES.	SUAREZ, (1998). EN GENERAL LAS ROCAS PRESENTAN FALLAS, GENERANDO DIFERENTES CAMBIOS DE POSICIONES DE SU ESTADO INICIAL EN EL TERRENO.	EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES SE REALIZARÁ MEDIANTE EL MÉTODO DE EQUILIBRIO LIMITE PARA HALLAR EL EQUILIBRIO DE UNA DETERMINADA MASA DE TERRENO INESTABLE.	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	ESTACIONES GEOMECÁNICAS	RAZÓN
			ESTUDIO DE MECÁNICA DE ROCAS	PORCENTAJE DE HUMEDAD	RAZÓN
			ESTUDIO GEOMECÁNICO	RUGOSIDAD	RAZÓN
				RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL.	
			SEPARACIÓN DE DIACLASAS (cm)		
FACTOR DE SEGURIDAD	VALOR NUMERICO	RAZÓN			

Anexo N°02: Estaciones geomecánicas.





ESTACIÓN GEOMECÁNICA 05



ESTACIÓN GEOMECÁNICA 06

Anexo N°03: Materiales y equipos utilizados en el proyecto.

- Equipos y herramientas



PEINE DE BARTON



DRONE



MARTILLO DE SMITCH



BRUJULA



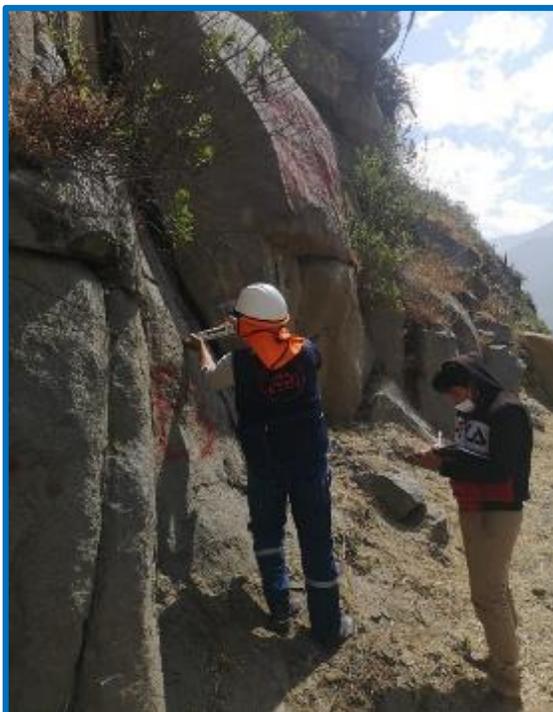
WINCHA

Anexo N° 04: Ficha geotécnica de campo

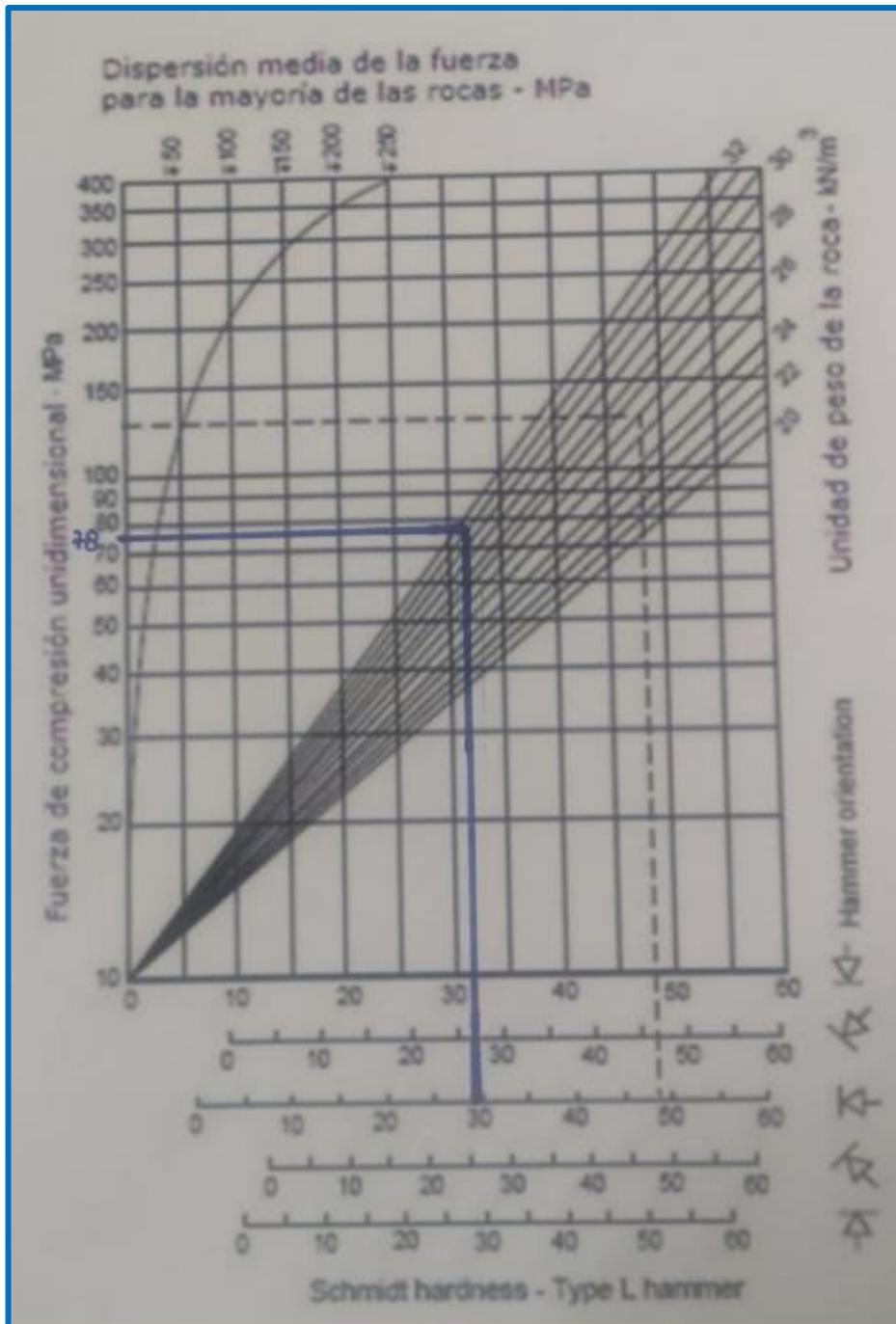
RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN GEOMACÁNICA SEGUN BIENIAWSKI (RMR -1989)							
ESTACIÓN E1							
1 RESISTENCIA A LA CPMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA (Mpa)							
#	Dato	#	Dato	#	Dato	#	Dato
1		6		11		16	
2		7		12		17	
3		8		13		18	
4		9		14		19	
5		10		15		20	
2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO (RQD)							
$RQD = 100 e^{(-0.1\lambda)}(0.1\lambda + 1)$							
DONDE		λ	ES LA FRECUENCIA DE DISCONTINUIDADES POR METRO LINEAL TRANSVERSAL				
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# DISCONT	X 1(m)			# DISCONT	X (m)		
λ				λ			
RQD				RQD			
3 ESPACIADO DE LAS JUNTAS (DISCONTINUIDADES)							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(m)	#	(m)	#	(m)	#	(m)
1		5		9		13	
2		6		10		14	
3		7		11		15	
4		8		12		16	

4 ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES							
4.1 APERTURA DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES(mm)							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(mm)	#	(mm)	#	(Cm)	#	(mm)
1		5		9		13	
2		6		10		14	
3		7		11		15	
4		8		12		16	
4.2 LONGITUD (m)							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)
1		5		9		13	
2		6		10		14	
3		7		11		15	
4		8		12		16	
4.3 RUGOSIDAD							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)
1		5		9		13	
2		6		10		14	
3		7		11		15	
4		8		12		16	
4.4 RELLENO (mm)							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1		5		9		13	
2		6		10		14	
3		7		11		15	
4		8		12		16	
4.5 ALTERACION (VISUAL)							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI
1		5		9		13	
2		6		10		14	
3		7		11		15	
4		8		12		16	
5 PRESENCIA DE AGUA							
% DE HUMEDAD							
MUESTRA 1							
PI (gr)	PF (gr)	% DE HMEIDAD					
6 BUZAMIENTO Y AORIENTACION (BRUJULA DE EXPLORADOR)							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD
1		5		9		13	
2		6		10		14	
3		7		11		15	
4		8		12		16	

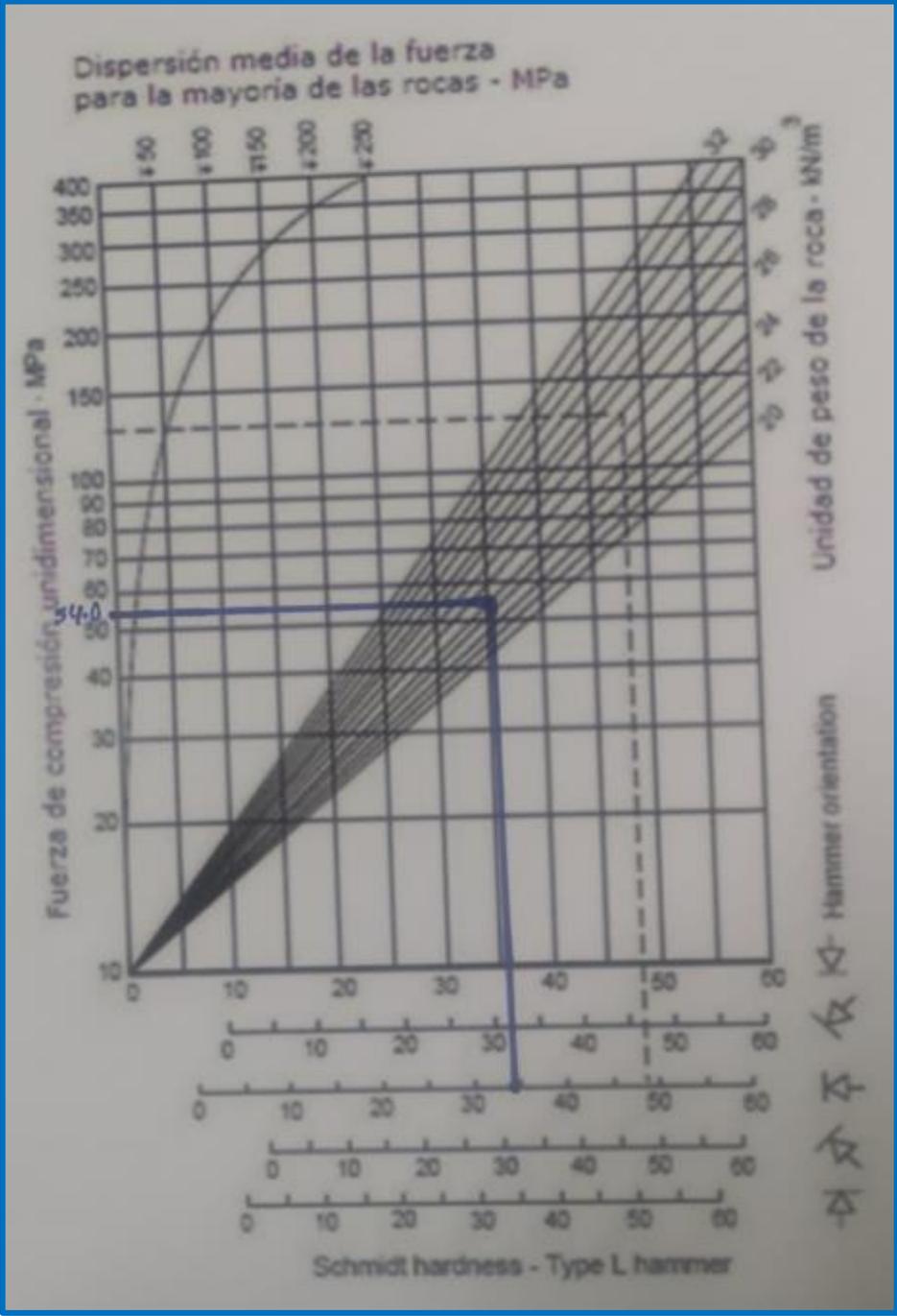
Anexo N° 05: Resistencia a la compresión uniaxial de la roca



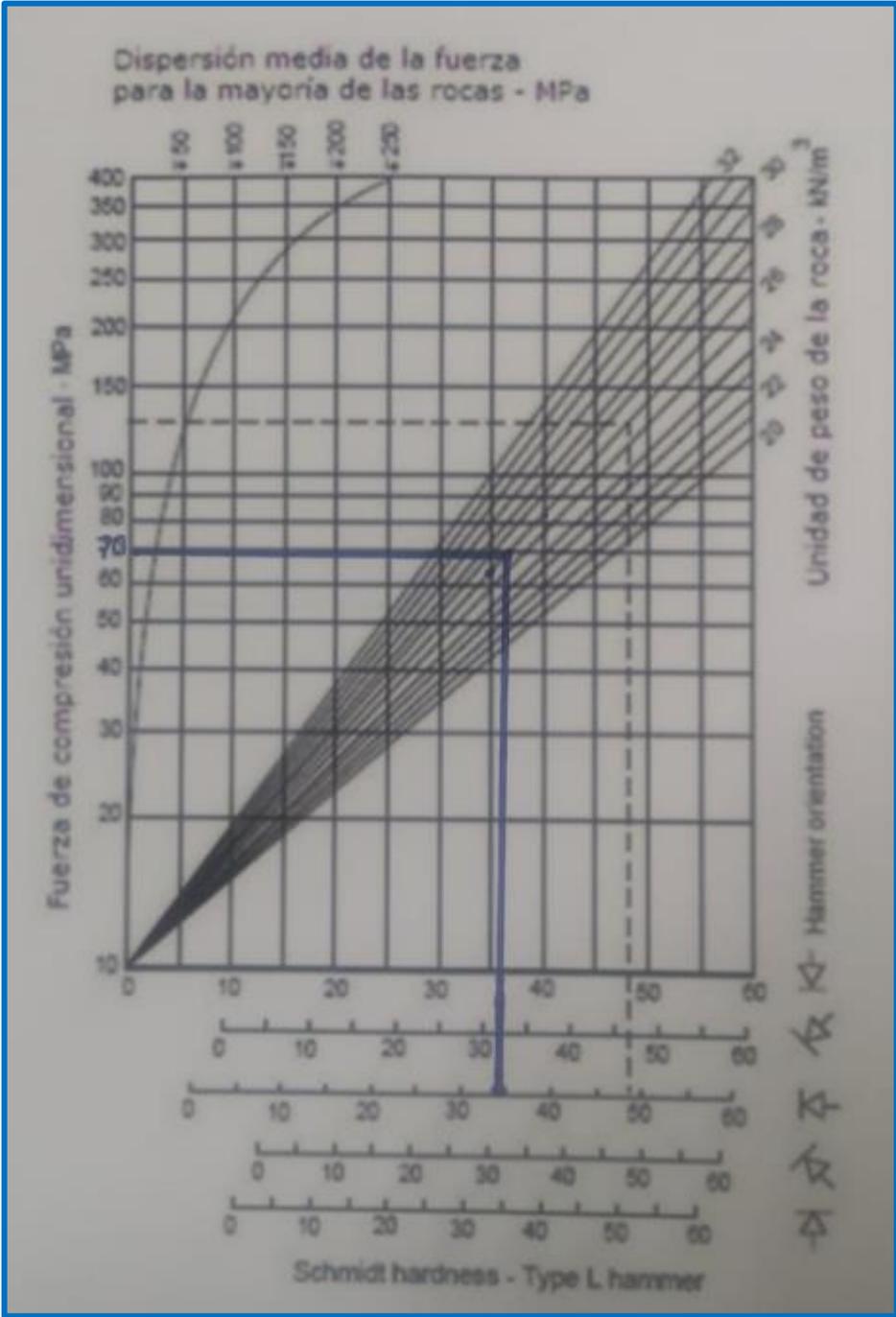
Anexo N°06: Ábacos resultantes de resistencia a la compresión uniaxial (JCS) de las 06 estaciones geomecánicas.



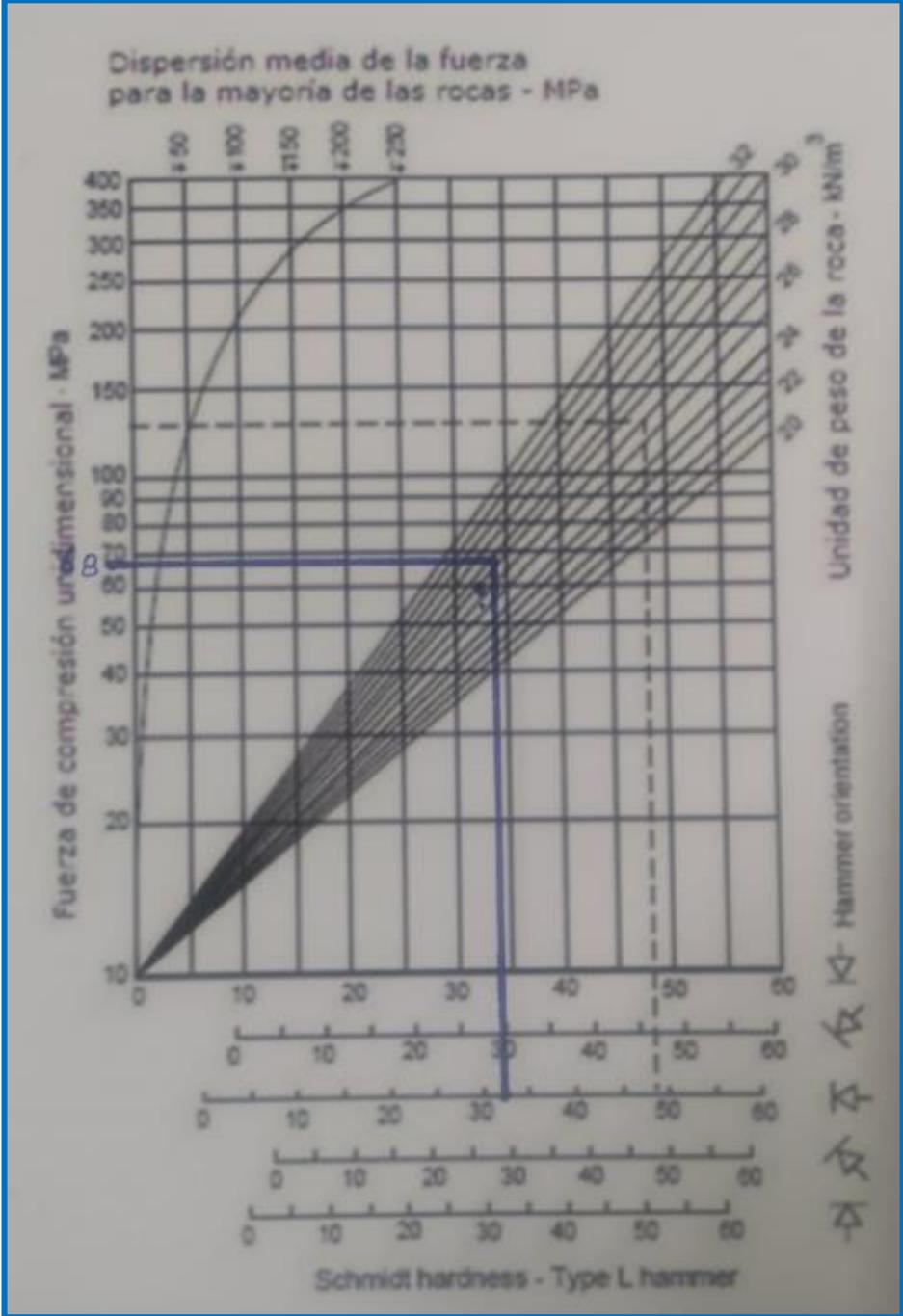
JCS – ESTACION GEOMECANICA 01



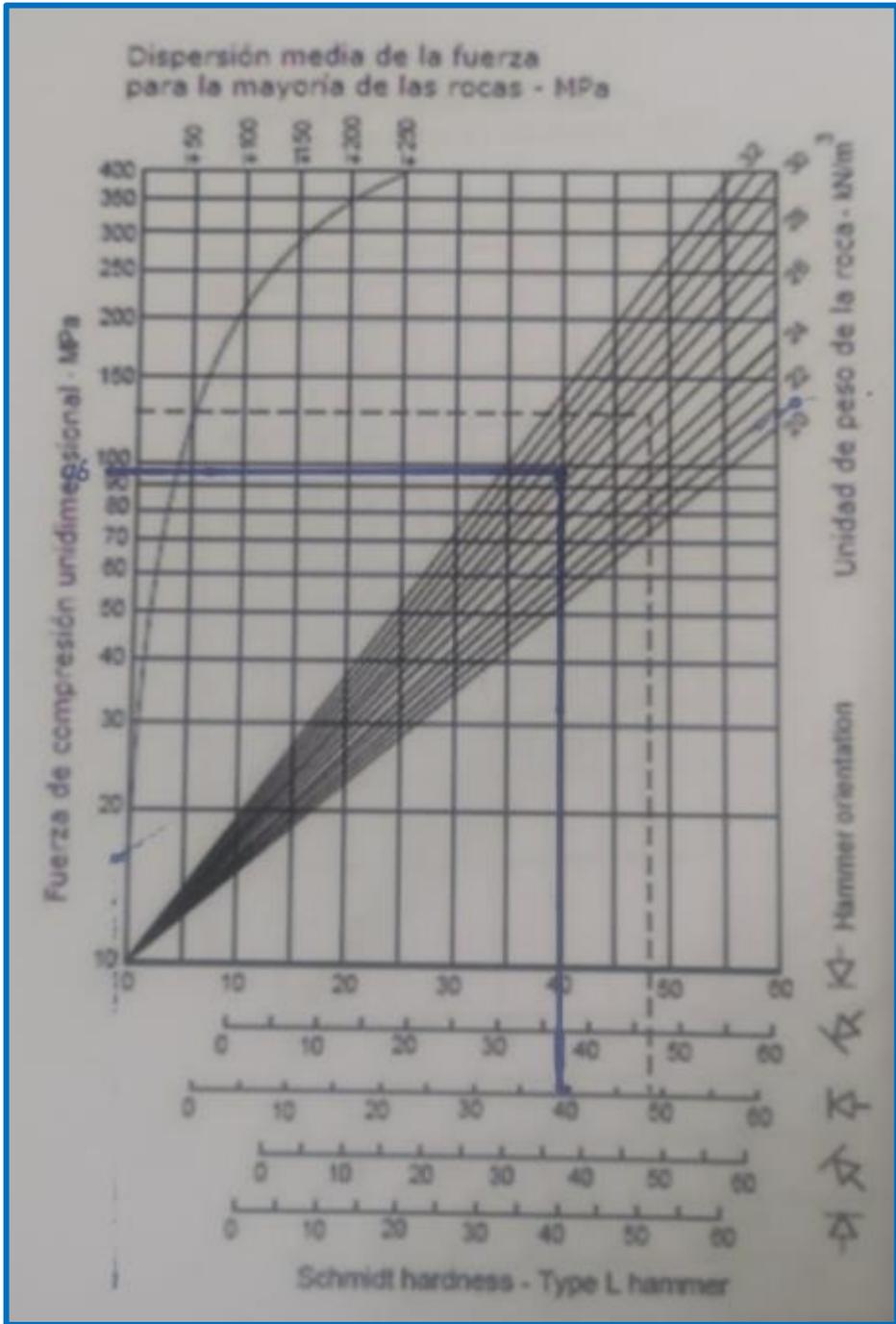
JCS – ESTACION GEOMECANICA 02



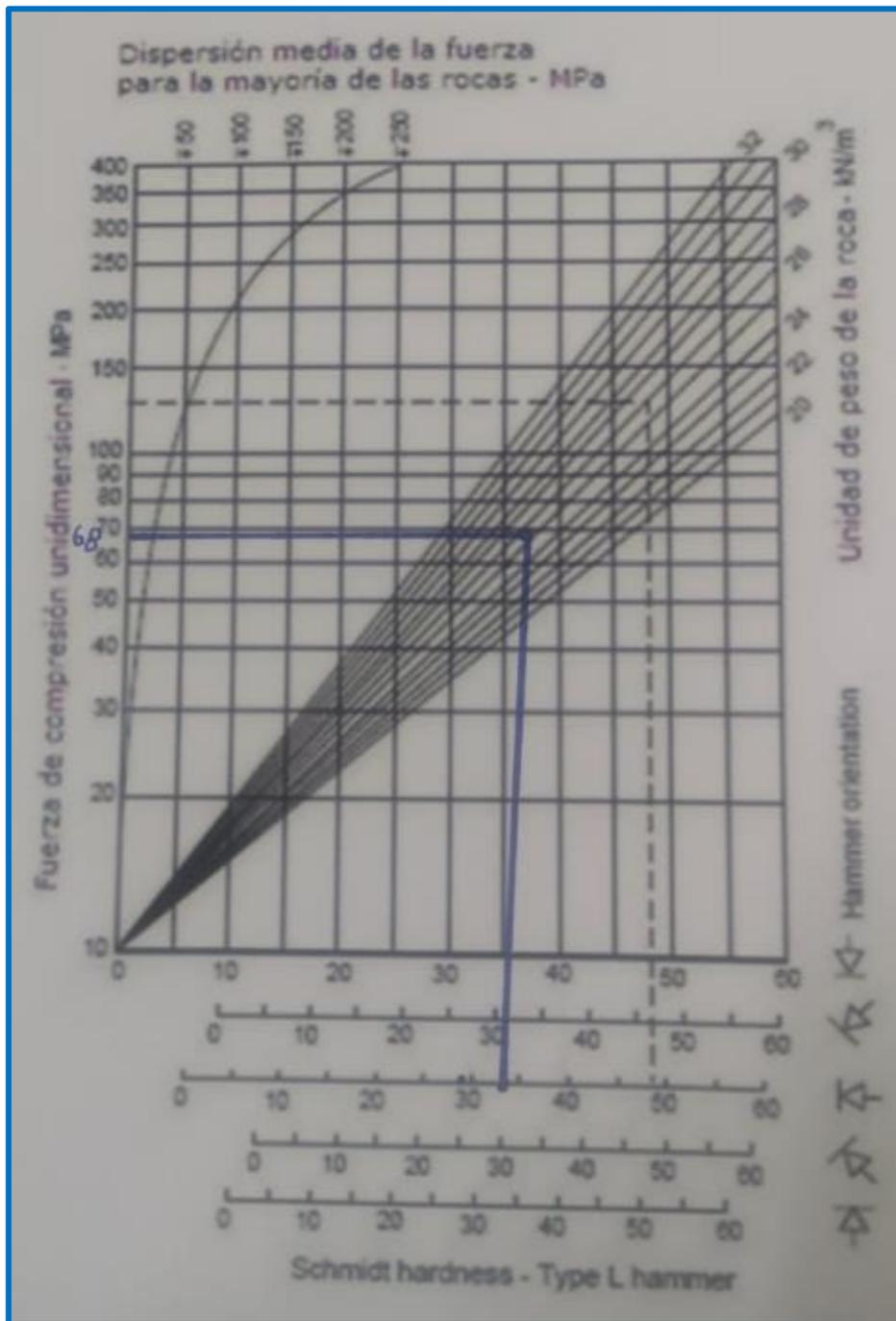
JCS – ESTACION GEOMECANICA 03



JCS – ESTACION GEOMECANICA 04



JCS – ESTACION GEOMECANICA 05

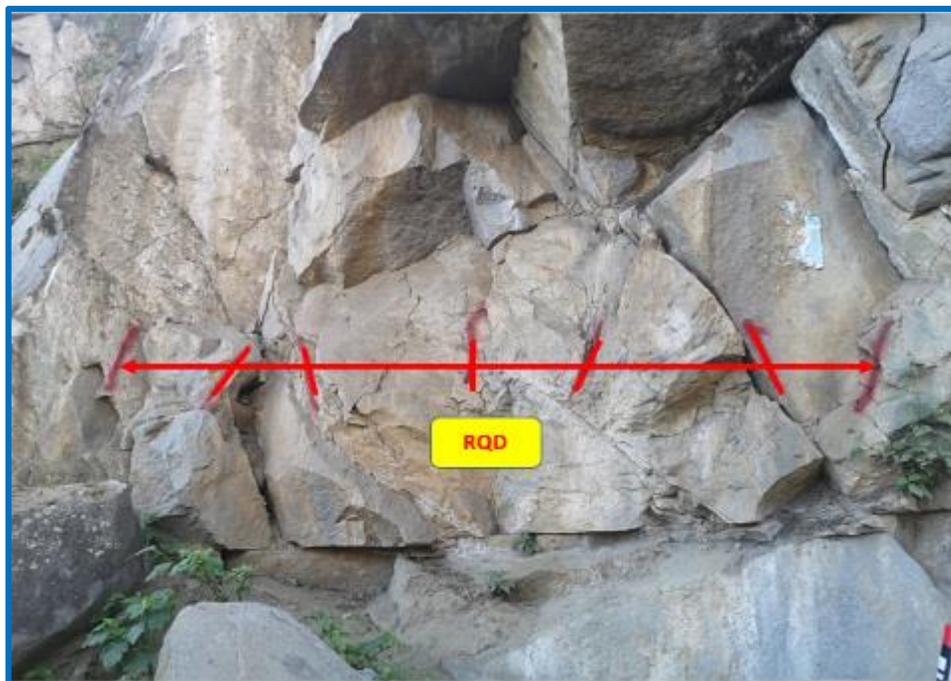


JCS – ESTACION GEOMECANICA 06

Anexo N°07: Espaciamiento de las discontinuidades



Anexo N°08: RQD



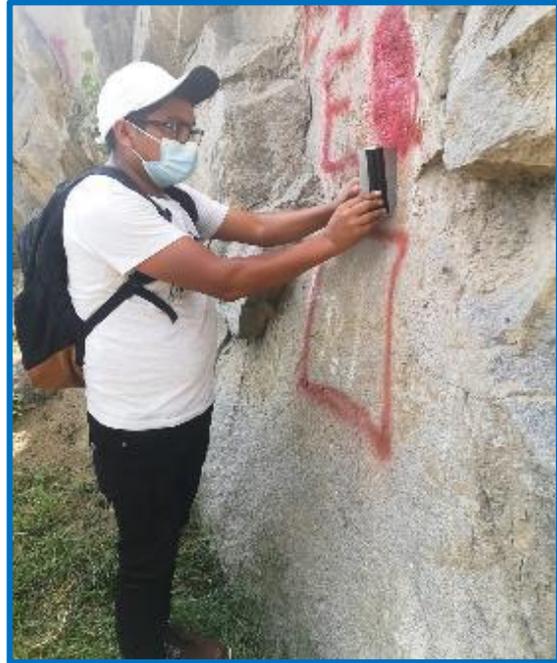
Anexo N°09: Longitud de las discontinuidades



Anexo N°10: Abertura de las discontinuidades

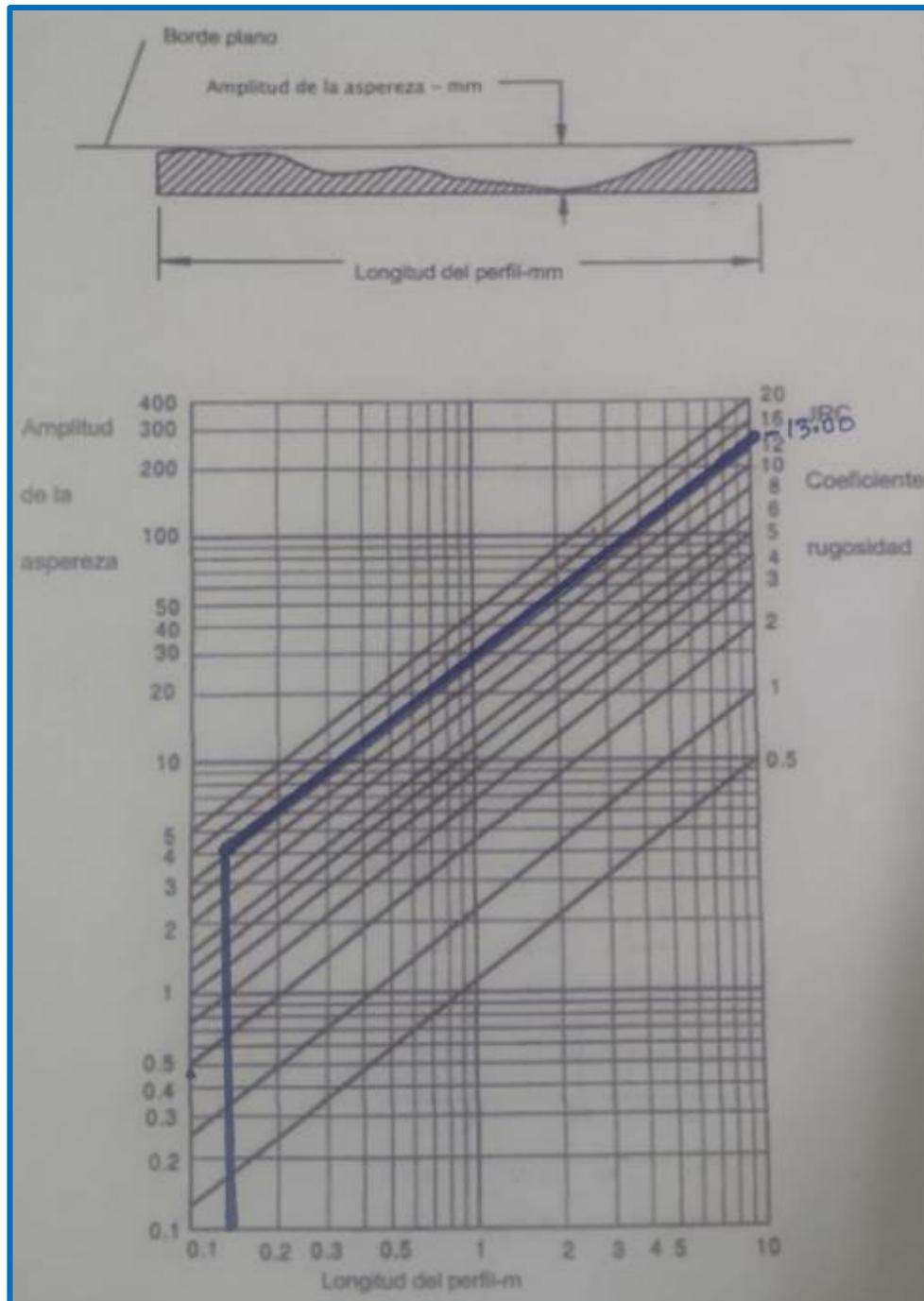


Anexo N°11: Rugosidad de las discontinuidades

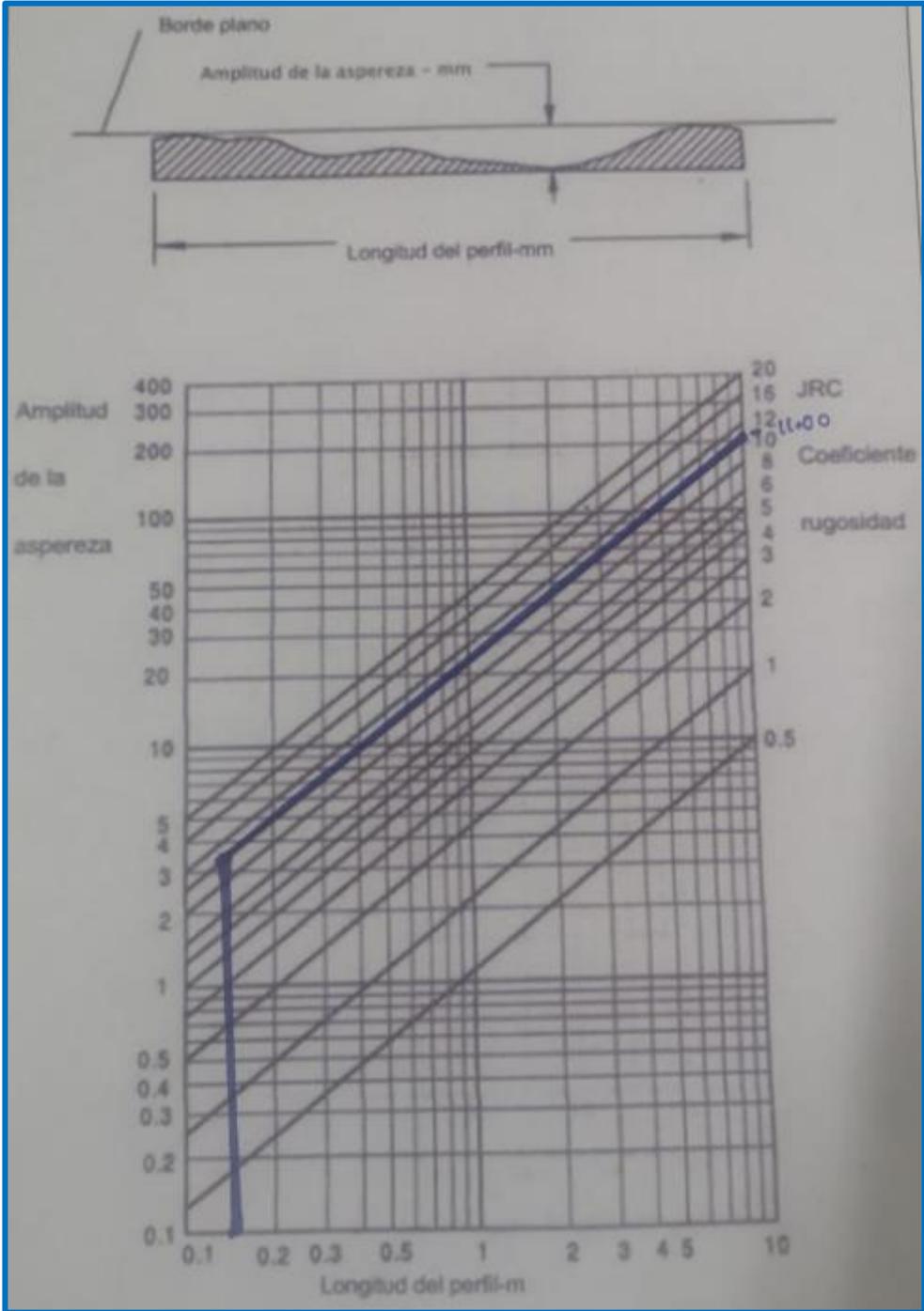


**TOMA DE DATOS CON
PEINE DE BARTHON**

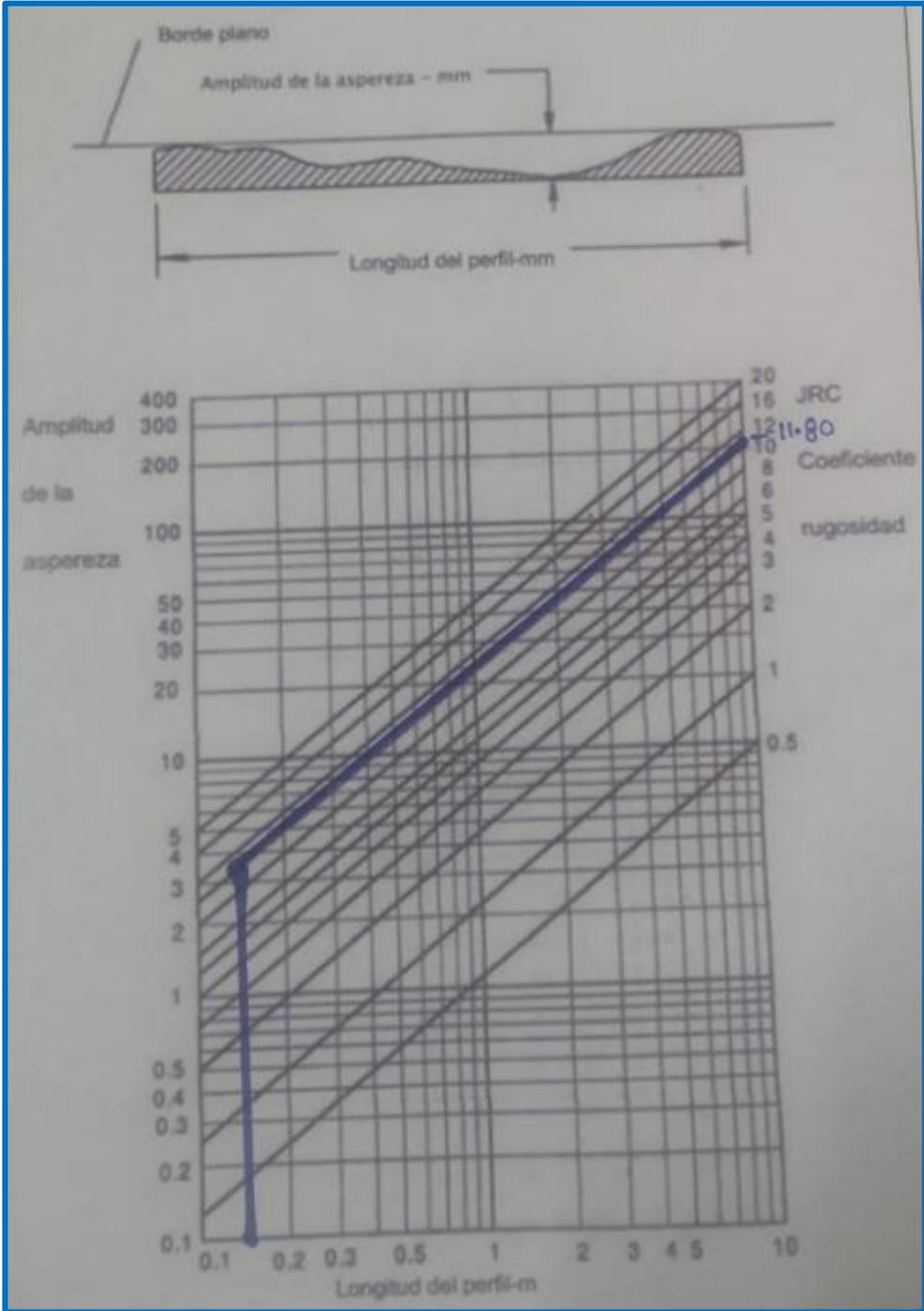
Anexo N°12: Ábacos resultantes de rugosidad (JRC) de las seis estaciones geomecánicas



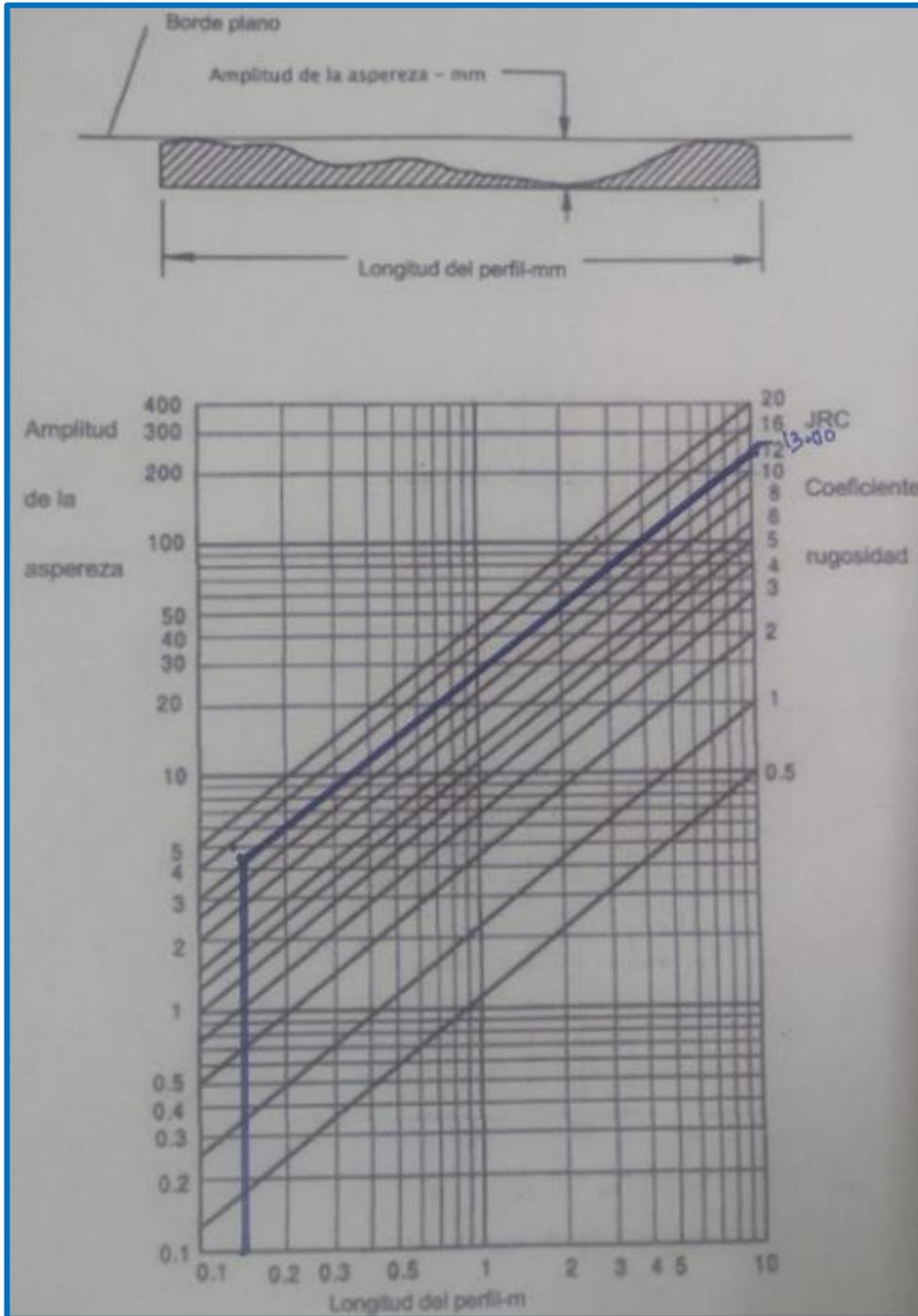
JCR – ESTACION GEOMECANICA 01



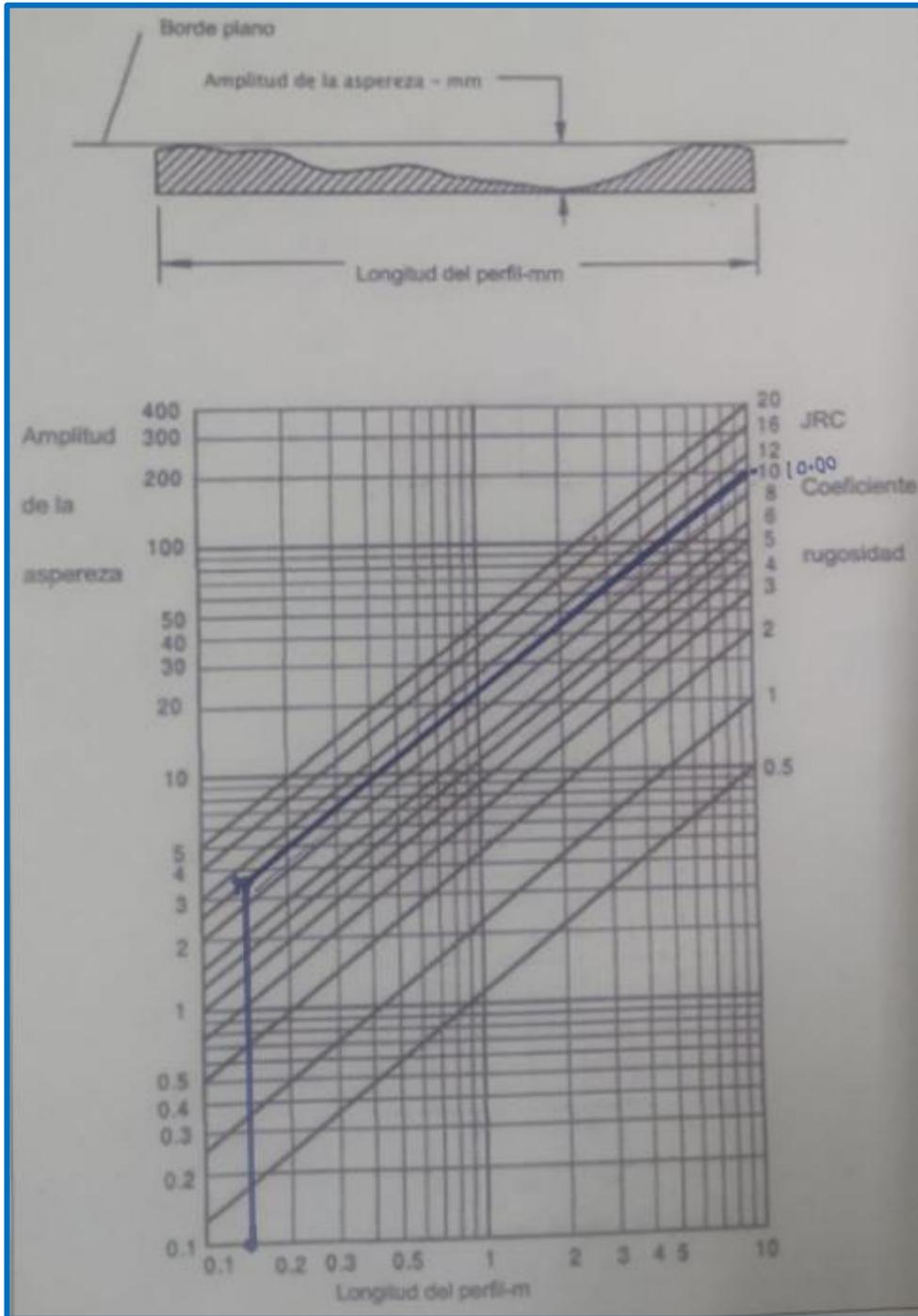
JCR – ESTACION GEOMECANICA 02



JCR – ESTACION GEOMECANICA 03



JCR – ESTACION GEOMECANICA 04



JCR – ESTACION GEOMECANICA 05

Anexo N°13: Relleno de las discontinuidades



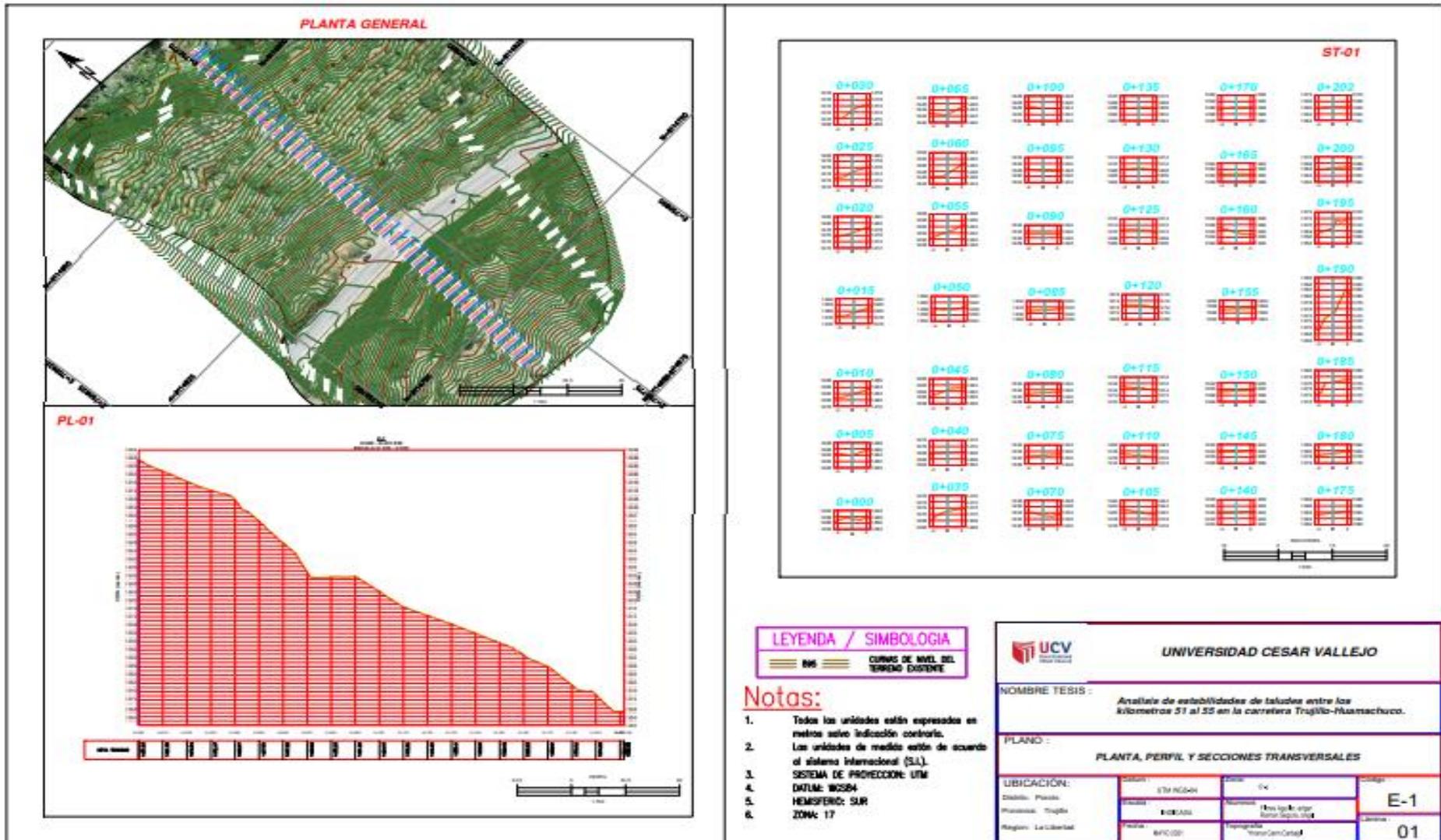
Anexo N°14: Alteración de las discontinuidades



Anexo 15. Levantamiento Topográfico con Drone

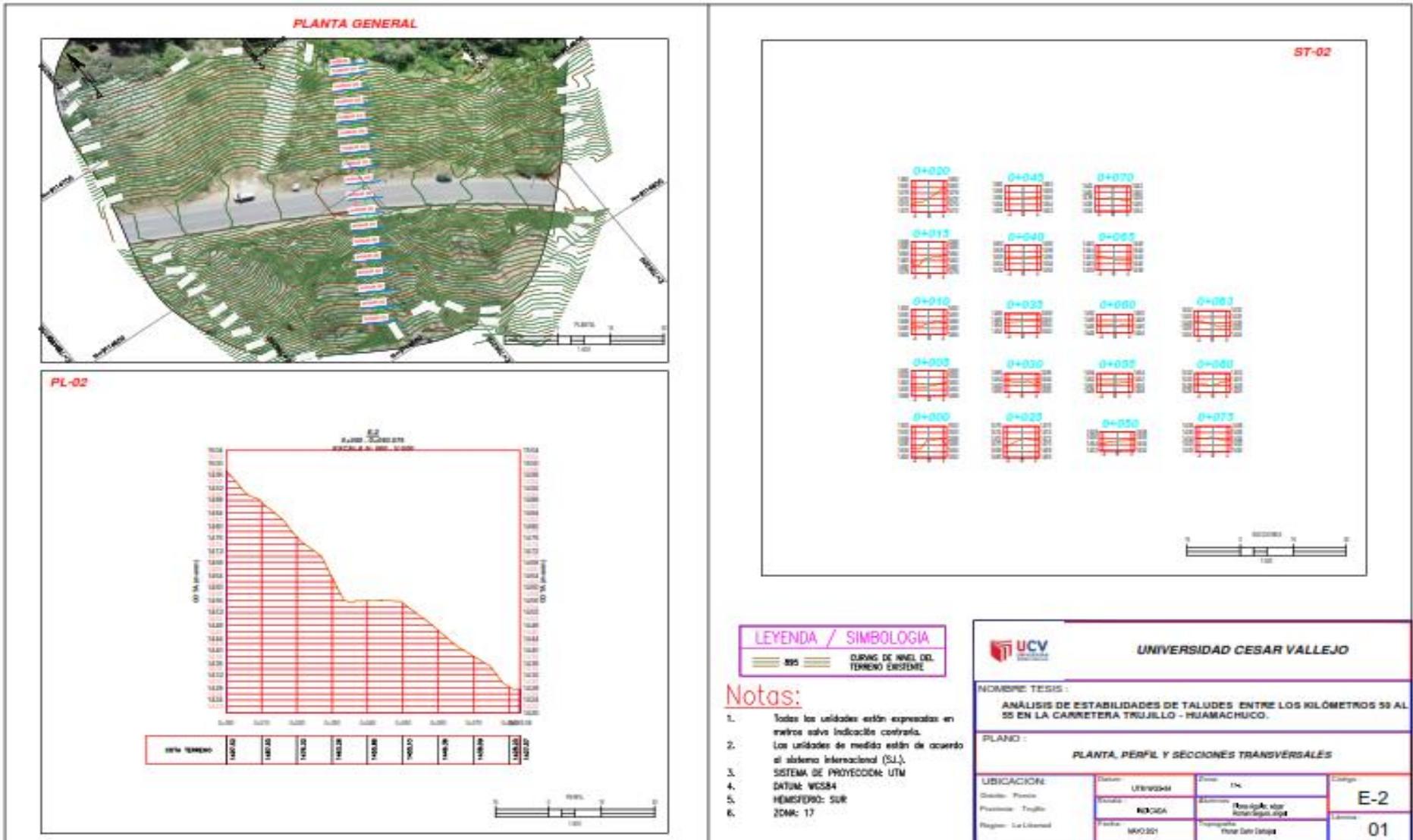


Anexo 16: planos de estaciones geomecánicas(E01)



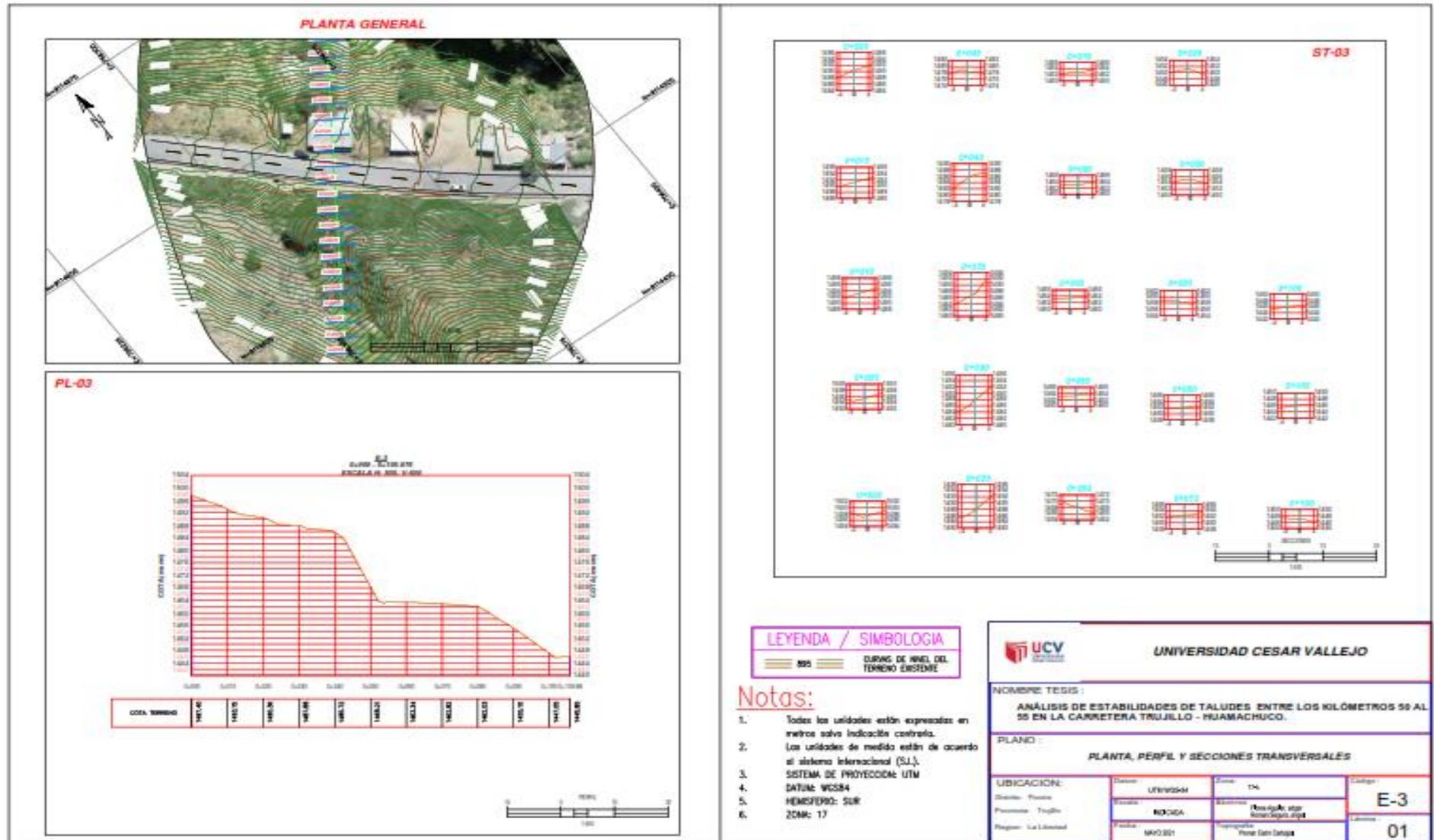
Fuente: elaboración propia.

Anexo 16.1: planos de estaciones geomecánicas(E02)



Fuente: elaboración propia.

Anexo 16.2: planos de estaciones geomecánicas(E03)



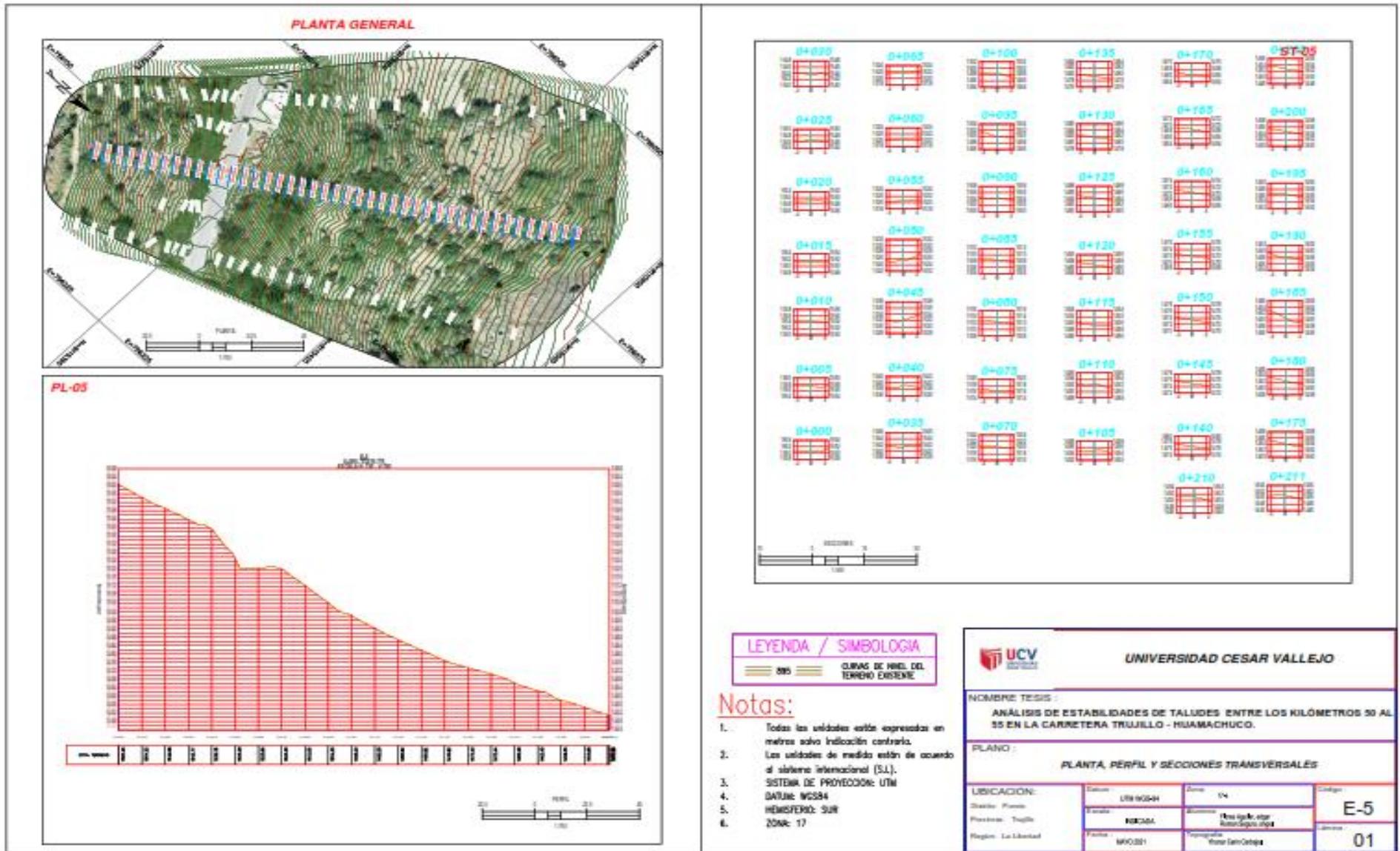
Fuente: elaboración propia.

Anexo 16.3: planos de estaciones geomecánicas(E04)



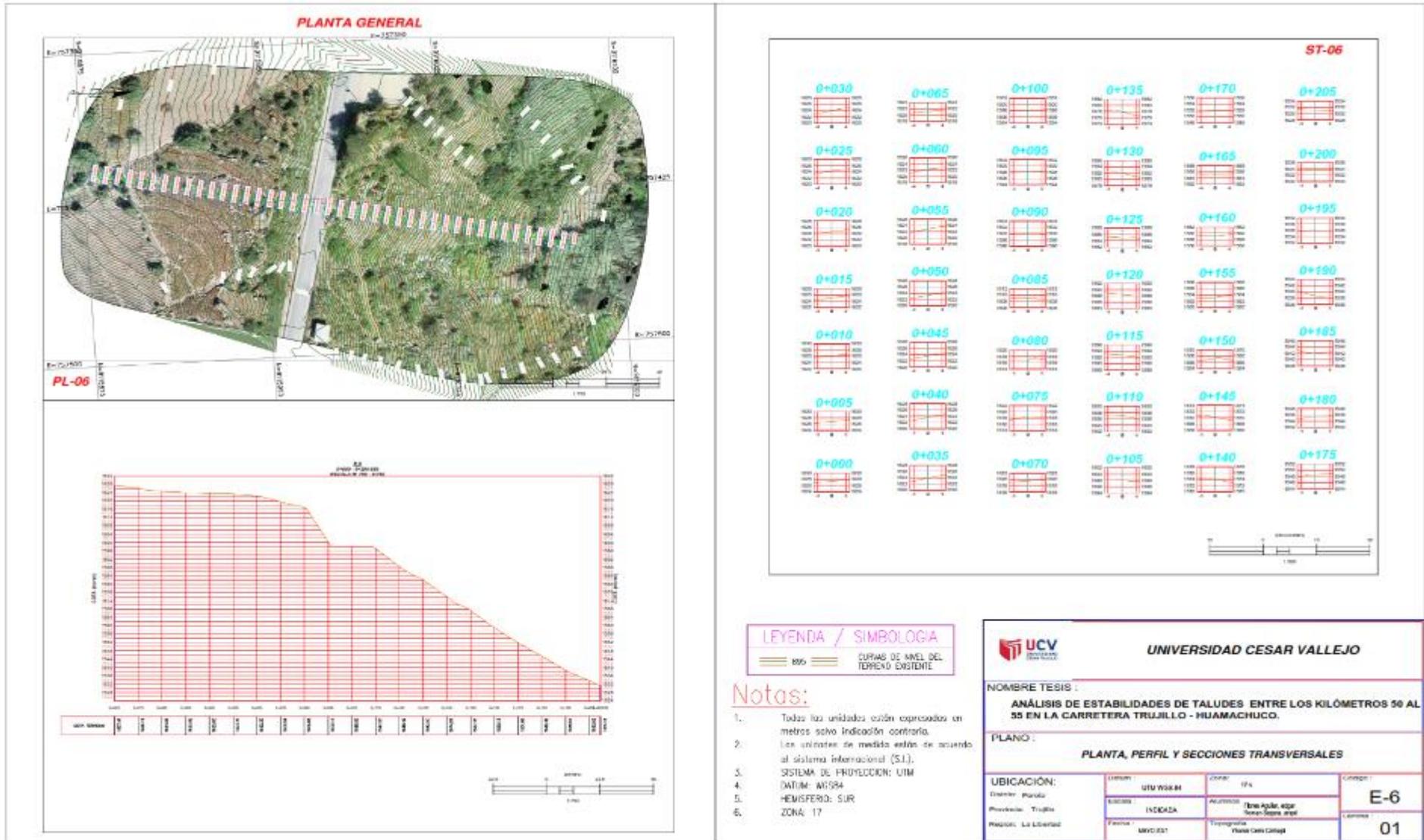
Fuente: elaboración propia.

Anexo 16.4: planos de estaciones geomecánicas(E05)



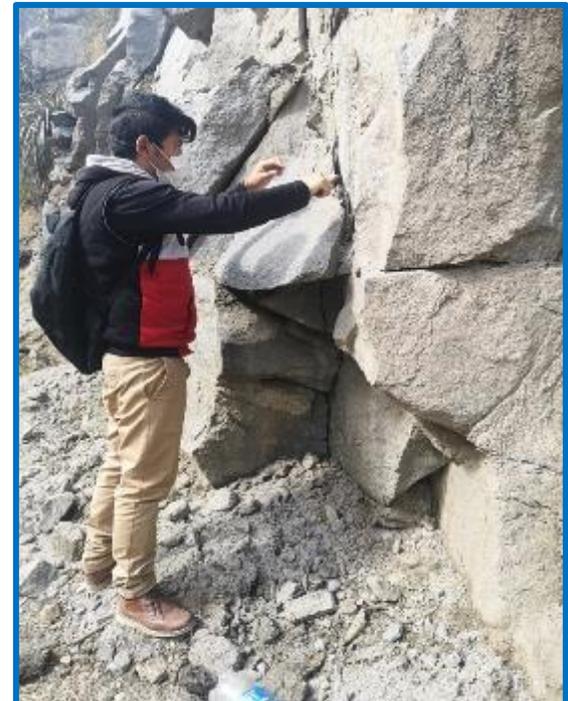
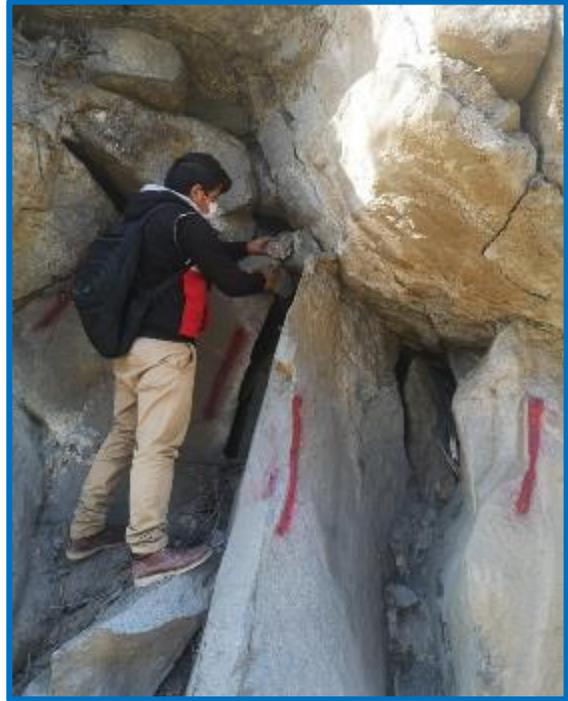
Fuente: elaboración propia.

Anexo 16.5: planos de estaciones geomecánicas(E06)

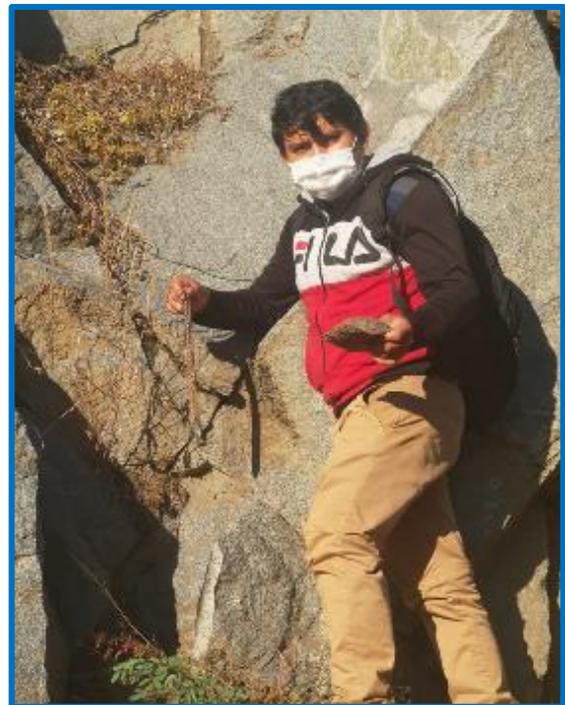
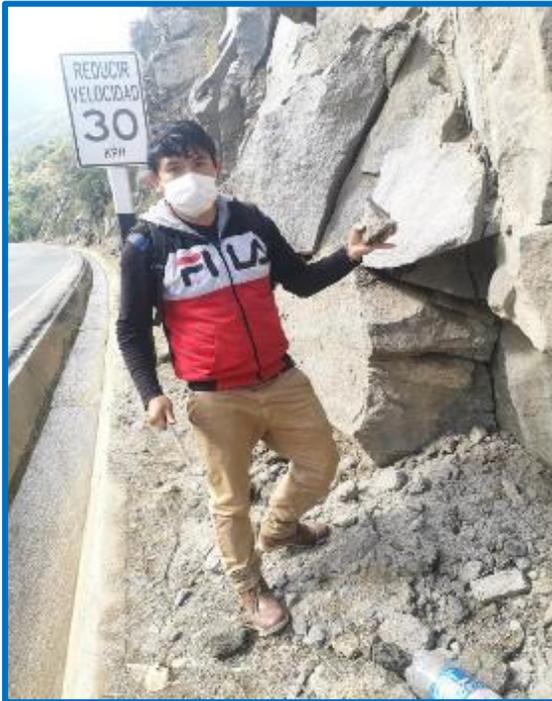


Fuente: elaboración propia.

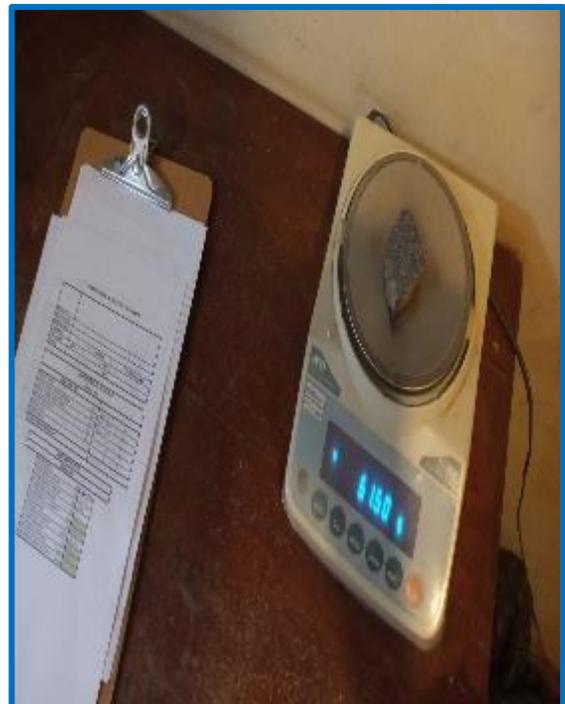
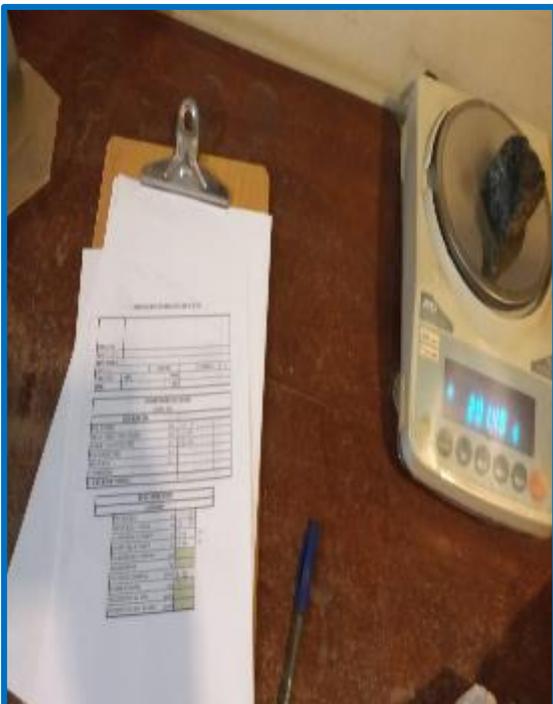
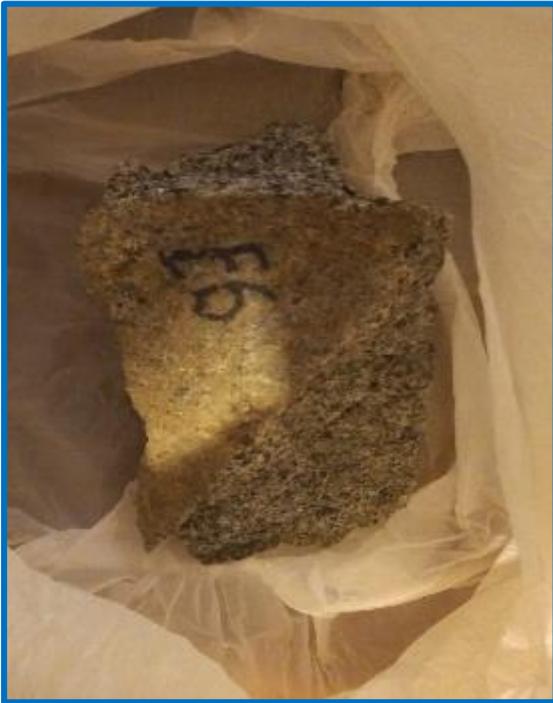
Anexo 17. Extracción de roca para muestras en laboratorio



Anexo 18. Toma de muestras para laboratorio



Anexo 19. Muestras en laboratorio



Anexo 20. Procesamiento de los ensayos-contenido de humedad, densidad y peso específico de la muestra de la roca

A.- Peso específico

DATOS DE LAS MUESTRAS			
ESTACION E1			
pe g/cm³	d (KN/m³)	g (m/s²)	pe (N/m³)
3.19	31.28	9.81	306.89

DATOS DE LAS MUESTRAS			
ESTACION E2			
pe g/cm³	d (KN/m³)	g (m/s²)	pe (N/m³)
2.39	23.44	9.81	229.93

DATOS DE LAS MUESTRAS			
ESTACION E3			
pe g/cm³	d (KN/m³)	g (m/s²)	pe (N/m³)
2.69	26.38	9.81	258.79

DATOS DE LAS MUESTRAS			
ESTACION E4			
pe g/cm³	d (KN/m³)	g (m/s²)	pe (N/m³)
2.79	27.36	9.81	268.41

DATOS DE LAS MUESTRAS			
ESTACION E5			
pe g/cm³	d (KN/m³)	g (m/s²)	pe (N/m³)
2.94	28.83	9.81	282.84

DATOS DE LAS MUESTRAS			
ESTACION E6			
pe g/cm³	d (KN/m³)	g (m/s²)	pe (N/m³)
2.61	25.60	9.81	251.09

B.- Porcentaje de Humedad

MUESTRA 1		
M- N (gr)	M- S (gr)	% DE HUMEDAD
0.24	221.71	0.11

MUESTRA 2		
M- N (gr)	M- S (gr)	% DE HUMEDAD
0.72	412.79	0.17

ESTACION E3		
M- N (gr)	M- S (gr)	% DE HUMEDAD
0.19	323.55	0.06

ESTACION E4		
M- N (gr)	M- S (gr)	% DE HUMEDAD
0.69	704.48	0.10

ESTACION E5		
M- N (gr)	M- S (gr)	% DE HUMEDAD
1.14	404.25	0.28

ESTACION E6		
M- N (gr)	M- S (gr)	% DE HUMEDAD
0.42	376.27	0.11

Anexo 21. Procesamiento de la información de campo de los parámetros de Bienaswki

RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGUN - BIENIASWKI (RMR -1989)							
ESTACIÓN E1							
1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA (Mpa)							
#	Dato	#	Dato	#	Dato	#	Dato
1	28	6	23	11	36	16	22
2	23	7	26	12	20	17	28
3	32	8	30	13	30	18	32
4	25	9	22	14	35	19	40
5	42	10	28	15	48	20	48
Σ	150		107		121		100
PROMEDIO	29.88	P esp.	40.00				
R. A LA COMPREN (MPA)							78

2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO (RQD)

$$RQD = 100 e^{(-0.1\lambda)} (0.1\lambda + 1)$$

DONDE	λ	ES LA FRECUENCIA DE DISCONTINUIDADES POR METRO LINEAL TRANSVERSAL
-------	-----------	---

FAMILIA 1	
# DISCONT	X 1(m)
2	0.5
λ	4
RQD	93.84

FAMILIA 2	
# DISCONT	X 1(m)
6	1.2
λ	5.00
RQD	90.98

3. ESPACIADO DE LAS JUNTAS (DISCONTINUIDADES)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(m)	#	(m)	#	(m)	#	(m)
1	0.60	5	0.58	9	0.55	13	0.4
2	0.70	6	0.70	10	0.7	14	0.55
3	0.40	7		11	0.6	15	
4	0.67	8		12	0.5	16	
Σ	2.37		1.28		2.35		0.95
PROM	0.61			PROM	0.55		
SEPARACIÓN	0.61		m				

ESTACION 01

4 ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES

4.1 APERTURA DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(mm)	#	(mm)	#	(Cm)	#	(mm)
1	6.00	5	7.00	9	4.00	13	6.00
2	5.00	6	6.00	10	3.00	14	7.00
3	6.00	7	8.00	11	10.00	15	
4	5.50	8	4.00	12	8.00	16	
Σ	22.50		25		25		13
PROM	5.94			PROM	6.33		
APERTRA	6.14	mm					

4.2 LONGITUD (m)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)
1	1.50	5	3.00	9	2.00	13	2.40
2	2.50	6	2.00	10	2.00	14	1.20
3	3.00	7		11	1.60	15	
4	1.80	8		12	1.20	16	
Σ	8.8		5.00		6.80		3.60
PROM	2.30			PROM	1.73		
LONGITUD	2.30	m					

4.3 RUGOSIDAD

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)
1	2.50	5	3.00	9	5.00	13	3.00
2	5.00	6	2.00	10	6.00	14	2.00
3	3.00	7	4.00	11	4.00	15	
4	8.00	8	5.00	12	4.00	16	
Σ	18.50		14.00		19.00		
Prom prof	4.04						
JRC	13.00						

4.4 RELLENO (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	5.00	5	3.00	9	3.50	13	6.00
2	3.00	6	2.50	10	4.00	14	9.00
3	1.50	7	2.00	11	2.00	15	
4	4.00	8	2.00	12	1.50	16	
PROM	2.88			PROM	4.33		
Relleno	Relleno duro > 5mm						

ESTACION 01

4.5 ALTERACION (VISUAL)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI
1	LA	5	IN	9	LA	13	LA
2	IN	6	LA	10	IN	14	IN
3	LA	7	LA	11	LA	15	
4	LA	8	IN	12	LA	16	
ALTERACIÓN		LIGERAMENTE ALTERADA					

5. PRESENCIA DE AGUA

% DE HUMEDAD		
MUESTRA 1		
PI (gr)	PF (gr)	% DE HUMEDAD
0.24	221.71	0.11
PRESENCIA DE AGUA		SECO

6 BUZAMIENTO Y ORIENTACIÓN (BRUJULA DE EXPLORADOR)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD
1	76.00	5	76.00	9	81.00	13	70.00
2	75.00	6	77.00	10	73.00	14	71.00
3	74.00	7	73.00	11	78.00	15	
4	72.00	8	62.00	12	68.00	16	
PROM	73.13			PROM	73.50		

ANG BUZA	73.50
-----------------	--------------

ESTACION 01

RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN GEOMACÁNICA SEGUN - BIENIAWSKI (RMR -1989)							
ESTACIÓN E2							
1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA (Mpa)							
#	Dato	#	Dato	#	Dato	#	Dato
1	52	6	26	11	23	16	38
2	34	7	34	12	35	17	30
3	36	8	30	13	40	18	25
4	34	9	44	14	48	19	41
5	32	10	33	15	30	20	34
Σ	136		167		153		168
PROMEDIO	34.67	P especi	30.00				
R. A LA COMPREN (MPA)	52.00						

2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO (RQD)

$$RQD = 100 e^{(-0.1\lambda)} (0.1\lambda + 1)$$

DONDE	λ	ES LA FRECUENCIA DE DISCONTINUIDADES POR METRO LINEAL TRANSVERSAL
-------	-----------	--

FAMILIA 1	
# DISCONT	X 1(m)
2	1.1
λ	1.82
RQD	98.53

FAMILIA 2	
# DISCONT	X 1(m)
3	1.2
λ	2.50
RQD	97.35

< valor más desfavorable

3 ESPACIADO DE LAS JUNTAS (DISCONTINUIDADES)							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(m)	#	(m)	#	(m)	#	(m)
1	0.50	5	0.40	9	0.78	13	0.8
2	0.80	6	0.85	10	0.25	14	1.00
3	0.60	7	0.90	11	0.5	15	0.9
4	0.55	8	1.00	12	0.4	16	0.8
Σ	2.45		3.15		1.93		3.5
PROM	0.70			PROM	0.68		
SEPARACIÓN	0.70		m				

ESTACION 02

4 ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES

4.1 ABERTURA DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	5.00	5	8.00	9	4.00	13	6.00
2	4.00	6	4.00	10	3.00	14	7.00
3	5.00	7	2.00	11	7.00	15	
4	4.00	8	3.00	12	8.00	16	
Σ	18.00		17		22		13
PROM	4.38			PROM	5.83		
APERTRA	5.10	mm					

4.2 LONGITUD (m)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)
1	1.50	5	1.70	9	1.80	13	2.40
2	1.80	6	1.35	10	2.10	14	1.20
3	2.30	7	1.2	11	1.60	15	
4	2.10	8	1.5	12	1.20	16	
Σ	7.70		5.75		6.70		3.60
PROM	1.68			PROM	1.72		
LONGITUD	1.72	m					

4.3 RUGOSIDAD

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)
1	2.00	5	4.00	9	2.00	13	3.00
2	3.00	6	5.00	10	3.00	14	2.00
3	4.00	7	1.00	11	4.00	15	
4	6.00	8	1.50	12	4.00	16	
Σ	15.00		11.50		13.00		
Prom prof	3.18						
JRC	11.00						

4.4 RELLENO (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	4.50	5	3.00	9	3.50	13	6.00
2	3.00	6	2.50	10	1.50	14	9.00
3	1.50	7	4.00	11	2.00	15	
4	2.00	8	2.00	12	1.50	16	
PROM	2.81			PROM	3.92		
Relleno	Relleno duro > 5mm						

ESTACION 02

4.5 ALTERACION (VISUAL)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI
1	LA	5	IN	9	LA	13	LA
2	IN	6	LA	10	IN	14	IN
3	LA	7	LA	11	LA	15	
4	LA	8	IN	12	LA	16	
ALTERACIÓN		LIGERAMENTE ALTERADA					

5 PRESENCIA DE AGUA

% DE HUMEDAD		
MUESTRA 1		
PI (gr)	PF (gr)	% DE HUMEDAD
0.72	412.79	0.17
PRESENCIA DE AGUA		SECO

6 BUZAMIENTO Y ORIENTACIÓN (BRUJULA DE EXPLORADOR)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD
1	76.00	5	78.00	9	81.00	13	78.00
2	75.00	6	77.00	10	75.00	14	80.00
3	75.00	7	80.00	11	78.00	15	
4	72.00	8	62.00	12	68.00	16	
PROM	74.38			PROM	76.67		

ANG BUZA	76.67
-----------------	--------------

ESTACION 02

**RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA
SEGUN - BIENIAWSKI (RMR -1989)**

ESTACIÓN E3

**1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA
(Mpa)**

#	Dato	#	Dato	#	Dato	#	Dato
1.00	20	6.00	28	11.00	33	16.00	32
2.00	20	7.00	30	12.00	26	17.00	38
3.00	46	8.00	32	13.00	36	18.00	42
4.00	40	9.00	20	14.00	34	19.00	38
5.00	36	10.00	30	15.00	34	20.00	34
Σ	76		120		163		184
PROMEDIO	33.94	pe	V(cm3)				
RESISTENCIA (MPA)		70.00					

2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO (RQD)

$$RQD = 100 e^{(-0.1\lambda)} (0.1\lambda + 1)$$

DONDE	λ	ES LA FRECUENCIA DE DISCONTINUIDADES POR METRO LINEAL TRANSVERSAL
-------	---	--

FAMILIA 1	
# DISCONT	X (m)
3	1.1
l	2.73
RQD	96.89

FAMILIA 2	
# DISCONT	X (m)
2	1.05
l	1.90
RQD	98.40

3 ESPACIADO DE LAS JUNTAS (DISCONTINUIDADES)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(m)	#	(m)	#	(m)	#	(m)
1	0.50	5	0.40	9	0.9	13	0.6
2	0.70	6	0.40	10	0.75	14	0.25
3	0.33	7	0.80	11	0.55	15	0.5
4	0.32	8	0.36	12	0.4	16	0.4
Σ	1.85		1.96		2.6		1.75
PROM	0.48			PROM	0.54		
SEPARACIÓN	0.54	m					

ESTACION 03

4 ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES

4.1 ABERTURA DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(mm)	#	(mm)	#	(Cm)	#	(mm)
1	4.50	5	7.00	9	3.00	13	2.50
2	2.00	6	4.00	10	3.50	14	
3	3.00	7	1.50	11	4.00	15	
4	6.00	8	5.50	12	1.10	16	
Σ	15.50		18		11.60		2.50
PROM	4.19			PROM	2.82		
APERTRA	4.19	mm					

4.2 LONGITUD (m)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)
1	2.30	5	3.20	9	1.30	13	2.40
2	2.00	6	1.90	10	1.20	14	1.20
3	2.40	7		11	2.20	15	
4	2.90	8		12	1.90	16	
Σ	9.6		5.1		6.6		3.6
PROM	2.45			PROM	1.70		
LONGITUD	2.45	m					

4.3 RUGOSIDAD

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)
1	5.00	5	4.00	9	1.00	13	3.00
2	4.00	6	2.00	10	0.50	14	2.00
3	5.00	7	5.00	11	6.00	15	1.50
4	6.00	8	2.00	12	4.00	16	3.00
Σ	20.00		13.00		11.50		9.50
Prom prof	3.38						
JRC	11.8						

4.4 RELLENO (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	3.00	5	4.00	9	2.00	13	5.00
2	2.00	6		10	3.00	14	
3	4.00	7		11	2.50	15	
4	6.00	8		12	4.00	16	
PROM	3.80			PROM	3.30		
Relleno	Relleno duro > 5mm						

ESTACION 03

4.5 ALTERACION (VISUAL)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI
1	LA	5	IN	9	LA	13	LA
2	IN	6	LA	10	IN	14	IN
3	LA	7	LA	11	LA	15	
4	LA	8	IN	12	LA	16	
ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA						

5 PRESENCIA DE AGUA**% DE HUMEDAD****MUESTRA 3**

PI (gr)	PF (gr)	% DE HUMEDAD
0.19	323.55	0.06

PRESENCIA DE AGUA**SECO****6 BUZAMIENTO Y ORIENTACIÓN (BRUJULA DE EXPLORADOR)**

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD
1	68.00	5	74.00	9	81.00	13	70.00
2	77.00	6	80.00	10	73.00	14	72.00
3	72.00	7	72.00	11	78.00	15	
4	80.00	8	70.00	12	69.00	16	
PROM	74.13			PROM	73.83		

ANG BUZA**74.13****ESTACION 03**

RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGUN - BIENIAWSKI (RMR -1989)							
ESTACIÓN E4							
1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA (Mpa)							
#	Dato	#	Dato	#	Dato	#	Dato
1	30	6	32	11	38	16	32
2	32	7	30	12	28	17	37
3	28	8	32	13	46	18	34
4	26	9	20	14	36	19	40
5	36	10	40	15	44	20	41
Σ	152		94		146		184
PROMEDIO	32.00	pe	0.00				
RESISTENCIA (MPA)		68.00					

2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO (RQD)

$$RQD = 100 e^{(-0.1\lambda)} (0.1\lambda + 1)$$

DONDE	λ	ES LA FRECUENCIA DE DISCONTINUIDADES POR METRO LINEAL TRANSVERSAL
-------	-----------	--

FAMILIA 1	
# DISCONT	X (m)
3	1.1
λ	2.73
RQD	96.89

FAMILIA 2	
# DISCONT	X (m)
2	1.2
λ	1.67
RQD	98.76

RQD	98.76
-----	-------

3 ESPACIADO DE LAS JUNTAS (DISCONTINUIDADES)							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(m)	#	(m)	#	(m)	#	(m)
1	0.36	5	0.90	9	0.6	13	1.2
2	0.90	6	0.90	10	0.85	14	0.45
3	0.85	7	0.30	11	0.75	15	0.25
4	1.00	8	0.80	12	0.55	16	0.60
Σ	3.11		2.90		2.75		2.5
PROM	0.70			PROM	0.88		
SEPARACIÓN		0.88 m					

ESTACION 04

4 ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES

4.1 ABERTURA DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	7.00	5	5.00	9	4.00	13	3.50
2	1.00	6	4.00	10	4.80	14	4.00
3	3.00	7	3.00	11	6.00	15	3.00
4	4.00	8	2.00	12	3.00	16	
Σ	15.00		14		17.8		10.5
PROM	3.82			PROM	4.04		
ABERTURA	4.04	mm					

4.2 LONGITUD DE LAS DISCONTINUIDADES (m)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)
1	2.30	5	1.80	9	2.10	13	1.90
2	1.70	6	2.00	10	1.65	14	1.75
3	1.90	7	2.30	11	1.70	15	1.85
4	2.40	8	2.20	12	0.90	16	1.98
Σ	8.3		8.3		6.35		7.48
PROM	1.90			PROM	2.31		
LONGITUD	1.90	m					

4.3 RUGOSIDAD

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)
1	8.00	5	3.00	9	2.00	13	4.00
2	5.00	6	4.00	10	4.00	14	5.00
3	2.00	7	9.00	11	2.00	15	5.00
4	1.00	8	4.00	12	5.00	16	4.00
Σ	16		20		13		18
Prom prof	4.19						
JRC	13.00						

4.4 RELLENO (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	4.00	5	1.50	9	3.20	13	1.20
2	2.00	6	1.00	10	2.50	14	4.50
3	3.00	7	4.50	11	1.50	15	2.80
4	3.50	8	2.80	12	1.00	16	3.00
PROM	2.79			PROM	2.39		
Relleno	Relleno Duro < 5mm						

ESTACION 04

4.5 ALTERACION (VISUAL)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI
1	IN	5	IN	9	LA	13	LA
2	IN	6	LA	10	IN	14	IN
3	LA	7	LA	11	LA	15	
4	LA	8	LA	12	LA	16	

ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA
-------------------	-----------------------------

5 PRESENCIA DE AGUA**% DE HUMEDAD****MUESTRA 3**

PI (gr)	PF (gr)	% DE HUMEDAD
0.69	704.48	0.10

PRE DE AGUA	SECO
--------------------	-------------

6 BUZAMIENTO Y AORIENTACIÓN (BRUJULA DE EXPLORADOR)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD
1	73.00	5	76.00	9	72.00	13	76.00
2	75.00	6	67.00	10	73.00	14	70.00
3	75.00	7	74.00	11	80.00	15	73.00
4	71.00	8	70.00	12	81.00	16	
PROM	72.63			PROM	75.00		

ANG BUZA	75.00
-----------------	--------------

ESTACION 04

**RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA
SEGUN - BIENIAWSKI (RMR -1989)**

ESTACIÓN E5

1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA (Mpa)

#	Dato	#	Dato	#	Dato	#	Dato
1	48	6	33	11	36	16	32
2	47	7	47	12	40	17	41
3	36	8	32	13	30	18	40
4	43	9	36	14	43	19	43
5	38	10	42	15	32	20	46
Σ	164		190		151		202
PROMEDIO	39.28						
RESISTENCIA (MPA)			96.00				

2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO (RQD)

$$RQD = 100 e^{(-0.1\lambda)} (0.1\lambda + 1)$$

DONDE	λ	ES LA FRECUENCIA DE DISCONTINUIDADES POR METRO LINEAL TRANSVERSAL
-------	-----------	--

FAMILIA 1	
# DISCONT	X (m)
3	1.2
λ	2.50
RQD	97.35

FAMILIA 2	
# DISCONT	X (m)
4	1.2
λ	3.33
RQD	95.54

3 ESPACIADO DE LAS JUNTAS (DISCONTINUIDADES)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(m)	#	(m)	#	(m)	#	(m)
1	0.24	5	0.70	9	0.3	13	0.7
2	0.70	6	0.50	10	0.8	14	
3	0.75	7	0.45	11	0.25	15	
4	0.30	8	0.65	12	1.3	16	
Σ	1.99		1.20		2.65		0.7
PROM	0.40			PROM	0.56		
SEPARACIÓN	0.56	m					

ESTACION 05

4. ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES

4.1 ABERTURA DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	6.00	5	5.00	9	6.00	13	5.00
2	7.00	6		10	4.50	14	3.00
3	4.00	7		11	3.00	15	11.00
4	3.00	8		12	8.00	16	
Σ	20.00		5.00		21.5		19.00
PROM	5.00			PROM	5.79		
APERTRA	5.79	mm					

4.2 LONGITUD (m)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)
1	1.70	5	2.50	9	2.50	13	
2	1.20	6		10	1.50	14	
3	2.10	7		11	2.20	15	
4	2.00	8		12		16	
Σ	7		2.5		6.2		
PROM	1.90			PROM	2.07		
LONGITUD	2.07	m					

4.3 RUGOSIDAD

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)
1	4.00	5	2.00	9	5.00	13	4.00
2	5.00	6	6.00	10	5.00	14	4.00
3	3.00	7	1.50	11	1.50	15	4.00
4	3.00	8	8.00	12	3.00	16	1.00
Σ	15		17.5		14.5		13.00
Prom prof	3.75						
JRC	10.00						

4.4 RELLENO (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	5.00	5	5.00	9	1.50	13	5.00
2	2.50	6	3.00	10	5.00	14	6.00
3	10.00	7	4.50	11	4.00	15	
4	2.00	8	1.50	12	5.00	16	
PROM	4.19			PROM	4.42		
Relleno	Relleno duro > 5mm						

ESTACION 05

4.5 ALTERACION (VISUAL)							
FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI
1	LA	5	IN	9	LA	13	IN
2	LA	6	LA	10	IN	14	LA
3	IN	7	LA	11	IN	15	LA
4	LA	8	LA	12	LA	16	LA

ALTERACIÓN	LIGERAMENTE ALTERADA
-------------------	-----------------------------

5 PRESENCIA DE AGUA		
% DE HUMEDAD		
MUESTRA 5		
PI (gr)	PF (gr)	% DE HUMEDAD
1.14	404.25	0.28

PRESENCIA DE AGUA	SECO
--------------------------	-------------

6 BUZAMIENTO Y ORIENTACIÓN (BRUJULA DE EXPLORADOR)							
FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD
1	78.00	5	75.00	9	71.00	13	75.00
2	76.00	6	70.00	10	73.00	14	73.00
3	74.00	7	73.00	11	79.00	15	65.00
4	81.00	8	80.00	12	65.00	16	69.00
PROM	75.88			PROM	72.67		

ANG BUZA	75.88
-----------------	--------------

ESTACION 05

**RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA
SEGUN - BIENIAWSKI (RMR -1989)**

ESTACIÓN E6

**1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA
(Mpa)**

#	Dato	#	Dato	#	Dato	#	Dato
1.00	28	6.00	27	11.00	30	16.00	22
2.00	38	7.00	29	12.00	38	17.00	26
3.00	32	8.00	46	13.00	36	18.00	30
4.00	40	9.00	24	14.00	40	19.00	38
5.00	25.0	10.00	34	15.00	22	20.00	43
Σ	163		160		166		121
PROMEDIO	33.89	p esp	900.00				
RESISTENCIA (MPA)		68.00					

2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO (RQD)

$$RQD = 100 e^{(-0.1\lambda)} (0.1\lambda + 1)$$

DONDE	l	ES LA FRECUENCIA DE DISCONTINUIDADES POR METRO LINEAL TRANSVERSAL
-------	---	--

FAMILIA 1	
# DISCONT	X (m)
2	1.4
l	1.43
RQD	99.07

FAMILIA 2	
# DISCONT	X (m)
3	1.1
l	2.73
RQD	96.89

RQD 99.07

3 ESPACIADO DE LAS JUNTAS (DISCONTINUIDADES)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(m)	#	(m)	#	(m)	#	(m)
1	1.00	5		9	0.45	13	1.10
2	0.90	6		10	0.80	14	
3	0.90	7		11	0.25	15	
4	0.85	8		12	1.20	16	
Σ	3.65		0.00		2.7		1.1
PROM	0.91			PROM	0.63		
SEPARACIÓN	0.91	m					

ESTACION 06

4 ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES

4.1 ABERTURA DE LOS LABIOS DE LAS DISCONTINUIDADES (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	10.00	5	5.00	9	11.00	13	5.00
2	7.00	6		10	4.50	14	3.00
3	1.00	7		11	3.00	15	1.10
4	3.00	8		12	8.00	16	
Σ	21.00		5		26.5		9.10
PROM	5.20			PROM	5.09		
ABERTURA	5.14	mm					

4.2 LONGITUD (m)

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)	# Datos	(m)
1	1.50	5	3.00	9	2.00	13	2.40
2	2.50	6	2.00	10	2.00	14	1.20
3	3.00	7	1.50	11	1.60	15	
4	1.80	8	1.60	12	1.20	16	
Σ	8.8		8.10		6.80		3.60
PROM	2.41			PROM	1.73		
LONGITUD	2.41	m					

4.3 RUGOSIDAD

FAMILIA 1				FAMILIA 2			
# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)	# Datos	Profun (mm)
1	2.00	5	5.00	9	1.50	13	2.00
2	5.00	6	7.00	10	3.00	14	1.00
3	3.00	7	2.00	11	4.00	15	
4	2.00	8	3.00	12	3.00	16	
Σ	12		17		11.5		
Prom prof	3.11						
JRC	10.10						

4.4 RELLENO (mm)

FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)	#	(mm)
1	1.70	5	4.00	9	6.00	13	6.00
2	2.00	6	3.00	10	7.00	14	9.00
3	3.00	7	4.00	11	4.00	15	
4	5.00	8	5.00	12	5.00	16	
PROM	3.46			PROM	6.17		
Relleno	Relleno duro > 5mm						

ESTACION 06

4.5 ALTERACION (VISUAL)							
FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI	#	DATO VI
1	LA	5	IN	9	LA	13	LA
2	IN	6	LA	10	IN	14	IN
3	LA	7	LA	11	LA	15	
4	LA	8	IN	12	LA	16	
ALTERACIÓN		LIGERAMENTE ALTERADA					

5 PRESENCIA DE AGUA		
% DE HUMEDAD		
MUESTRA 1		
PI (gr)	PF (gr)	% DE HUMEDAD
0.42	376.27	0.11

PRESENCIA DE AGUA	SECO
--------------------------	-------------

6 BUZAMIENTO Y ORIENTACIÓN (BRUJULA DE EXPLORADOR)							
FAMILIA 1				FAMILIA 1			
#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD	#	GRAD
1	74.00	5	76.00	9	79.00	13	73.00
2	77.00	6	78.00	10	75.00	14	75.00
3	76.00	7	74.00	11	79.00	15	
4	77.00	8	70.00	12	71.00	16	
PROM	75.25			PROM	75.33		

ANG BUZA	75.33
-----------------	--------------

ESTACION 06

Anexo N°22: Procesamiento de la Información de campo – clasificación geomecánica (RMR).

VALORACIÓN DEL MACISO ROCOSO														ESTACION # 1 (RMR)			
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIAWSKI 1989 - RMR (ROCK MASS RATING)																	
PARAMETROS		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES												V ARROJADO	VALORACIÓN		
1	Resistencia a la Compresión Simple de la Roca Intacta (Mpa) - SRC	> 250 Mpa Extre Dura	15	100 - 250 Mpa muy dura	12	50 - 100 Mpa Dura	7	25 - 50 Mpa Mod Dura	4	5- 25 Mpa Mod Blanda	2	1-5 Mpa Blanda	1	< 1 Mpa Muy Blanda	0	78	7.00
2	Índice de caidad de la masa rocosa (RQD%)	90 -100 % Excelente	20	(75 -90)% Buena	17	50 -75 % Regular	13	25 -50 % Mala	8	< 25 % Muy mala			3	98.53	20.00		
3	Espaciamiento de las dicontinuidades (m)	> 2 m Muy separada	20	(0.6 - 2) m Separada	15	(0.2 - 0.6) m Mod juntas	10	(0.06 - 0.2) m Juntas	8	< 6 cm Muy juntas			5	0.61	15.00		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud (m)	< 1 m Muy Baja	6	(1 - 3) m Baja	4	(3 - 10) m Media	2	(10 - 20) m Alta	1	>20 m Muy alta			0	1.72	4.00	
		Apertura de los labios de las discontinuidades (mm)	0 Ninguna	6	< 0.1 mm Muy cerrada	5	(0.1- 1)mm Cerrada	3	(1- 5)mm Mod abierta	1	> 5mm Abierta			0	5.10	0.00	
		Rugosidad (JRC)	16-20 Muy rugosa	6	12 - 16. Rugosa	5	8 - 12. Lig Rugosa	3	2 - 6 . Lisa	1	0-2 plana			0	11.00	5.00	
		Relleno	0 Ninguno	6	< 5 mm Duro	4	> 5mm Duro	2	< 5mm Blando	2	> 5mm Blando			0	R<5	4.00	
		Alteración	Inalterada	6	Lig Alterada	5	Mode Altera	3	Muy Alterada	1	Descompuesta			0	LA	5.00	
5	Presencia de agua	Seco	15	Lig Humedo	10	Humedo	7	Goteando	4	Fluyendo			0	SECO	15.00		
VALOR INICIAL DEL RMR																75.00	
CORRECCIÓN DEL RMR POR LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES (ÁNGULO Y DIRECCION DE BUZAMIENTO)							VALORACIONES DE CORRECCIÓN										
Dirección Perpendicular al Eje de la obra				DIRECCIÓN PARALELO AL EJE DE LA OBRA		Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección	VALORACIONES PARA TALUDES		ÁNG BUZA α	VALORACIÓN							
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento		Muy favorable	0		76.67	-25									
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Favorable	-5												
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Medio	-25												
				Desfavorable	-50												
				Muy desfavorable	-60												
VALOR CORREGIDO DEL RMR = 68 %							RMR CORR		50.00								

ESTACION 01

VALORACIÓN DEL MACISO ROCOSO														ESTACION # 2 (RMR)			
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIAWSKI 1989 - RMR (ROCK MASS RATING)																	
PARAMETROS		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES												V ARROJADO	VALORACIÓN		
1	Resistencia a la Comprensión Simple de la Roca Intacta (Mpa) - SRC	> 250 Mpa Extre Dura	15	100 - 250 Mpa muy dura	12	50 - 100 Mpa Dura	7	25 - 50 Mpa Mod Dura	4	5- 25 Mpa Mod Blanda	2	1-5 Mpa Blanda	1	< 1 Mpa Muy Blanda	0	52	7.00
2	Índice de caidad de la masa rocosa (RQD%)	90 -100 % Excelente	20	(75 -90)% Buena	17	50 -75 % Regular	13	25 -50 % Mala	8	< 25 % Muy mala				3	98.53	20.00	
3	Espaciamiento de las dicontinuidades (m)	> 2 m Muy separada	20	(0.6 - 2) m Separada	15	(0.2 - 0.6) m Mod juntas	10	(0.06 - 0.2) m Juntas	8	< 6 cm Muy juntas				5	0.70	15.00	
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud (m)	< 1 m Muy Baja	6	(1 - 3) m Baja	4	(3 - 10) m Media	2	(10 -20) m Alta	1	>20 m Muy alta				0	1.72	4.00
		Apertura de los labios de las discontinuidades (mm)	0 Ninguna	6	< 0.1 mm Muy cerrada	5	(0.1 - 1)mm Cerrada	3	(1 - 5)mm Mod abierta	1	> 5mm Abierta				0	5.10	0.00
		Rugosidad (JRC)	16-20 Muy rugosa	6	12 - 16. Rugosa	5	8 - 12. Lig Rugosa	3	2 - 6 . Lisa	1	0-2 plana				0	11.00	5.00
		Relleno	0 Ninguno	6	< 5 mm Duro	4	> 5mm Duro	2	< 5mm Blando	2	> 5mm Blando				0	R d < 5mm	2.00
		Alteración	Inalterada	6	Lig Alterada	5	Mode Altera	3	Muy Alterada	1	Descompuesta				0	LA	5.00
5	Presencia de agua	Seco	15	Lig Humedo	10	Humedo	7	Goteando	4	Fluyendo				0	SECO	15.00	
VALOR INICIAL DEL RMR														73.00			
CORRECCIÓN DEL RMR POR LA ORIENTACIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES (ÁNGULO Y DIRECCION DE BUZAMIENTO)							VALORACIONES DE CORRECCIÓN										
Dirección Perpendicular al Eje de la obra				DIRECCIÓN PARALELO AL EJE DE LA OBRA			Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección	VALORACIONES PARA TALUDES		ÁNG BUZA α	VALORACIÓN						
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				Muy favorable		0	76.67		-25						
Favorable		Medio		Muy desfavorable		Favorable		-5									
Desfavorable		Muy desfavorable				Medio		-25									
Muy favorable		Favorable		Medio		Desfavorable		-50									
Muy desfavorable						Muy desfavorable	-60										
VALOR CORREGIDO DEL RMR = 68 %														RMR CORR		48.00	

ESTACION 02

VALORACIÓN DEL MACISO ROCOSO														ESTACION # 3 (RMR)			
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIAWSKI 1989 - RMR (ROCK MASS RATING)																	
PARAMETROS		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES												V ARROJADO	VALORACIÓN		
1	Resistencia a la Compresión Simple de la Roca Intacta (Mpa) - SRC	> 250 Mpa Extre Dura	15	100 - 250 Mpa muy dura	12	50 - 100 Mpa Dura	7	25 - 50 Mpa Mod Dura	4	5- 25 Mpa Mod Blanda	2	1-5 Mpa Blanda	1	< 1 Mpa Muy Blanda	0	70.00	7.00
2	Índice de caidad de la masa rocosa (RQD%)	90 -100 % Excelente	20	(75 -90)% Buena	17	50 -75 % Regular	13	25 -50 % Mala	8	< 25 % Muy mala			3	98.40	20.00		
3	Espaciamiento de las dicontinuidades (m)	> 2 m Muy separada	20	(0.6 - 2) m Separada	15	(0.2 - 0.6) m Mod juntas	10	(0.06 - 0.2) m Juntas	8	< 6 cm Muy juntas			5	0.54	15.00		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud (m)	< 1 m Muy Baja	6	(1 - 3) m Baja	4	(3 - 10) m Media	2	(10 -20) m Alta	1	>20 m Muy alta			0	2.45	4.00	
		Apertura de los labios de las discontinuidades	0 Ninguna	6	< 0.1 mm Muy cerrada	5	(0.1- 1)mm Cerrada	3	(1- 5)mm Mod abierta	1	> 5mm Abierta			0	4.19	1.00	
		Rugosidad (JRC)	16-20 Muy rugosa	6	12 - 16. Rugosa	5	8 - 12. Lig Rugosa	3	2 - 6. Lisa	1	0 -2 plana			0	11.80	3.00	
		Relleno	0 Ninguno	6	< 5 mm Duro	4	> 5mm Duro	2	< 5mm Blando	2	> 5mm Blando			0	R d < 5mm	4.00	
		Alteración	Inalterada	6	Lig Alterada	5	Mode Altera	3	Muy Alterada	1	Descompuesta			0	LA	5.00	
5	Presencia de agua	Seco	15	Lig Humedo	10	Humedo	7	Goteando	4	Fluyendo			0	SECO	15.00		
VALOR INICIAL DEL RMR														74.00			
CORRECCIÓN DEL RMR POR LA ORIENTACIN DE LAS DISCONTINUIDADES (ÁNGULO Y DIRECCION DE BUZAMIENTO)									VALORACIONES DE CORRECCIÓN								
Dirección Perpendicular al Eje de la obra				DIRECCIÓN PARALELO AL EJE DE LA OBRA				Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección	VALORACIONES PARA TALUDES		ÁNG BUZA α	VALORACIÓN					
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				Muy favorable	0		74.13	-25							
						Favorable	-5										
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45	Medio	-25										
						Desfavorable	-50										
						Muy desfavorable	-60										
VALOR CORREGIDO DEL RMR = 68 %									RMR CORR		49.00						

ESTACION 03

VALORACIÓN DEL MACISO ROCOSO														ESTACION # 4 (RMR)				
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIAWKI 1989 - RMR (ROCK MASS RATING)																		
PARAMETROS			RANGO DE VALORES Y VALORACIONES											V ARROJADO	VALORACIÓN			
1	Resistencia a la Comprensión Simple de la Roca Intacta (Mpa) - SRC		> 250 Mpa Extre Dura	15	100 - 250 Mpa muy dura	12	50 - 100 Mpa Dura	7	25 - 50 Mpa Mod Dura	4	5- 25 Mpa Mod Blanda	2	1-5 Mpa Blanda	1	< 1 Mpa Muy Blanda	0	68	7.00
2	Índice de caidad de la masa rocosa (RQD%)		90 -100 % Excelente	20	(75 -90)% Buena	17	50 -75 % Regular	13	25 -50 % Mala	8	< 25 % Muy mala			3	98.76	20		
3	Espaciamiento de las dicontinuidades (m)		> 2 m Muy separada	20	(0.6 - 2) m Separada	15	(0.2 - 0.6) m Mod juntas	10	(0.06 - 0.2) m Juntas	8	< 6 cm Muy juntas			5	0.88	15		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud (m)	< 1 m Muy Baja	6	(1 - 3) m Baja	4	(3 - 10) m Media	2	(10 -20) m Alta	1	>20 m Muy alta			0	1.90	4		
		Apertura de los labios de las dicontinuidades	0 Ninguna	6	< 0.1 mm Muy cerrada	5	(0.1- 1)mm Cerrada	3	(1- 5)mm Mod abierta	1	> 5mm Abierta			0	4.04	1		
		Rugosidad (JRC)	16-20 Muy rugosa	6	12 - 16. Rugosa	5	8 - 12. Lig Rugosa	3	2 - 6 . Lisa	1	0 -2 plana			0	13.00	5		
		Relleno	0 Ninguno	6	< 5 mm Duro	4	> 5mm Duro	2	< 5mm Blando	2	> 5mm Blando			0	R d < 5mm	4		
		Alteración	Inalterada	6	Lig Alterada	5	Mode Altera	3	Muy Alterada	1	Descompuesta			0	LA	5		
5	Presencia de agua		Seco	15	Lig Humedo	10	Humedo	7	Goteando	4	Fluyendo			0	SECO	15		
VALOR INICIAL DEL RMR																	76	
CORRECCIÓN DEL RMR POR LA ORIENTACIN DE LAS DISCONTINUIDADES (ÁNGULO Y DIRECCION DE BUZAMIENTO)										VALORACIONES DE CORRECCIÓN								
Dirección Perpendicular al Eje de la obra				DIRECCIÓN PARALELO AL EJE DE LA OBRA				Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección	VALORACIONES PARA TALUDES		ÁNG BUZA α	VALORACIÓN						
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				Muy favorable	0		75.00	-25								
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45°	Favorable	-5											
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Medio	-25											
						Desfavorable	-50											
						Muy desfavorable	-60											
VALOR CORREGIDO DEL RMR = 68 %										RMR CORR	51							

ESTACION 04

VALORACIÓN DEL MACISO ROCOSO CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIAWKI 1989 - RMR (ROCK MASS RATING)														ESTACION # 5 (RMR)			
PARAMETROS		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES												V ARROJADO	VALORACIÓN		
1	Resistencia a la Compresión Simple de la Roca Intacta (Mpa) - SRC	> 250 Mpa Extre Dura	15	100 - 250 Mpa muy dura	12	50 - 100 Mpa Dura	7	25 - 50 Mpa Mod Dura	4	5- 25 Mpa Mod Blanda	2	1-5 Mpa Blanda	1	< 1 Mpa Muy Blanda	0	96.00	7.00
2	Índice de caidad de la masa rocosa (RQD%)	90 -100 % Excelente	20	(75 -90)% Buena	17	50 -75 % Regular	13	25 -50 % Mala	8	< 25 % Muy mala				3	97.35	20	
3	Espaciamiento de las dicontinuidades (m)	> 2 m Muy separada	20	(0.6 - 2) m Separada	15	(0.2 - 0.6) m Mod juntas	10	(0.06 - 0.2) m Juntas	8	< 6 cm Muy juntas				5	0.56	15	
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud (m)	< 1 m Muy Baja	6	(1 - 3) m Baja	4	(3 - 10) m Media	2	(10 -20) m Alta	1	>20 m Muy alta				0	2.07	4
		Apertura de los labios de las discontinuidades	0 Ninguna	6	< 0.1 mm Muy cerrada	5	(0.1- 1)mm Cerrada	3	(1- 5)mm Mod abierta	1	> 5mm Abierta				0	5.79	0
		Rugosidad (JRC)	16-20 Muy rugosa	6	12 - 16. Rugosa	5	8 - 12. Lig Rugosa	3	2 - 6 . Lisa	1	0 -2 plana				0	10.00	5
		Relleno	0 Ninguno	6	< 5 mm Duro	4	> 5mm Duro	2	< 5mm Blando	2	> 5mm Blando				0	R d < 5mm	4
		Alteración	Inalterada	6	Lig Alterada	5	Mode Altera	3	Muy Alterada	1	Descompuesta				0	LA	5
5	Presencia de agua	Seco	15	Lig Humedo	10	Humedo	7	Goteando	4	Fluyendo				0	SECO	15	
VALOR INICIAL DEL RMR												75.00					
CORRECCIÓN DEL RMR POR LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES (ÁNGULO Y DIRECCION DE BUZAMIENTO)								VALORACIONES DE CORRECCIÓN									
Dirección Perpendicular al Eje de la obra				DIRECCIÓN PARALELO AL EJE DE LA OBRA				Buzamiento 0 -20° Cualquier dirección	VALORACIONES PARA TALUDES		ÁNG BUZA α	VALORACIÓN					
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento				Muy favorable	0										
Buz 45° - 90°		Buz 20° - 45°				Favorable	-5										
Muy favorable		Favorable				Medio	-25										
						Desfavorable	-50										
						Muy desfavorable	-60										
VALOR CORREGIDO DEL RMR = 68 %												RMR CORR		50			

ESTACION 05

VALORACIÓN DEL MACISO ROCOSO														ESTACION # 6 (RMR)				
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA SEGÚN BIENIAWKI 1989 - RMR (ROCK MASS RATING)														V ARROJADO	VALORACIÓN			
PARAMETROS			RANGO DE VALORES Y VALORACIONES															
1	Resistencia a la Compresión Simple de la Roca Intacta (Mpa) - SRC		> 250 Mpa Extre Dura	15	100 - 250 Mpa muy dura	12	50 - 100 Mpa Dura	7	25 - 50 Mpa Mod Dura	4	5- 25 Mpa Mod Blanda	2	1-5 Mpa Blanda	1	< 1 Mpa Muy Blanda	0	68.00	7.00
2	Índice de caidad de la masa rocosa (RQD%)		90-100 % Excelente	20	(75 -90)% Buena	17	50 -75 % Regular	13	25 -50 % Mala	8	< 25 % Muy mala			3	99.07	20		
3	Espaciamiento de las dicontinuidades (m)		> 2 m Muy separada	20	(0.6 - 2) m Separada	15	(0.2 - 0.6) m Mod juntas	10	(0.06 - 0.2) m Juntas	8	< 6 cm Muy juntas			5	0.91	15		
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	Longitud (m)	< 1 m Muy Baja	6	(1 - 3) m Baja	4	(3 - 10) m Media	2	(10 -20) m Alta	1	>20 m Muy alta			0	2.41	4		
		Apertura de los labios de las discontinuidades	0 Ninguna	6	< 0.1 mm Muy cerrada	5	(0.1- 1)mm Cerrada	3	(1- 5)mm Mod abierta	1	> 5mm Abierta			0	5.14	0		
		Rugosidad (JRC)	16-20 Muy rugosa	6	12 - 16. Rugosa	5	8 - 12. Lig Rugosa	3	2 - 6 . Lisa	1	0-2 plana			0	10.10	3		
		Relleno	0 Ninguno	6	< 5 mm Duro	4	> 5mm Duro	2	< 5mm Blando	2	> 5mm Blando			0	R d > 5mm	2		
		Alteración	Inalterada	6	Lig Alterada	5	Mode Altera	3	Muy Alterada	1	Descompuesta			0	LA	5		
5	Presencia de agua		Seco	15	Lig Humedo	10	Humedo	7	Goteando	4	Fluyendo			0	SECO	15		
VALOR INICIAL DEL RMR																	71	

CORRECCIÓN DEL RMR POR LA ORIENTACIN DE LAS DISCONTINUIDADES (ÁNGULO Y DIRECCION DE BUZAMIENTO)							VALORACIONES DE CORRECCIÓN				
Dirección Perpendicular al Eje de la obra				DIRECCIÓN PARALELO AL EJE DE LA OBRA		Buzamiento 0-20° Cualquier dirección	VALORACIONES PARA TALUDES		ÁNG BUZA α	VALORACIÓN	
Excav. Con buzamiento.		Excav. Contra buzamiento		Buz	Buz		Muy favorable	0	75.33	-25	
Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45° - 90°	Buz 20° - 45°	Buz 45°-90°	Buz 20° - 45		Favorable	-5			
Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio		Medio	-25			
							Desfavorable	-50			
						Muy desfavorable	-60				
VALOR CORREGIDO DEL RMR = 68 %										RMR CORR	46

ESTACION 06

Anexo N°23: Procesamiento de la información de campo – obtención de valor de cohesión y ángulo de fricción por estación geomecánica.

CALIDAD DEL MACISO ROCOSO CON RELACIÓN AL ÍNDICE RMR Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS					VALOR DE RMR OBTENIDO EN CAMPO		CLASIFICACIÓN Y SU CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS						
CLASE	VALORACIÓN RMR	CALIDAD	COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN	RMR	50.00	CLASE	CALIDAD	C (Kg/Cm2)	Ø			
I	100 - 80	MUY BUENA	> 4 Kg/cm2	> 45º	C = 5*RMR	250	Kpa	III	MEDIA	2.4	35		
II	80 - 61	BUENA	3 – 4 Kg/cm2	35º - 45º				CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS SENGUN LA ECUACIONES DE BIENIAWSKI (C,φ)					
III	60 - 41	MEDIA	2 – 3 Kg/cm2	25º - 35º				C = 5*RMR					
IV	40 - 21	MALA	1 – 2 Kg/cm2	15º- 25º				Ø = 5 + $\frac{RMR}{2}$					
V	< 20	MUY MALA	< Kg/cm2	<15º				30					
					C = Kg /cm2	2.55							

ESTACION 01

CALIDAD DEL MACISO ROCOSO CON RELACIÓN AL ÍNDICE RMR Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS					VALOR DE RMR OBTENIDO EN CAMPO		CLASIFICACIÓN Y SU CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS						
CLASE	VALORACIÓN RMR	CALIDAD	COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN	RMR	48.00	CLASE	CALIDAD	C (Kg/Cm2)	Ø			
I	100 - 80	MUY BUENA	> 4 Kg/cm2	> 45º	C = 5*RMR	240	Kpa	III	MEDIA	2.4	35		
II	80 - 61	BUENA	3 – 4 Kg/cm2	35º - 45º				CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS SENGUN LA ECUACIONES DE BIENIAWSKI (C,φ)					
III	60 - 41	MEDIA	2 – 3 Kg/cm2	25º - 35º				C = 5*RMR					
IV	40 - 21	MALA	1 – 2 Kg/cm2	15º- 25º				Ø = 5 + $\frac{RMR}{2}$					
V	< 20	MUY MALA	< Kg/cm2	<15º				29					
					C = Kg /cm2	2.45							

ESTACION 02

CALIDAD DEL MACISO ROCOSO CON RELACIÓN AL ÍNDICE RMR Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS					VALOR DE RMR OBTENIDO EN CAMPO		CLASIFICACIÓN Y SU CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS			
CLASE	VALORACIÓN RMR	CALIDAD	COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN	RMR		CLASE	CALIDAD	C (Kg/Cm2)	Ø
I	100 - 80	MUY BUENA	> 4 Kg/cm2	> 45º	49.00		III	MEDIA	2.45	34
II	80 - 61	BUENA	3 - 4 Kg/cm2	35º - 45º						
III	60 - 41	MEDIA	2 - 3 Kg/cm2	25º - 35º	CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS SEGUN LA ECUACIONES DE BIENIAWSKI (C,φ)					
IV	40 - 21	MALA	1 - 2 Kg/cm2	15º - 25º	C = 5*RMR	245	Kpa	$\phi = 5 + \frac{RMR}{2}$	29.5	
V	< 20	MUY MALA	< Kg/cm2	<15º	C = Kg /cm2	2.50				

ESTACION 03

CALIDAD DEL MACISO ROCOSO CON RELACIÓN AL ÍNDICE RMR Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS					VALOR DE RMR OBTENIDO EN CAMPO		CLASIFICACIÓN Y SU CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS			
CLASE	VALORACIÓN RMR	CALIDAD	COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN	RMR		CLASE	CALIDAD	C (Kg/Cm2)	Ø
I	100 - 80	MUY BUENA	> 4 Kg/cm2	> 45º	51		III	MEDIA	2.8	35
II	80 - 61	BUENA	3 - 4 Kg/cm2	35º - 45º						
III	60 - 41	MEDIA	2 - 3 Kg/cm2	25º - 35º	CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS SEGUN LA ECUACIONES DE BIENIAWSKI (C,φ)					
IV	40 - 21	MALA	1 - 2 Kg/cm2	15º - 25º	C = 5*RMR	255	Kpa	$\phi = 5 + \frac{RMR}{2}$	30.5	
V	< 20	MUY MALA	< Kg/cm2	<15º	C = Kg /cm2	2.60				

ESTACION 04

CALIDAD DEL MACISO ROCOSO CON RELACIÓN AL ÍNDICE RMR Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS					VALOR DE RMR OBTENIDO EN CAMPO		CLASIFICACIÓN Y SU CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS						
CLASE	VALORACIÓN RMR	CALIDAD	COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN	RMR	50	CLASE	CALIDAD	C (Kg/Cm2)	Ø			
I	100 - 80	MUY BUENA	> 4 Kg/cm2	> 45º	C = 5*RMR C = Kg /cm2	250 2.55	Kpa	III	MEDIA	2.5	35		
II	80 - 61	BUENA	3 - 4 Kg/cm2	35º - 45º				CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS SENGUN LA ECUACIONES DE BIENIAWSKI (C,Ø)					
III	60 - 41	MEDIA	2 - 3 Kg/cm2	25º - 35º				$\phi = 5 + \frac{RMR}{2}$					
IV	40 - 21	MALA	1 - 2 Kg/cm2	15º - 25º				30					
V	< 20	MUY MALA	< Kg/cm2	<15º									

ESTACION 05

CALIDAD DEL MACISO ROCOSO CON RELACIÓN AL ÍNDICE RMR Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS					VALOR DE RMR OBTENIDO EN CAMPO		CLASIFICACIÓN Y SU CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS						
CLASE	VALORACIÓN RMR	CALIDAD	COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN	RMR	46	CLASE	CALIDAD	COHESIÓN	ÁNGULO DE FRICCIÓN			
I	100 - 80	MUY BUENA	> 4 Kg/cm2	> 45º	C = 5*RMR C = Kg /cm2	230 2.35	Kpa	III	MEDIA	2.3	35		
II	80 - 61	BUENA	3 - 4 Kg/cm2	35º - 45º				CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS SENGUN LA ECUACIONES DE BIENIAWSKI (C,Ø)					
III	60 - 41	MEDIA	2 - 3 Kg/cm2	25º - 35º				$\phi = 5 + \frac{RMR}{2}$					
IV	40 - 21	MALA	1 - 2 Kg/cm2	15º - 25º				28					
V	< 20	MUY MALA	< Kg/cm2	<15º									

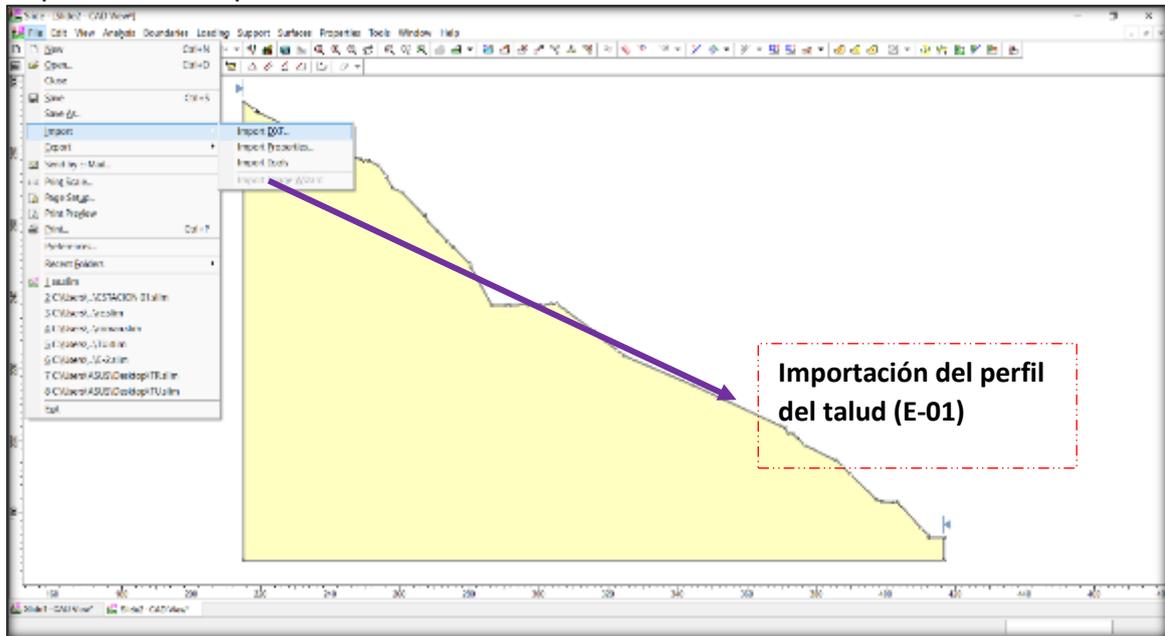
ESTACION 06

Anexo N°24: Procesamiento de la información con el software Slide 6.0

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis estático. método de equilibrio limite.

Figura 01

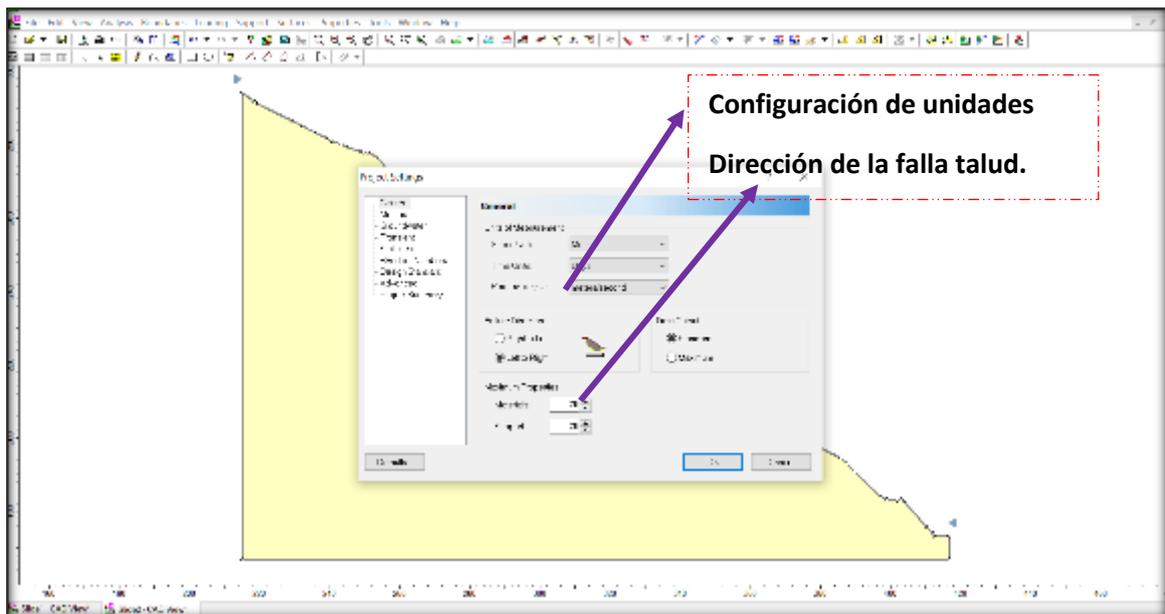
Importación del perfil.



fuerza elaboración propia.

Figura N° 02

Configuración del proyecto.

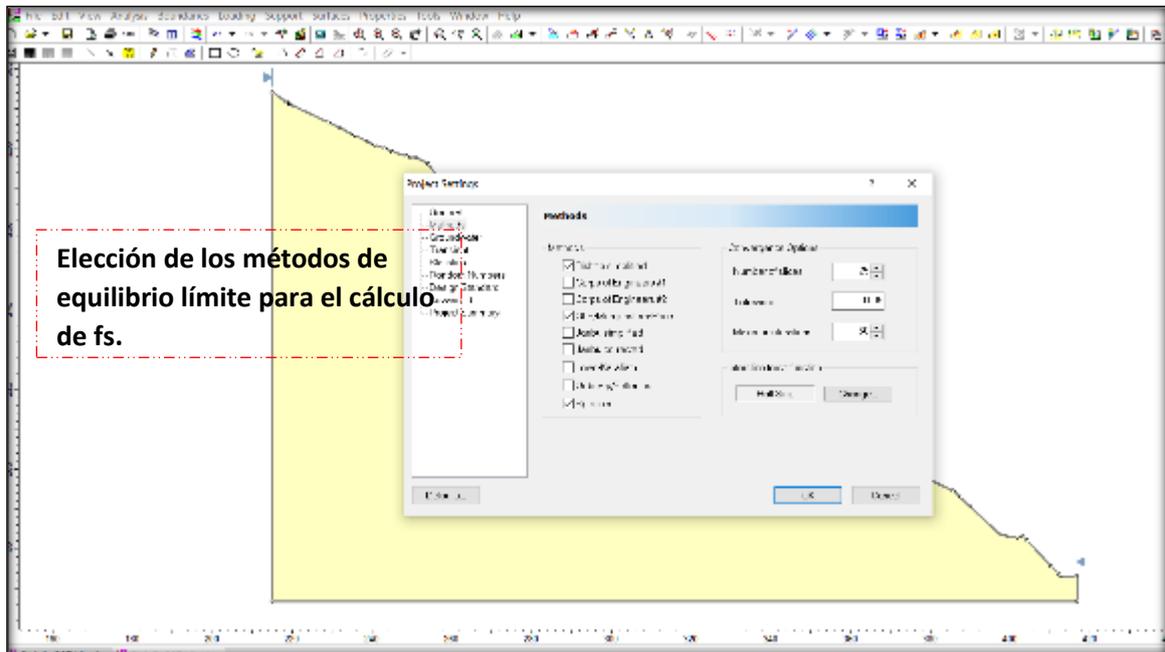


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 01

Figura N° 03

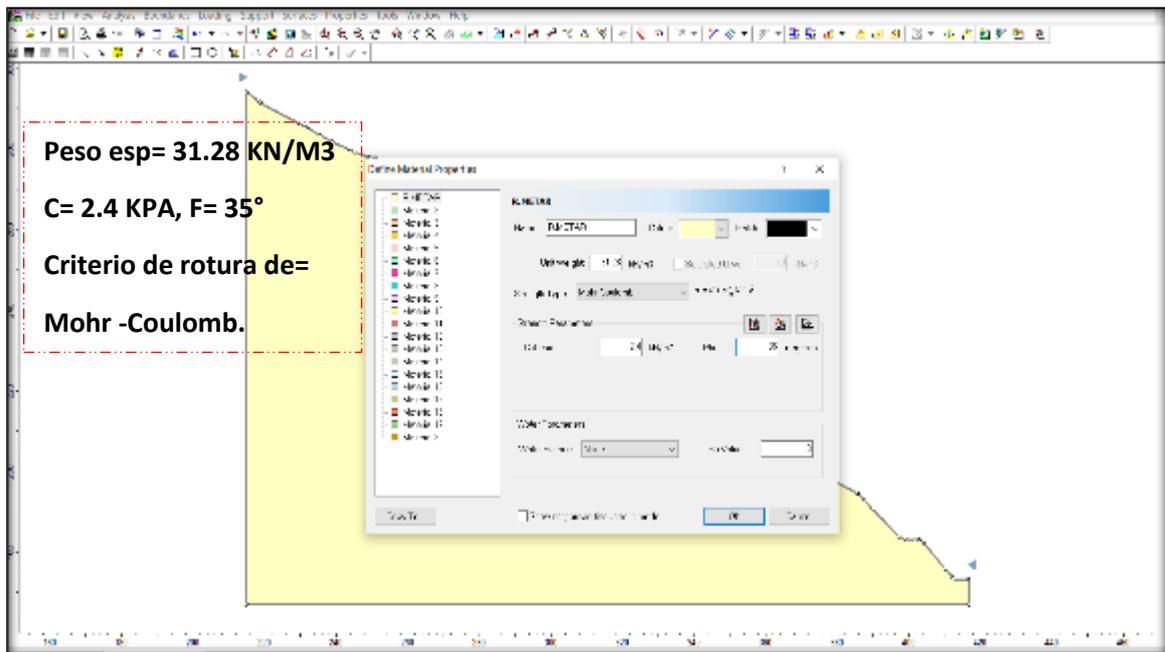
Elección de métodos de equilibrio límite.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 04

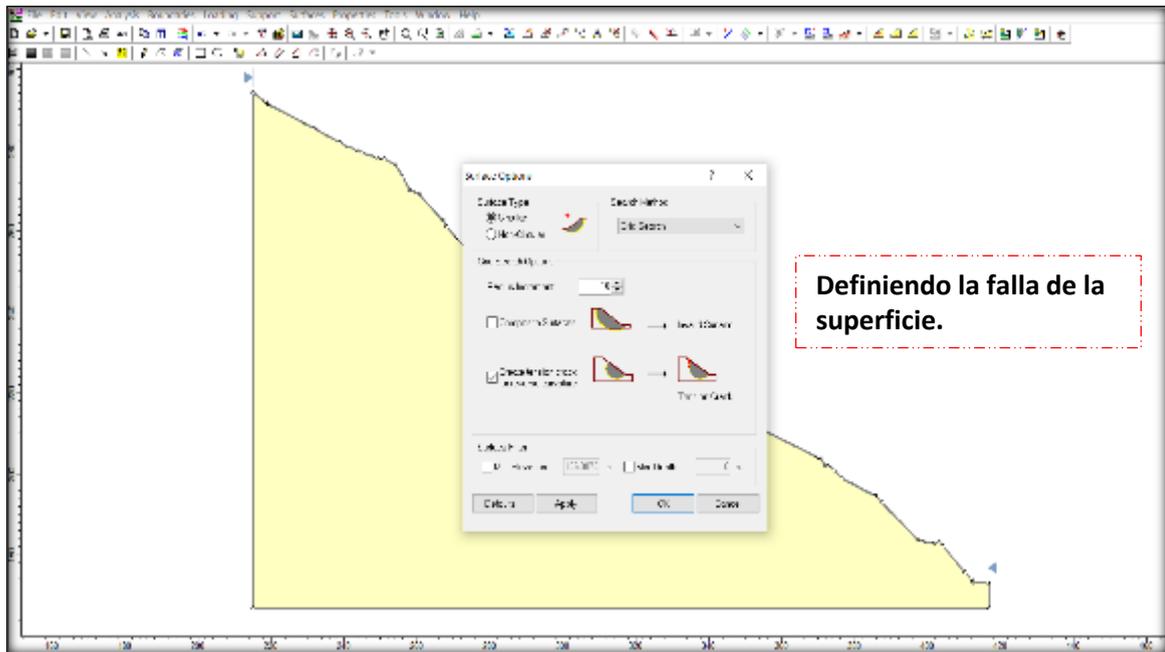
Insertando las propiedades de la muestra.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 05

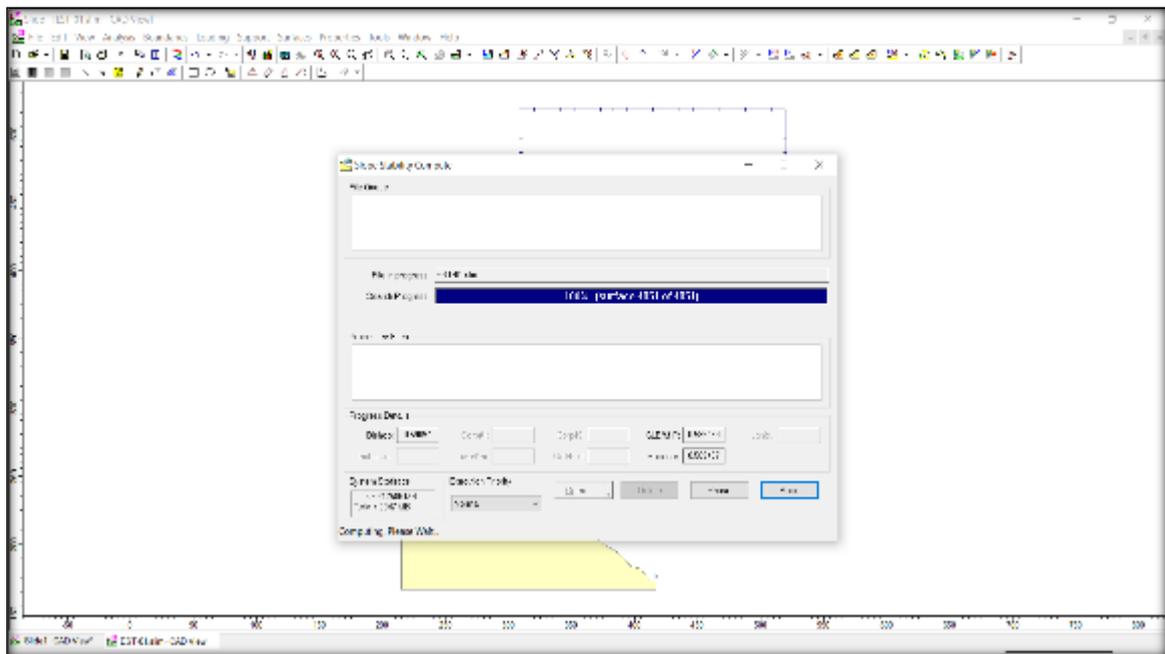
Definición de la falla de la superficie circular o no circular.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 06

Procesando los datos en programa SLIDE.

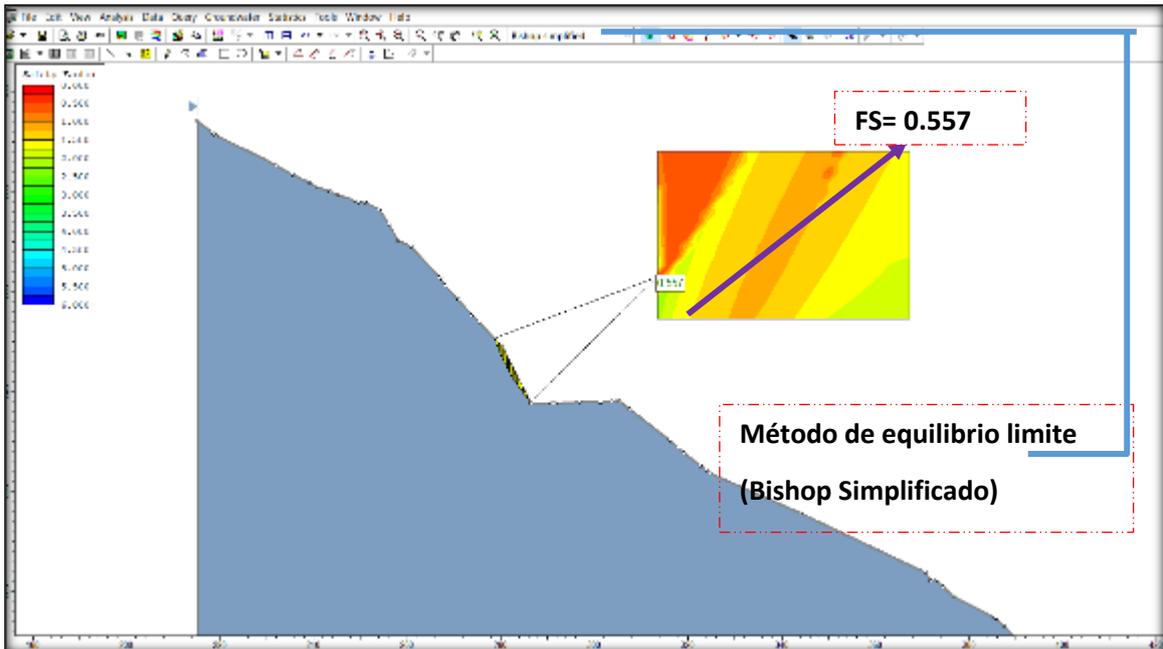


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 01

Figura N° 07

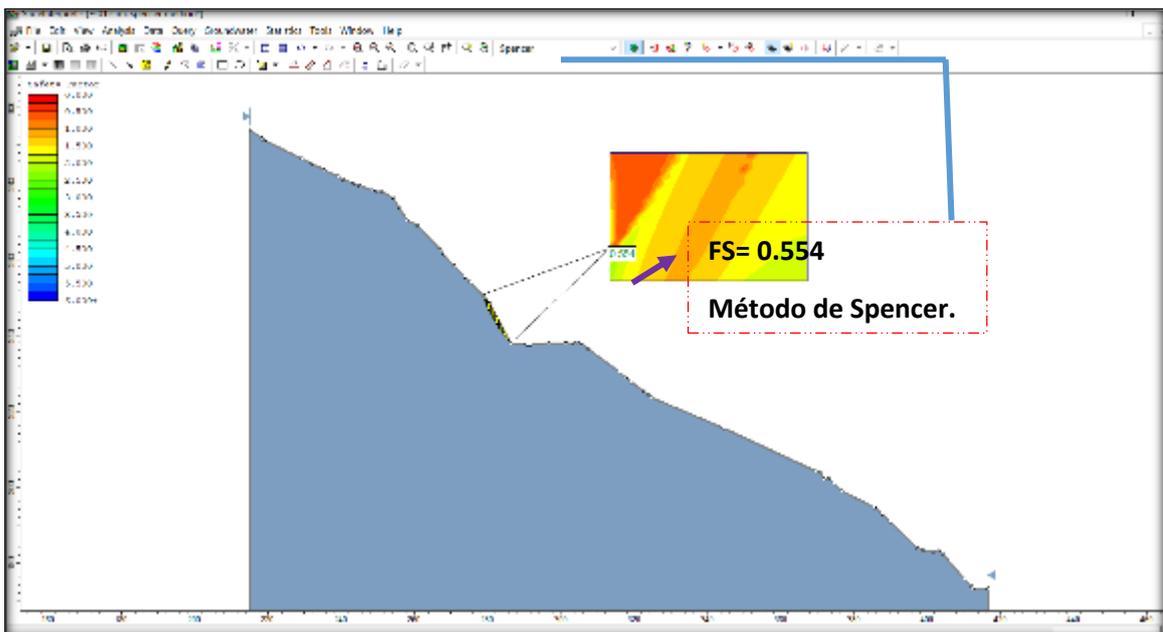
Factor de seguridad obtenido por software en uno de métodos de equilibrio limite elegido.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 08

Factor de seguridad obtenido por software otro de método de equilibrio limite elegido.

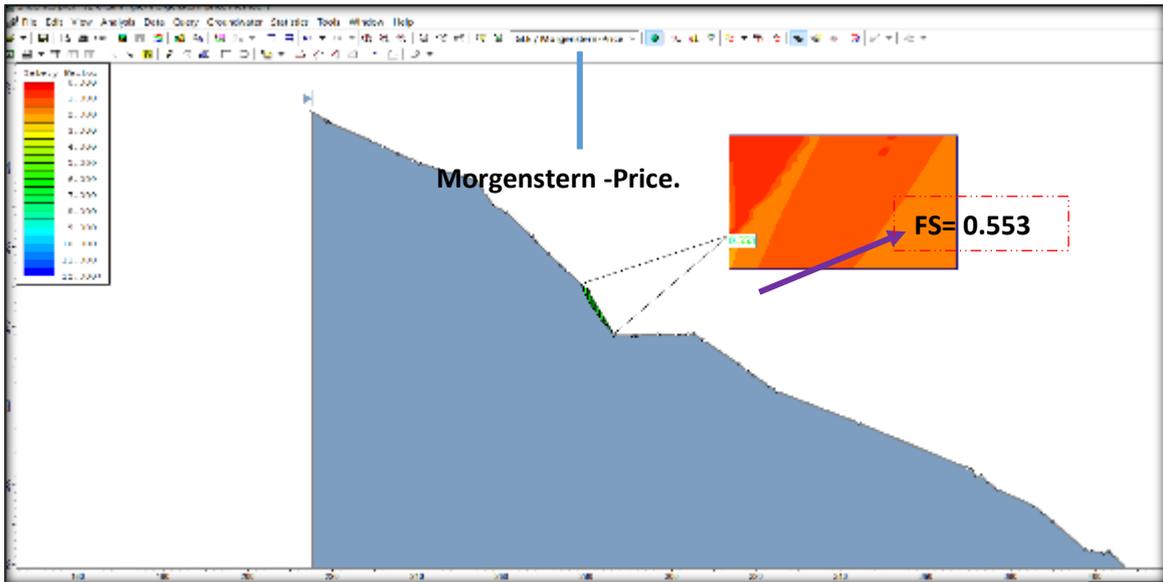


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 01

Figura N° 09

Factor de seguridad obtenido por software otro de método de equilibrio limite elegido.

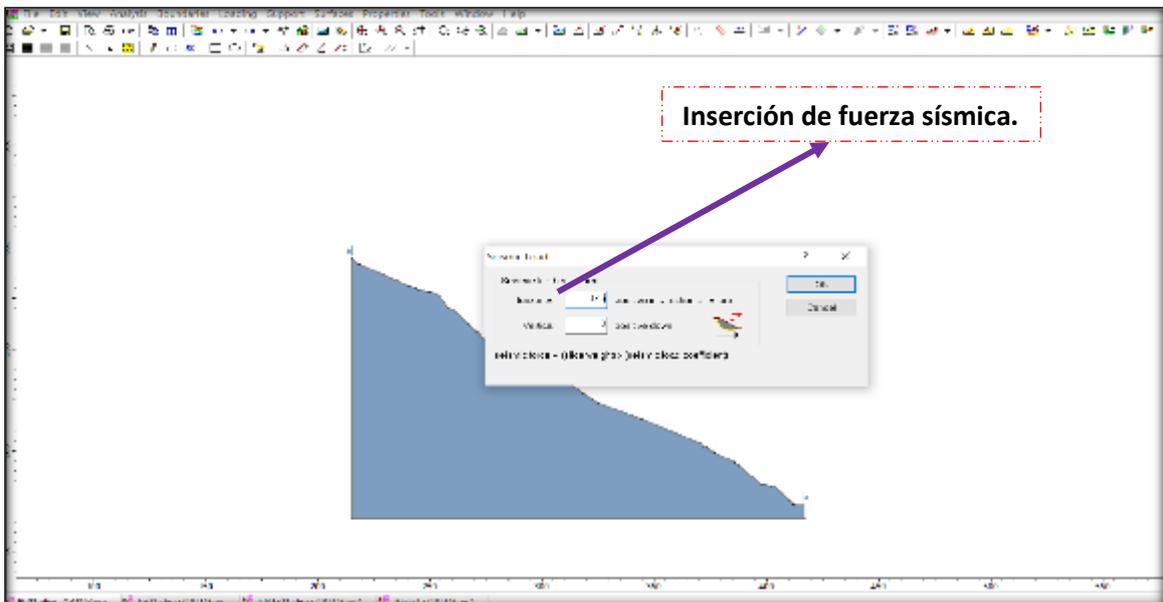


Fuente: elaboración propia.

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis dinámico. método de equilibrio limite.

Figura N° 01

Insertando la fuerza sísmica 0.45 para nuestra zona según (NTP E 0.30)

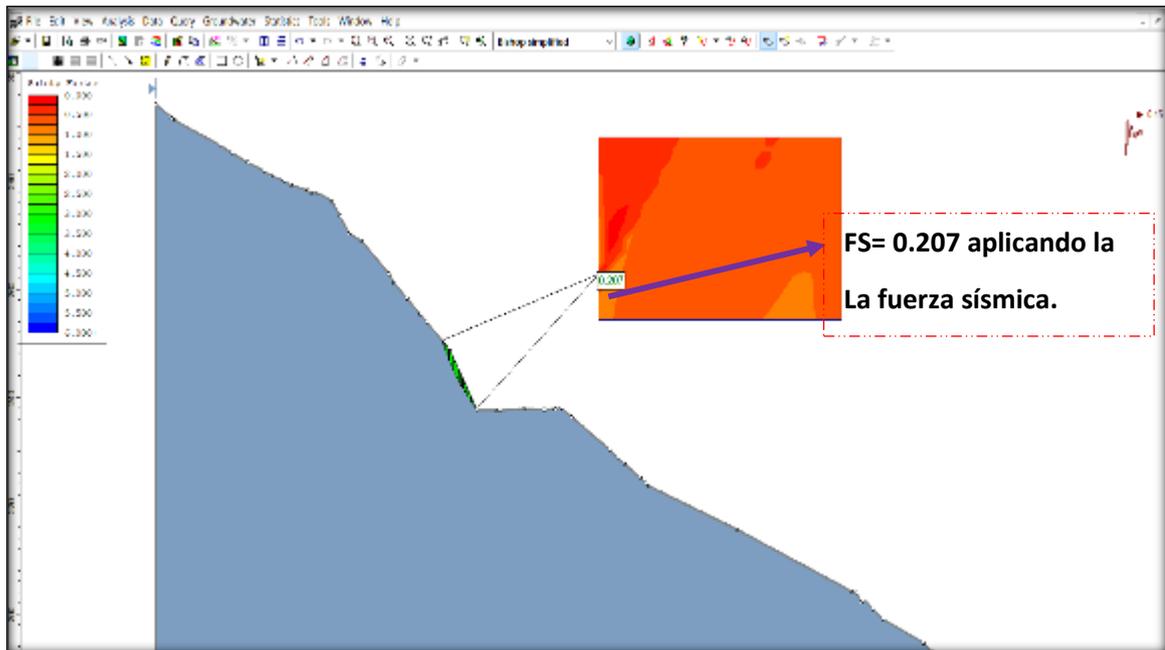


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 01

Figura N° 02

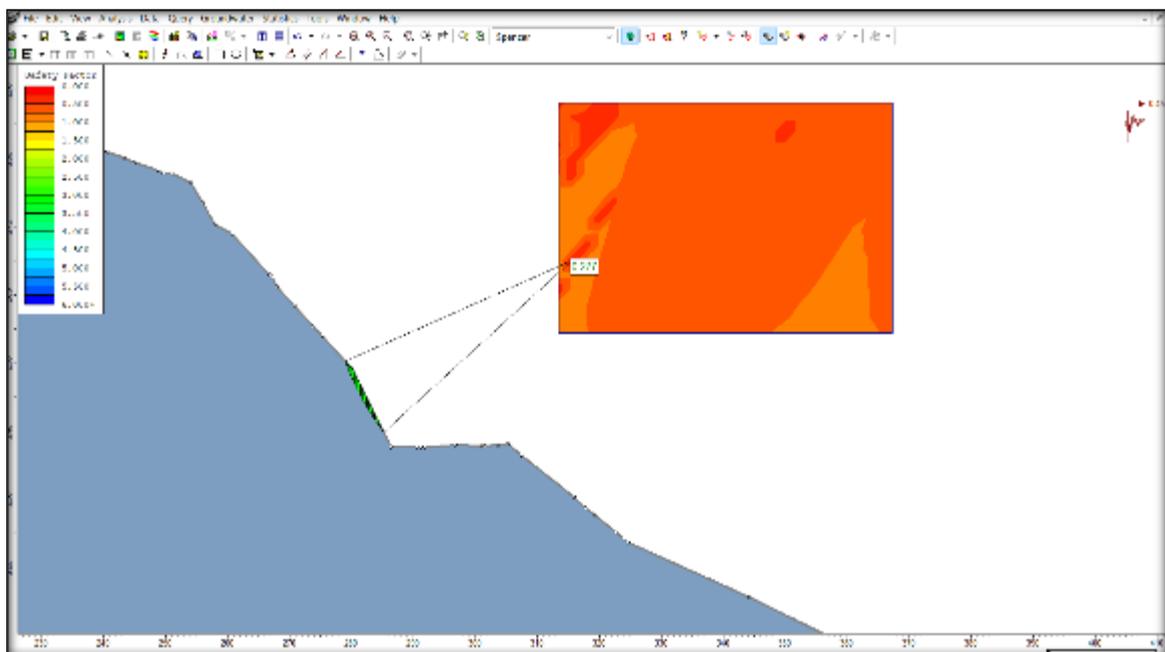
FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 03

FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



Fuente: elaboración propia.

ESTACION 01

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis estático. método de equilibrio limite.

Figura 01.

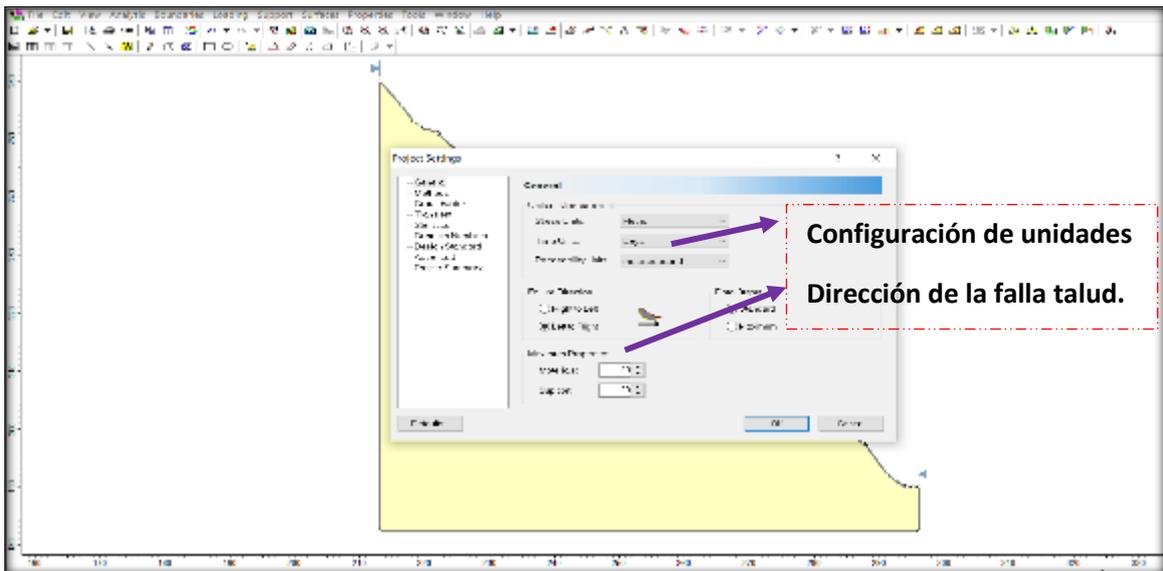
Importación del perfil.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 02

Configuración del proyecto.

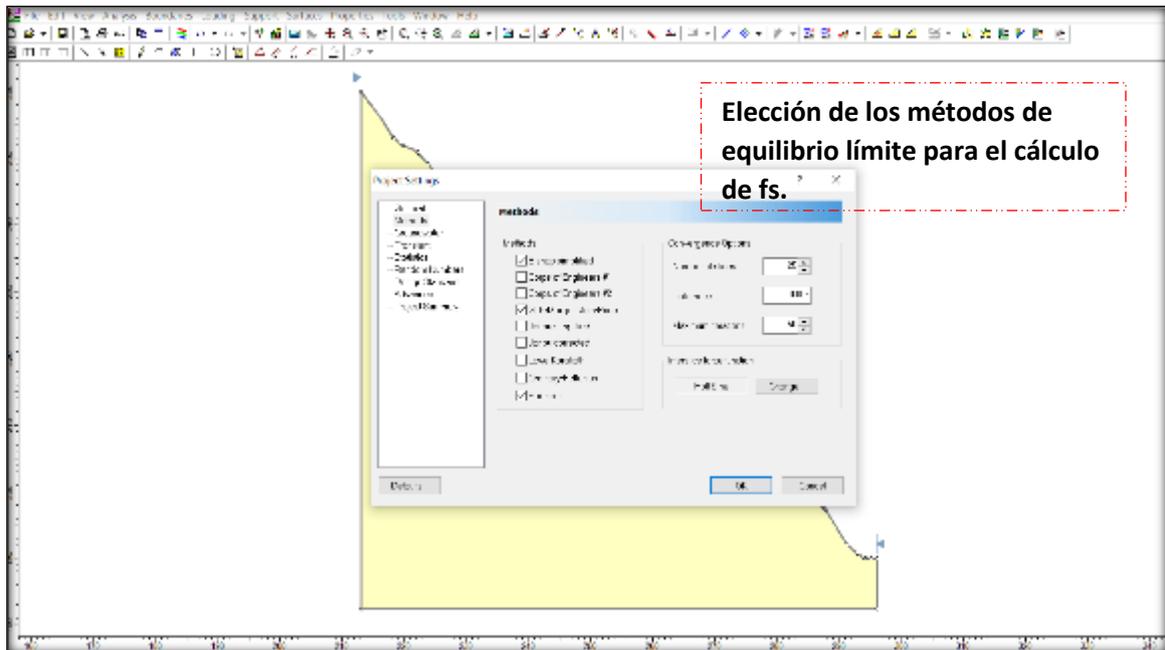


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 02

Figura N° 03

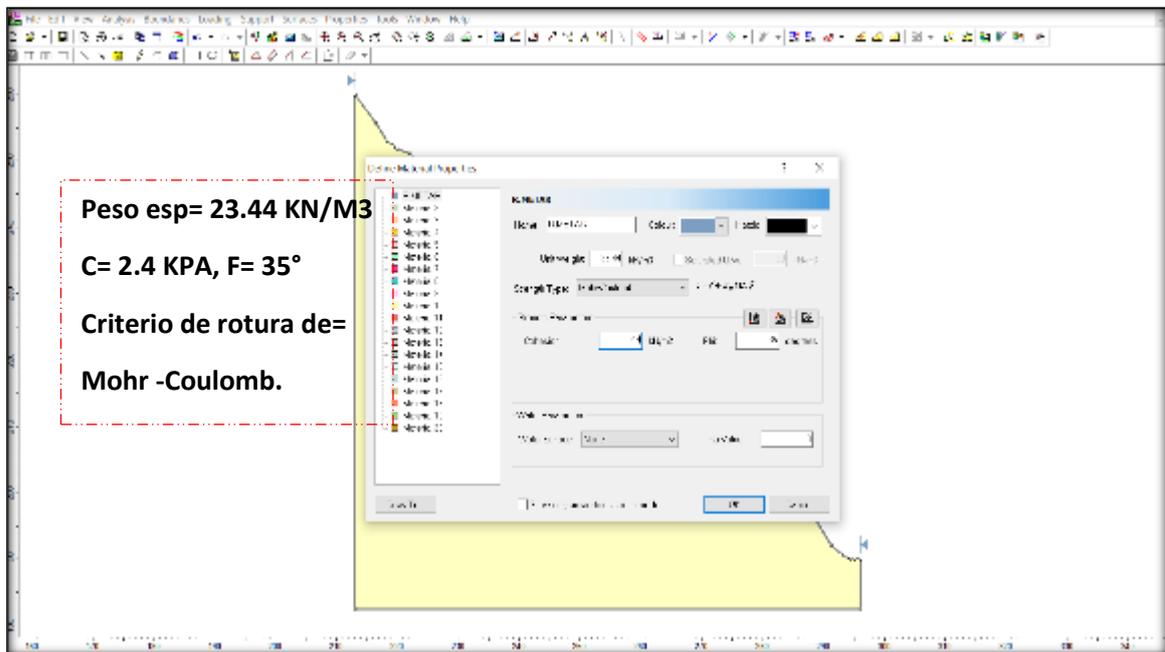
Elección de métodos de equilibrio límite.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 04

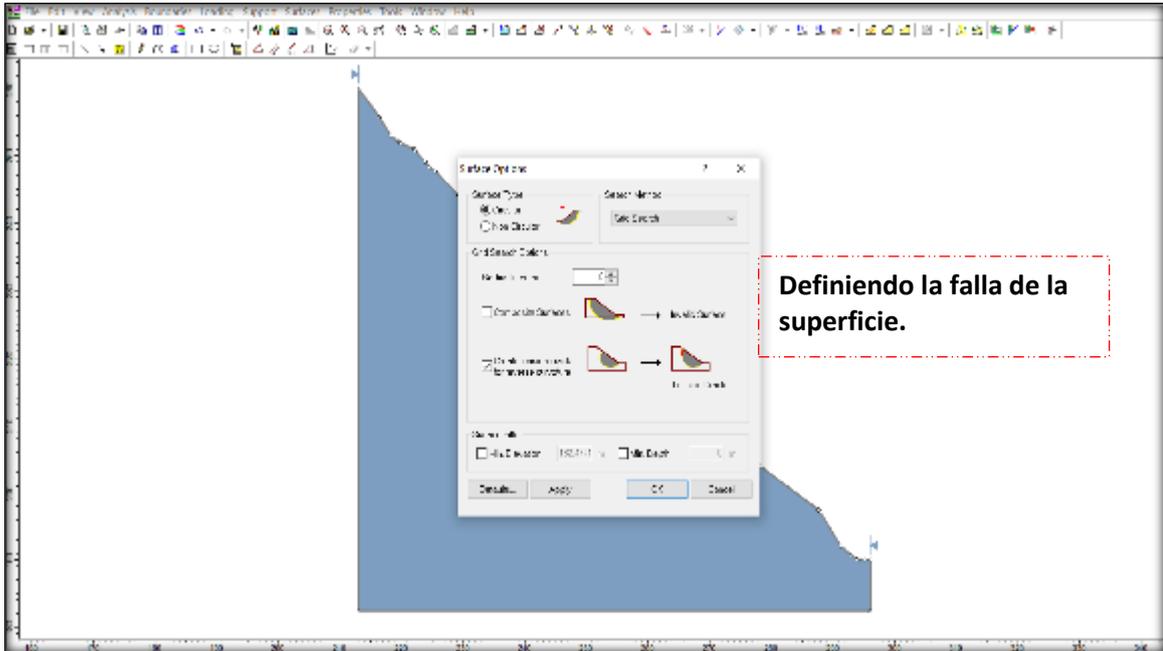
Insertando las propiedades de la muestra.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 05

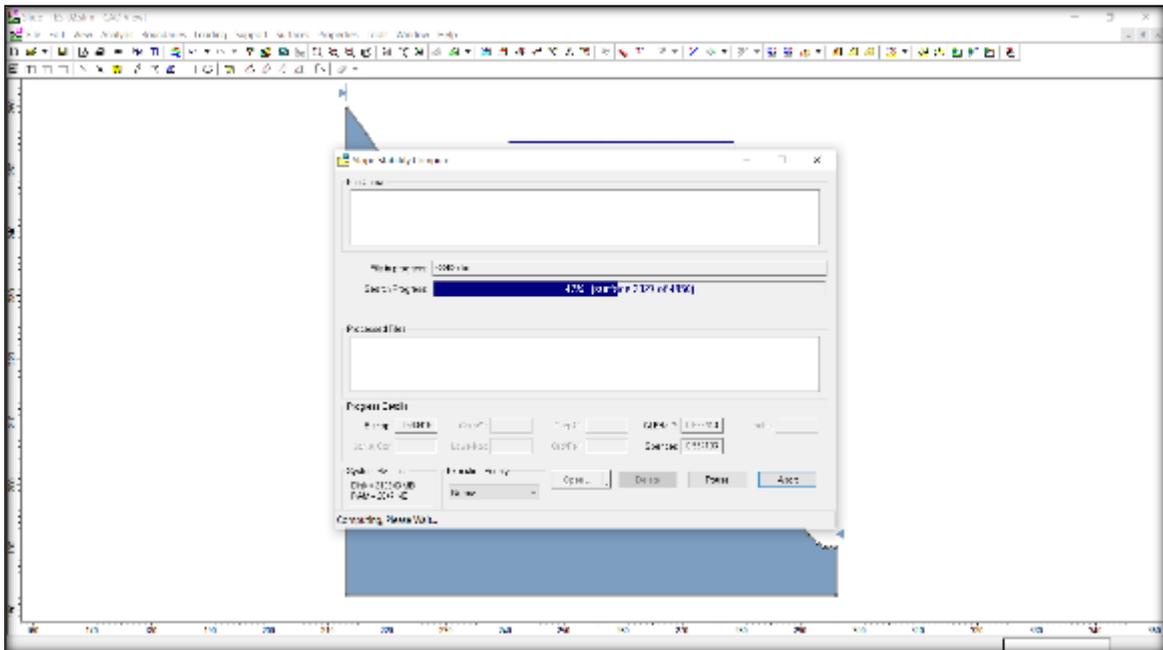
Definición de la falla de la superficie circular o no circular.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 06.

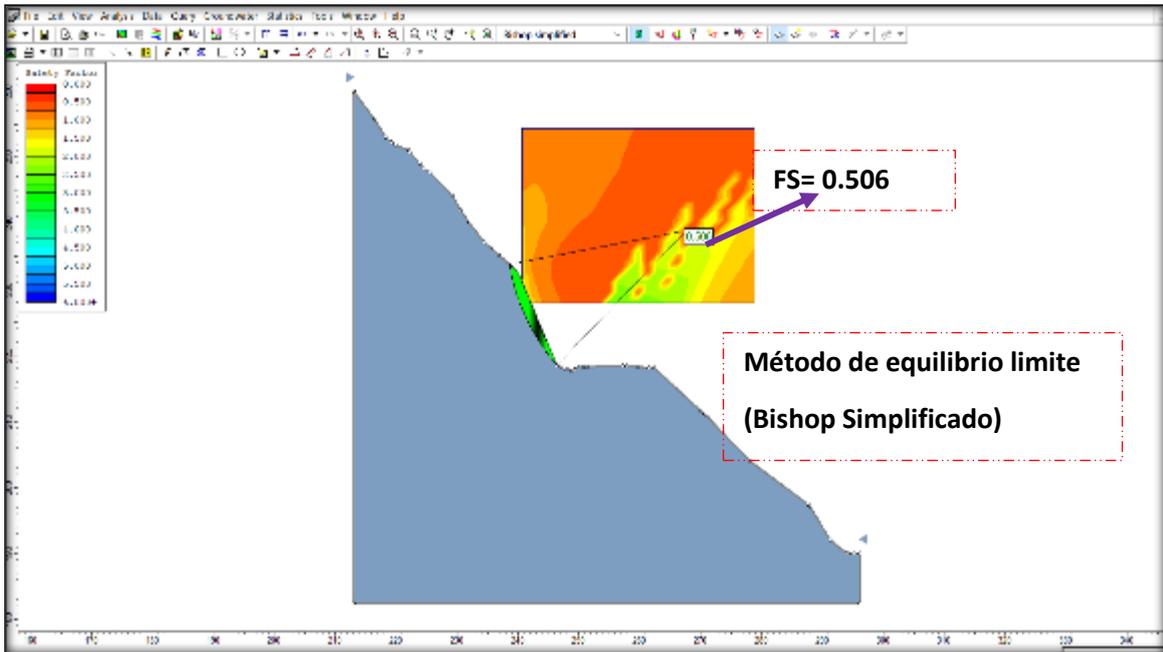
Procesando los datos en programa SLIDE.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 07.

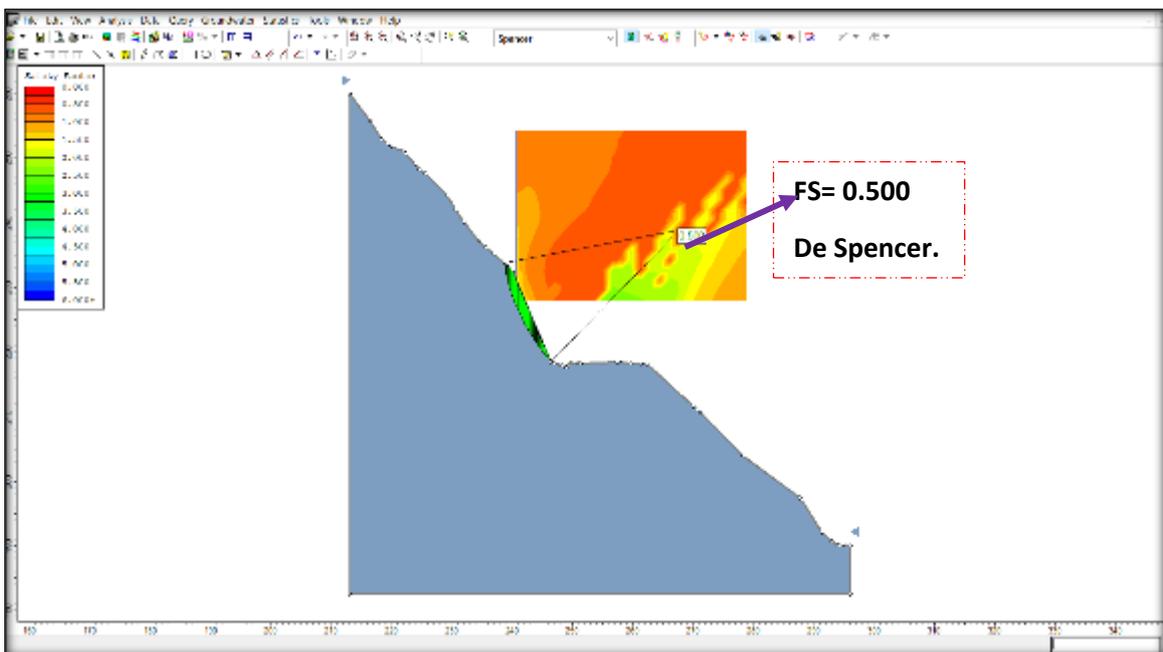
Factor de seguridad obtenido por software en uno de métodos de equilibrio limite elegido.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 08.

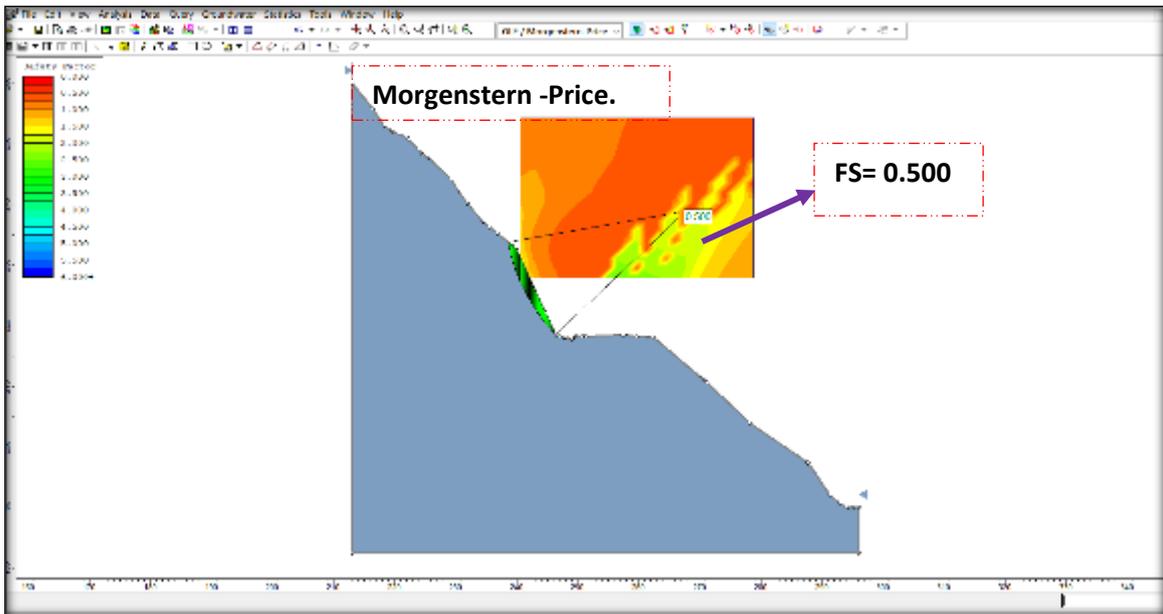
Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 09.

Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido.

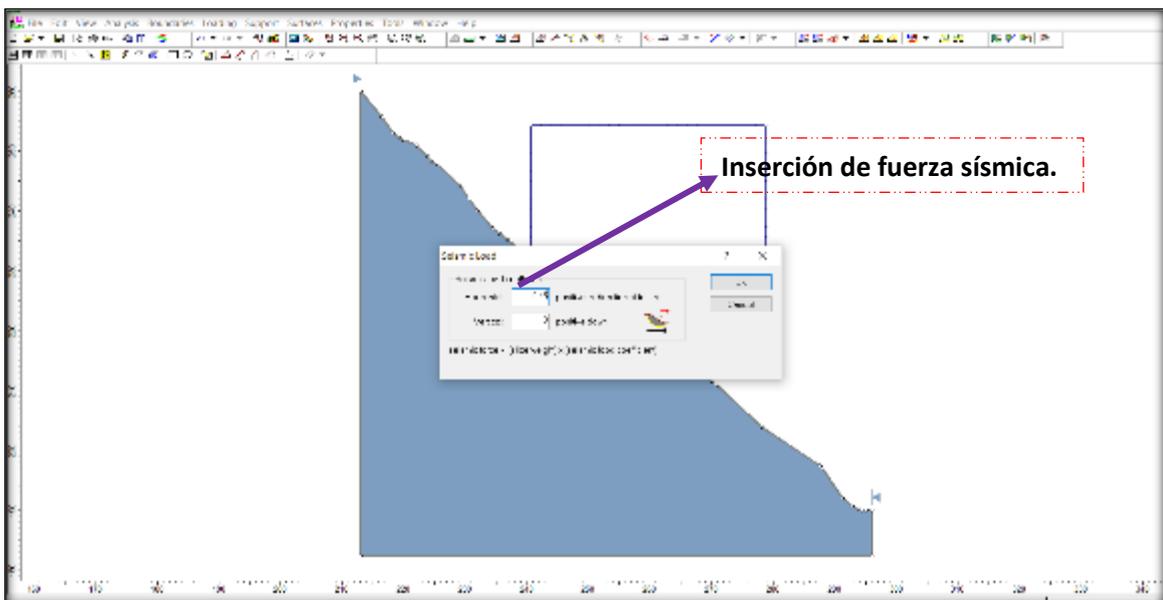


Fuente: elaboración propia.

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis dinámico. método de equilibrio limite.

Figura N° 01

Insertando la fuerza sísmica 0.45 para nuestra zona según (NTP E 0.30)

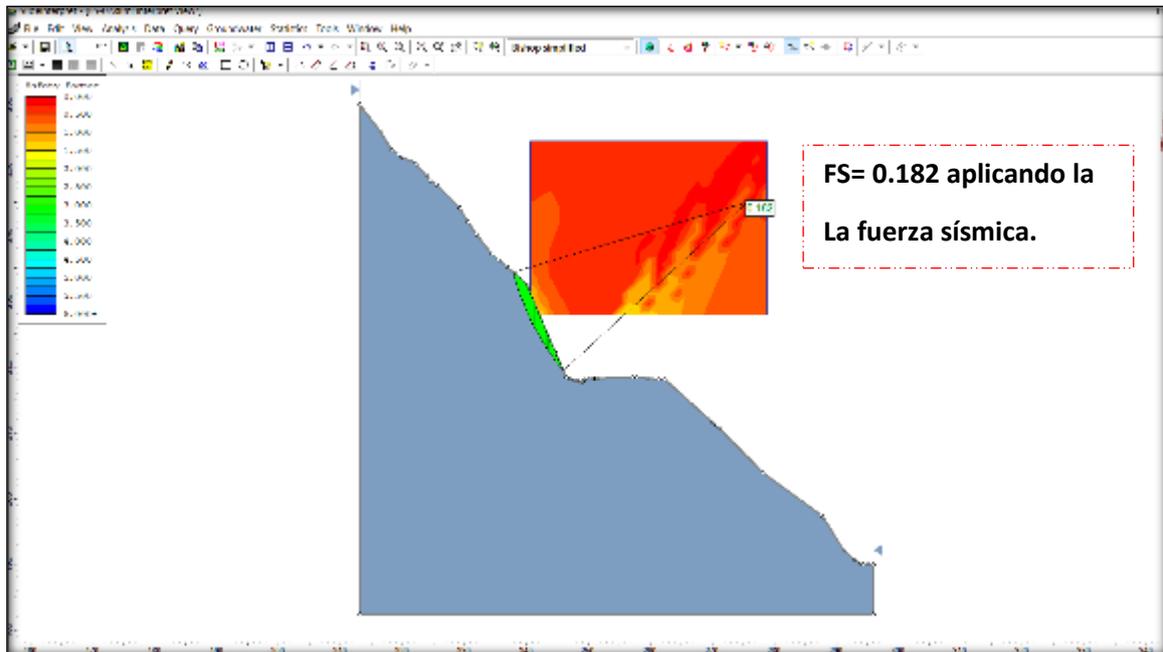


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 02

Figura N° 02.

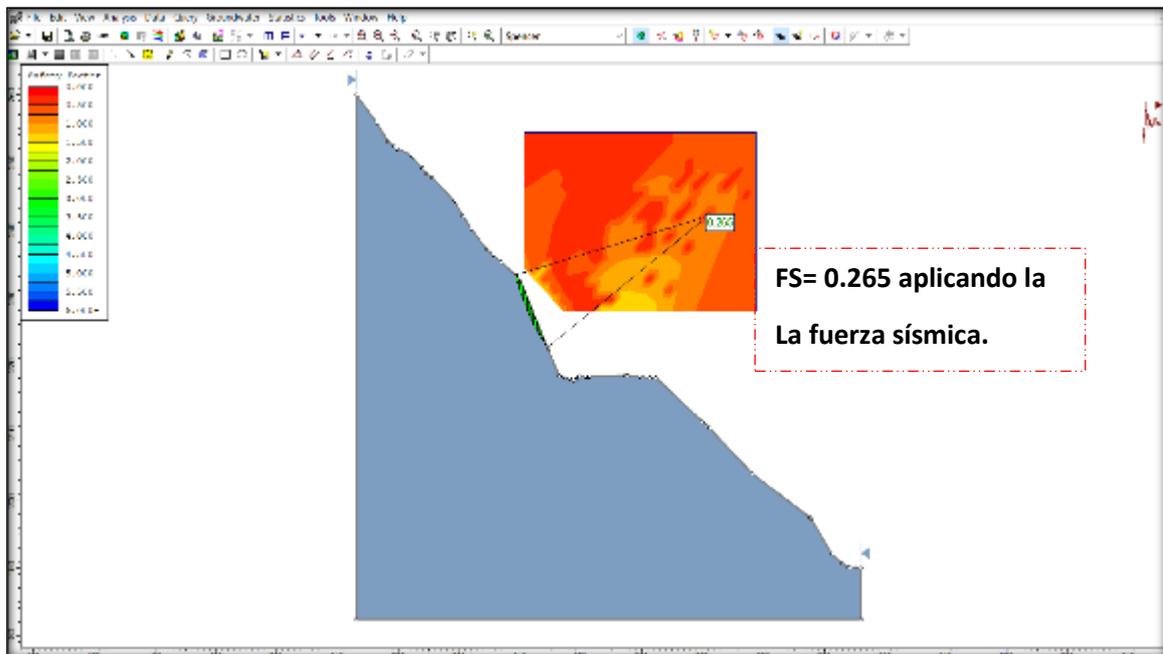
FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 03.

FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



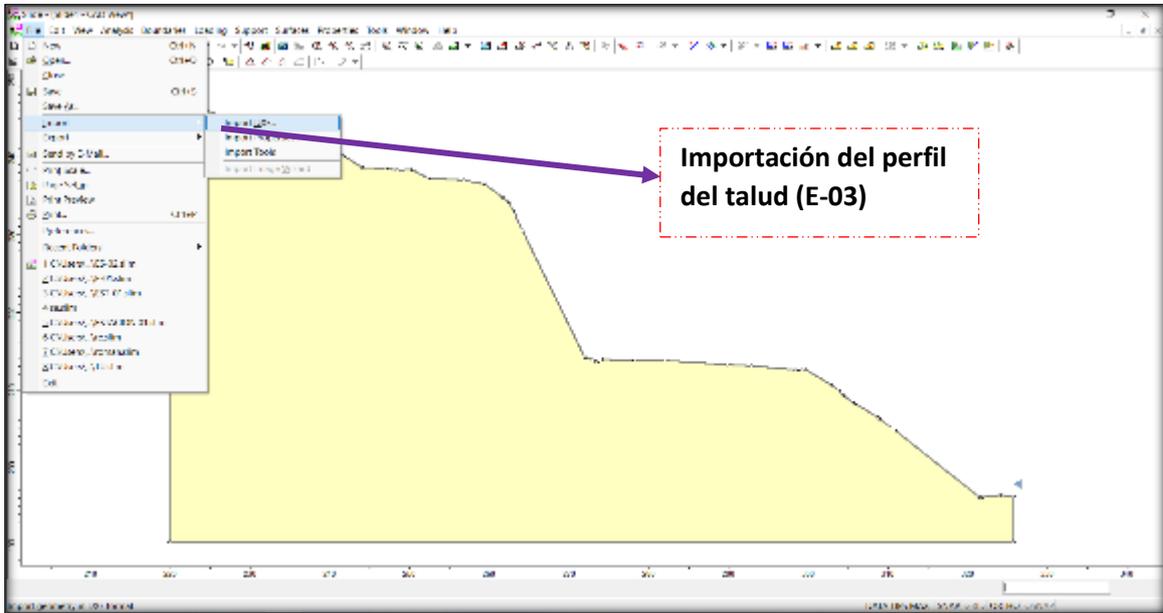
Fuente: elaboración propia.

ESTACION 02

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis estático. método de equilibrio limite.

Figura 01

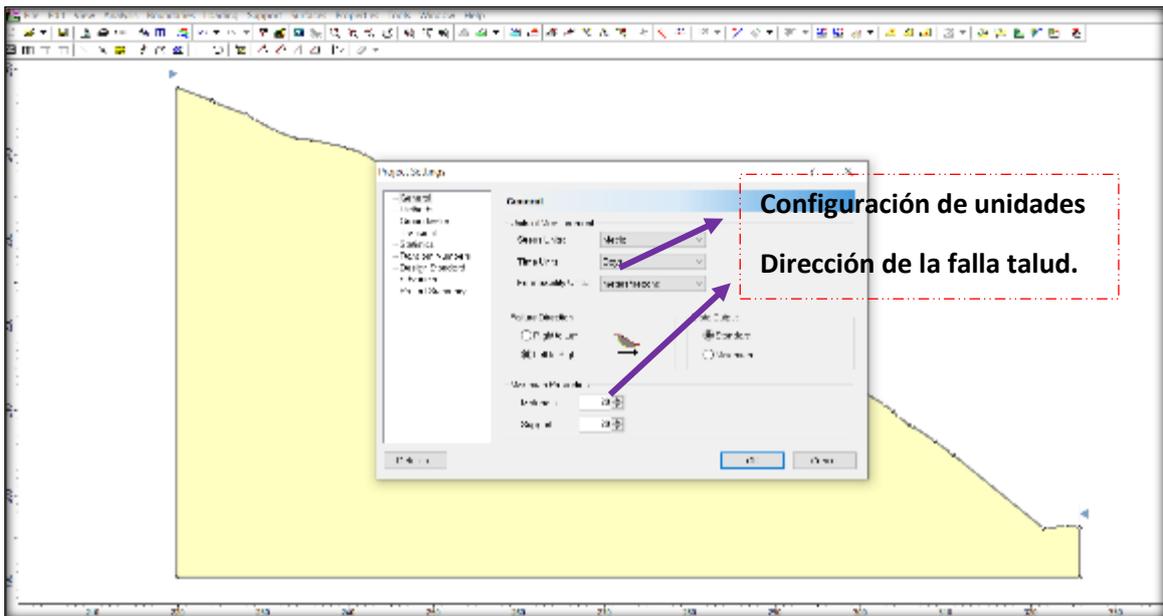
Importación de perfil.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 02

Configuración del proyecto.

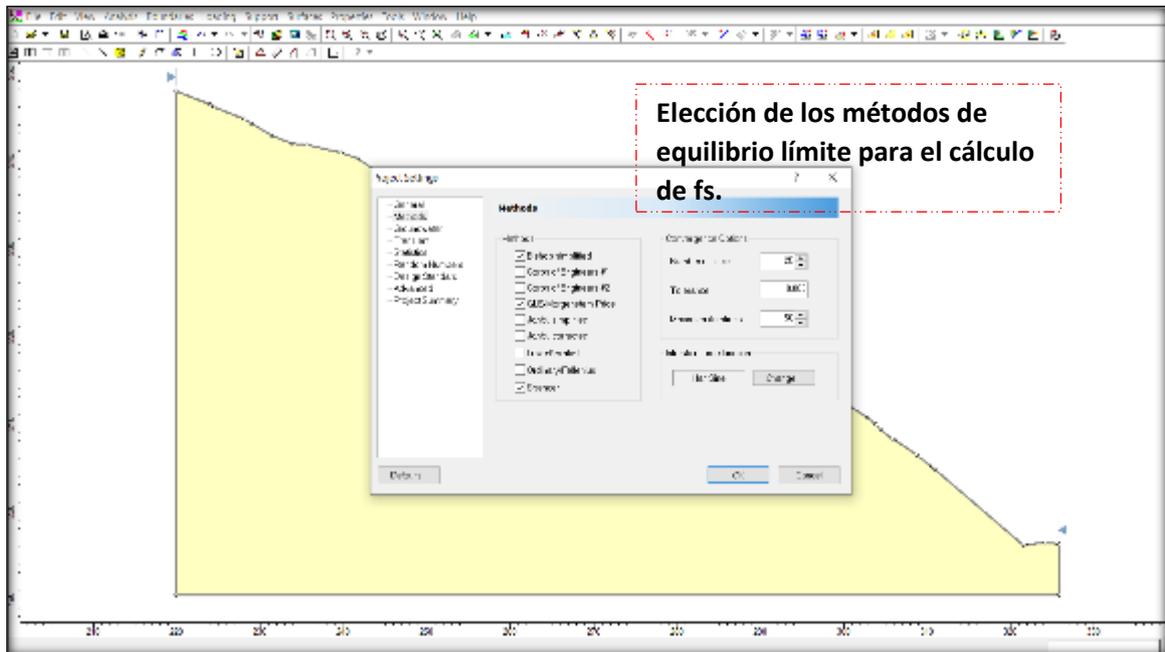


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 03

Figura N° 03.

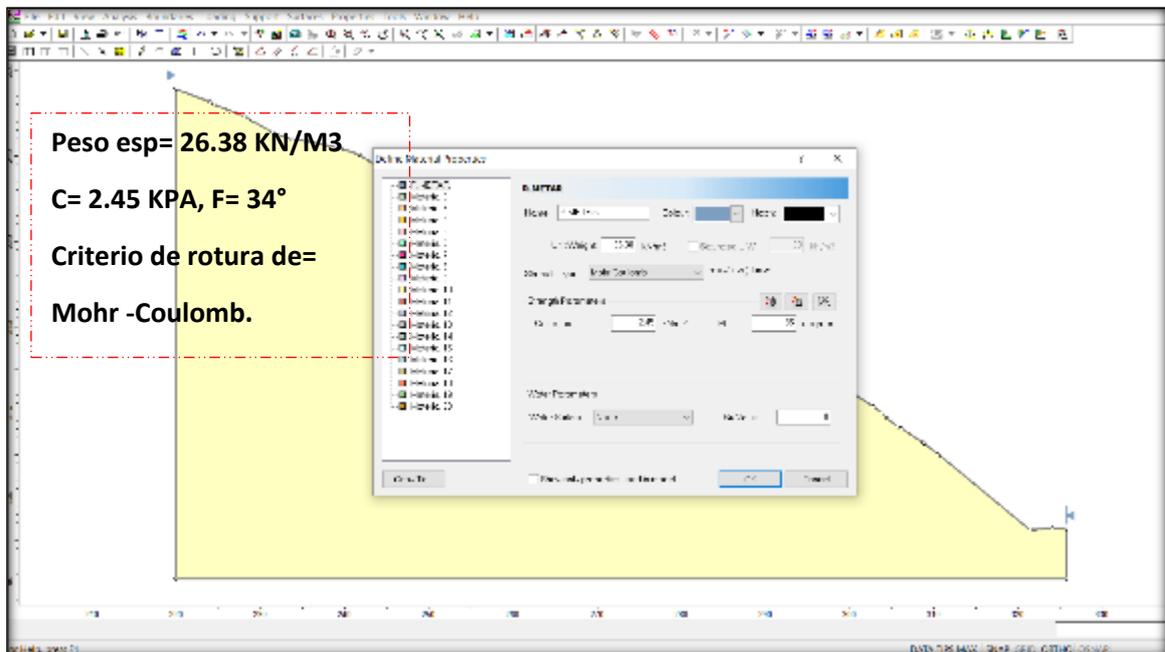
Elección de métodos de equilibrio límite.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 04.

Insertando las propiedades de la muestra.

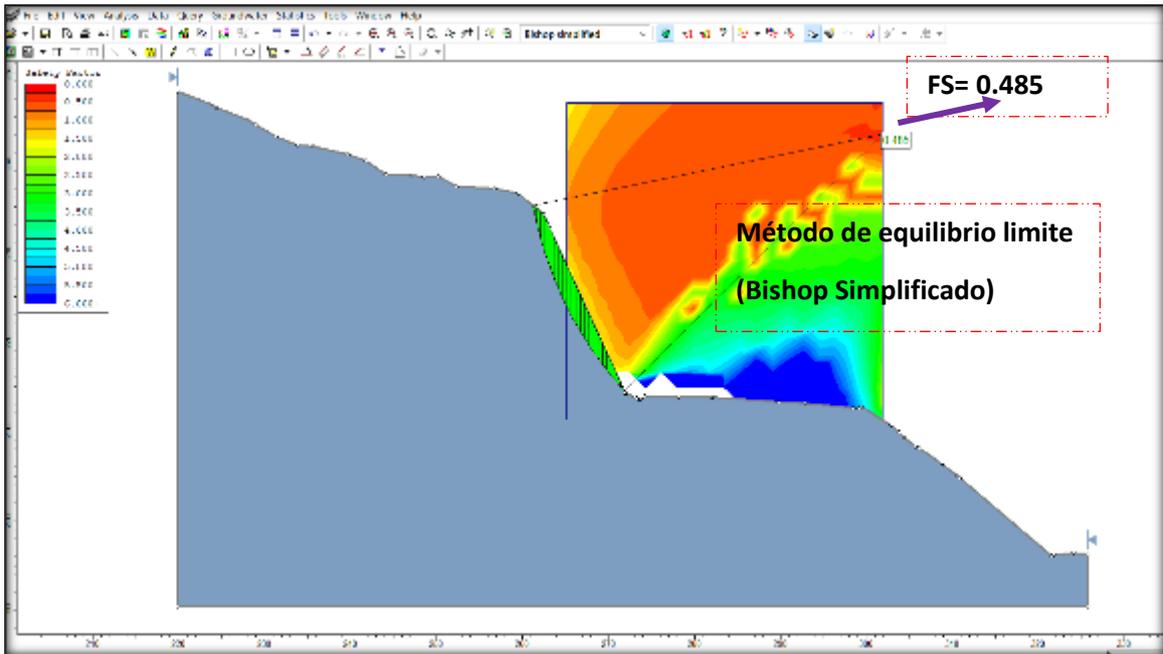


Fuente: elaboración propia.

Figura N° 05.

Figura N° 07.

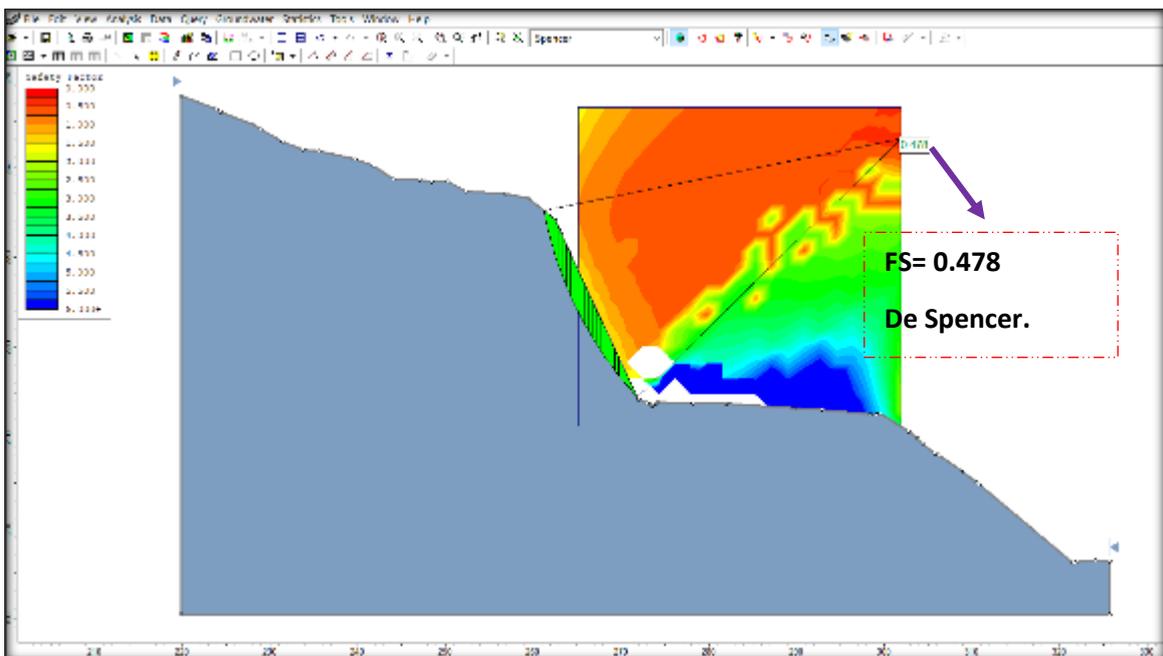
Factor de seguridad obtenido por software en uno de métodos de equilibrio limite elegido.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 08.

Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido.

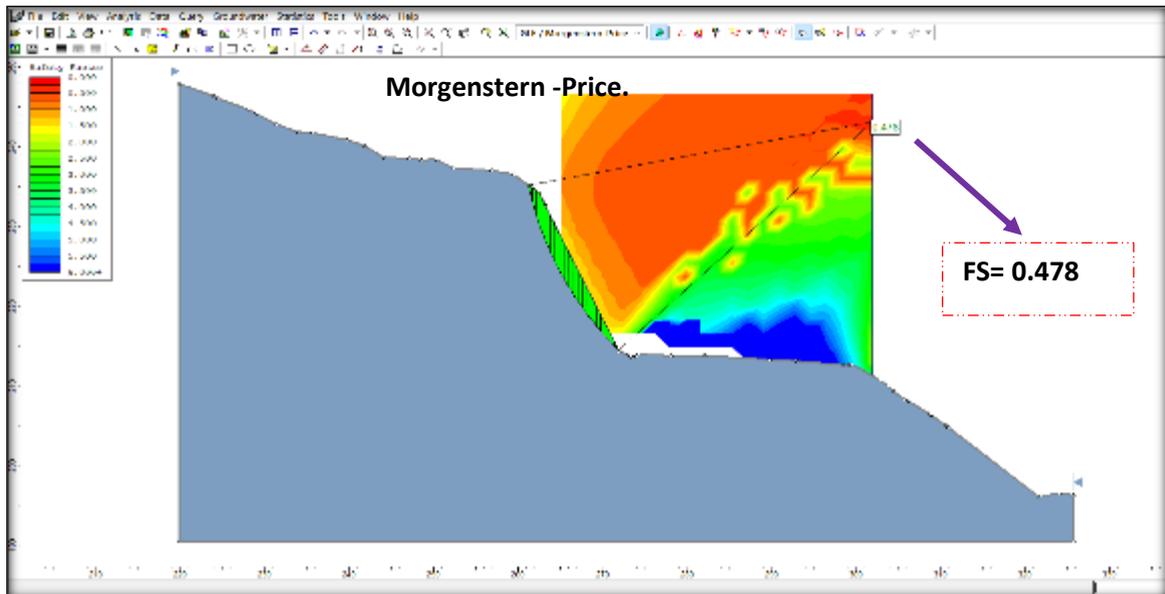


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 03

Figura N° 09.

Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido.

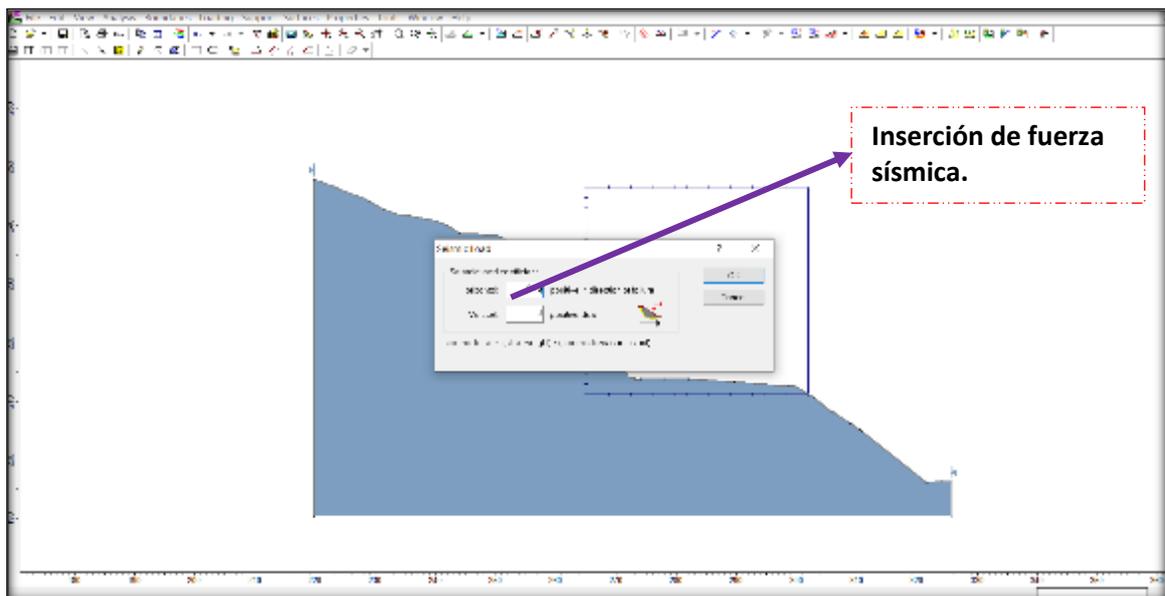


Fuente: elaboración propia.

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis dinámico. método de equilibrio limite.

Figura N° 01

Insertando la fuerza sísmica 0.45 para nuestra zona según (NTP E 0.30).

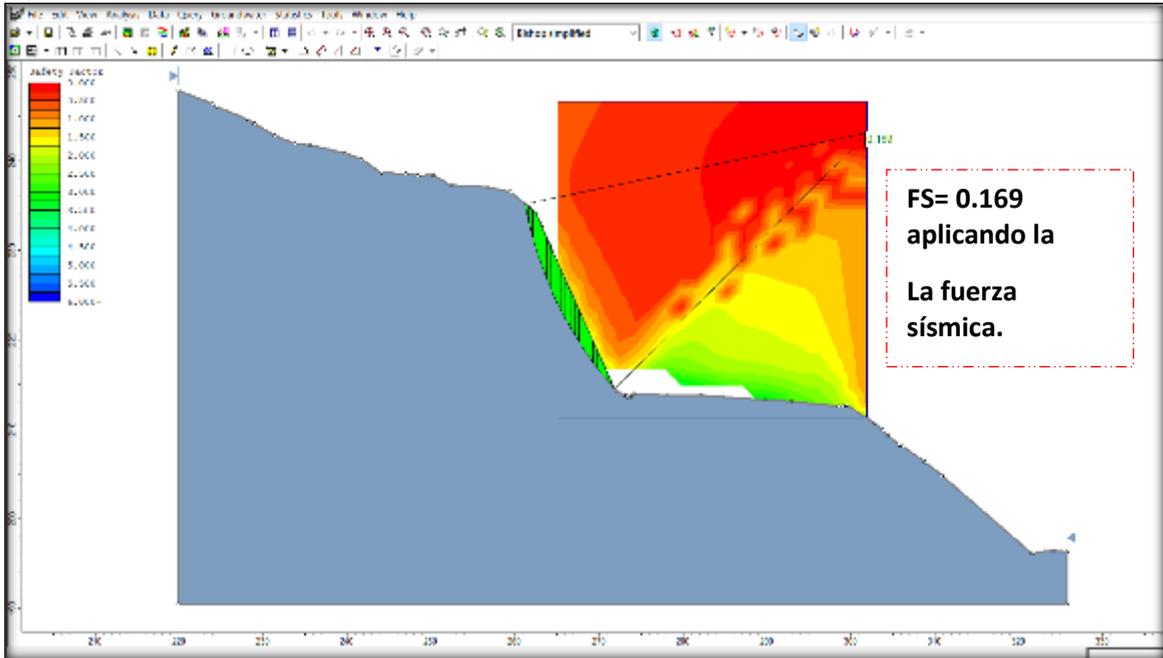


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 03

Figura N° 02.

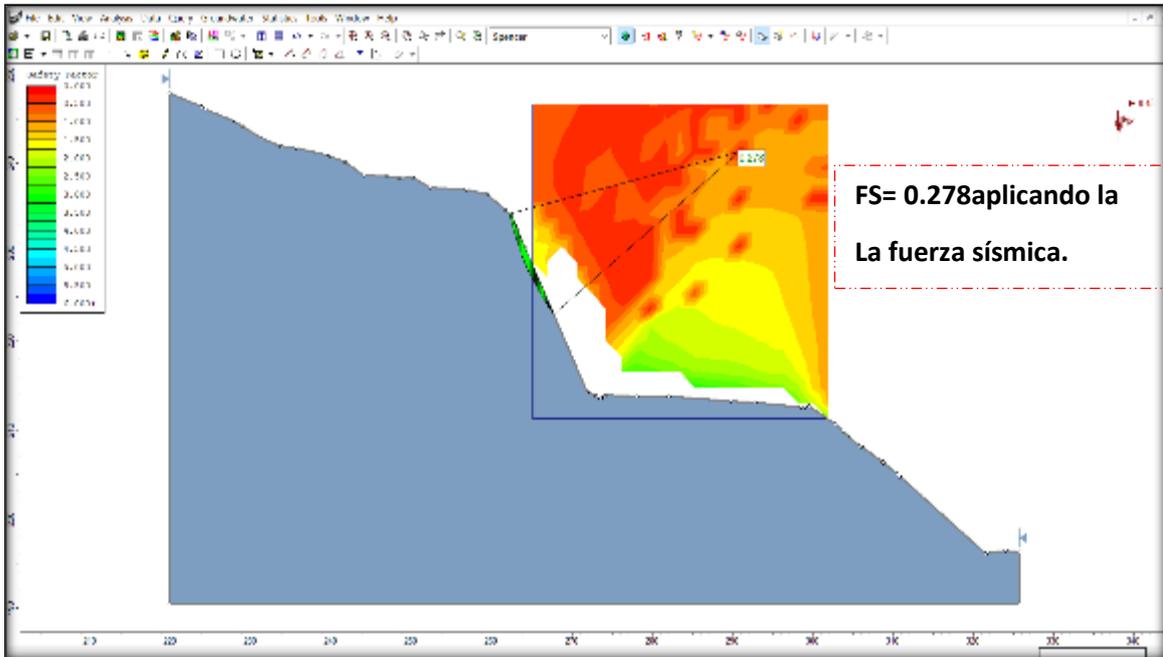
FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 03.

FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



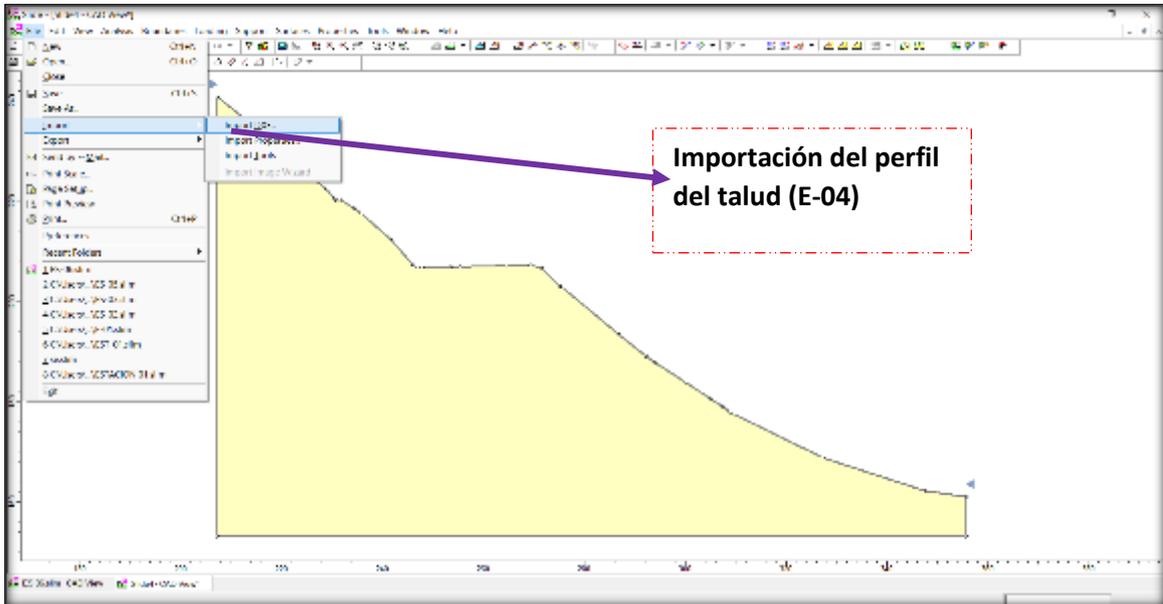
Fuente: elaboración propia.

ESTACION 03

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis estático. método de equilibrio limite.

Figura N° 01.

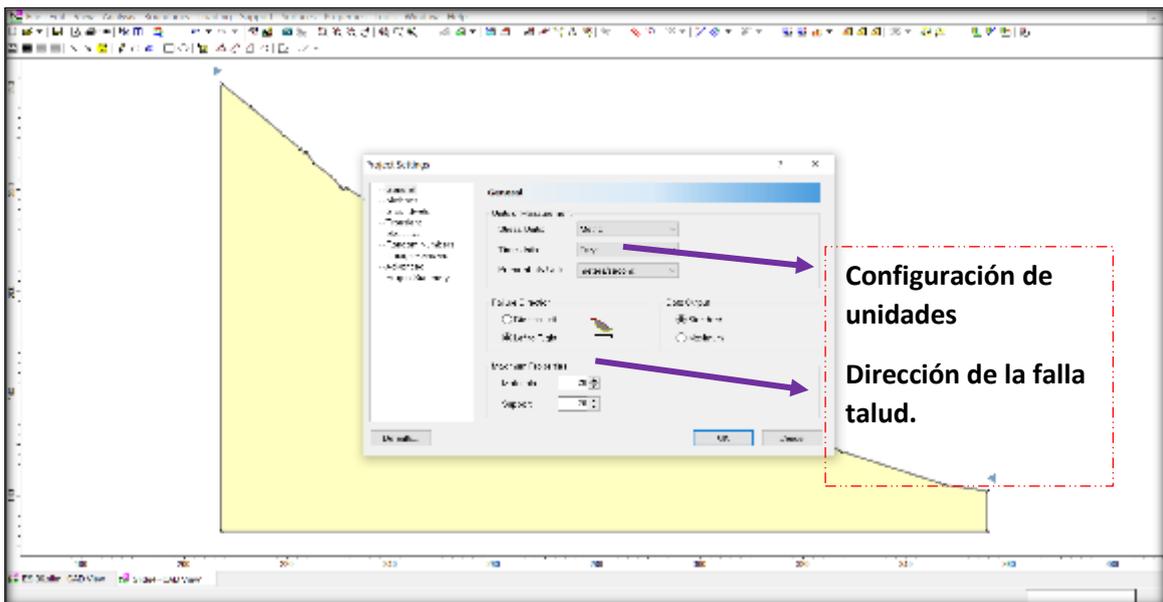
Importación de perfil.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 02

Configuración del proyecto.

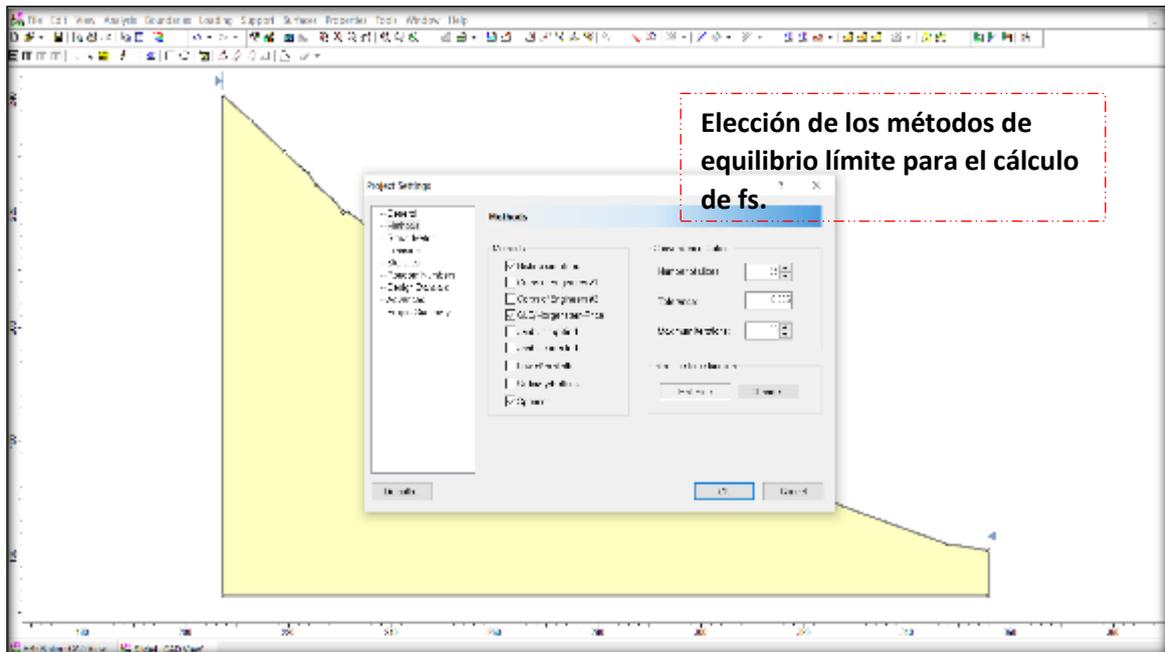


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 04

Figura N° 03.

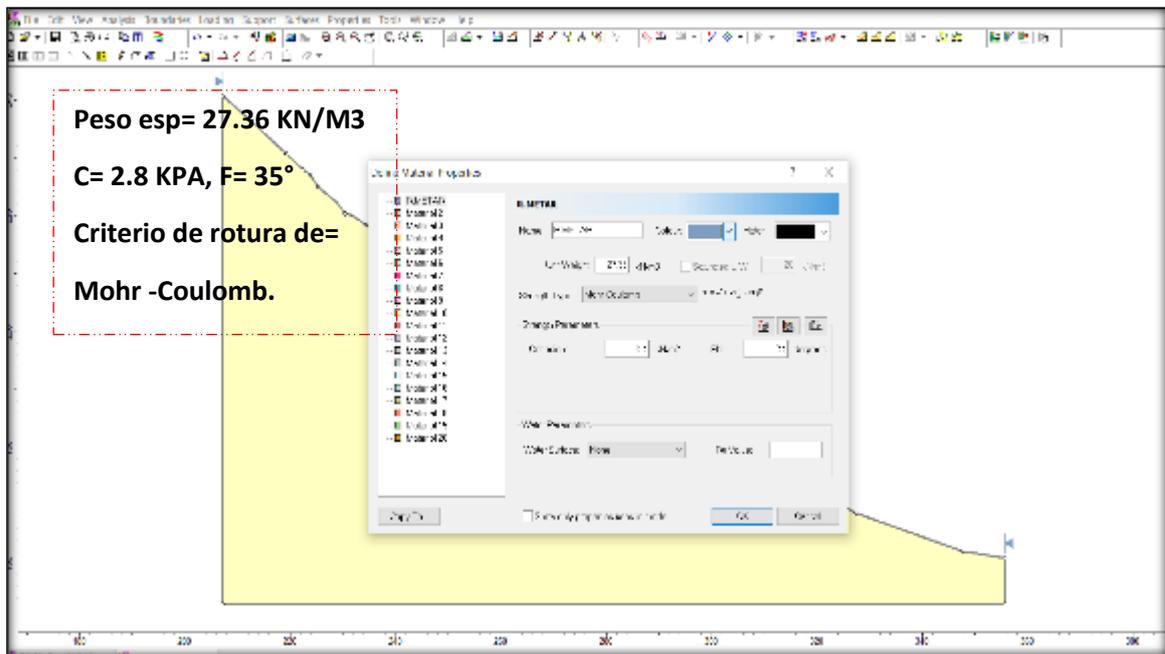
Elección de métodos de equilibrio límite.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 04.

Insertando las propiedades de la muestra.

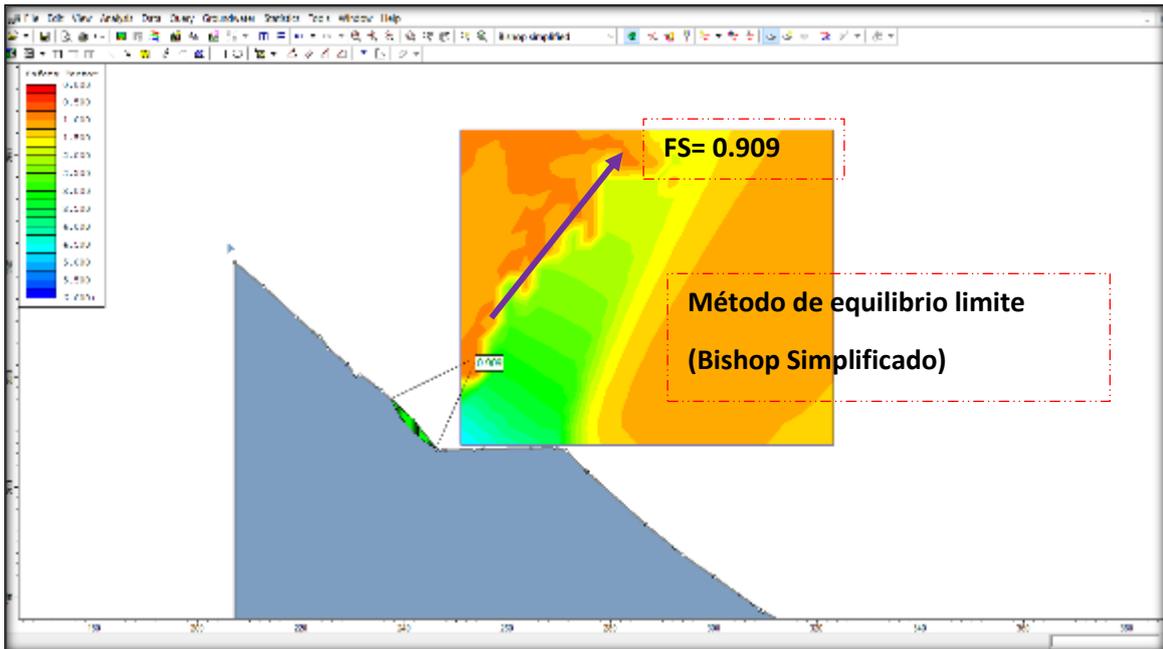


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 04

Figura N° 07.

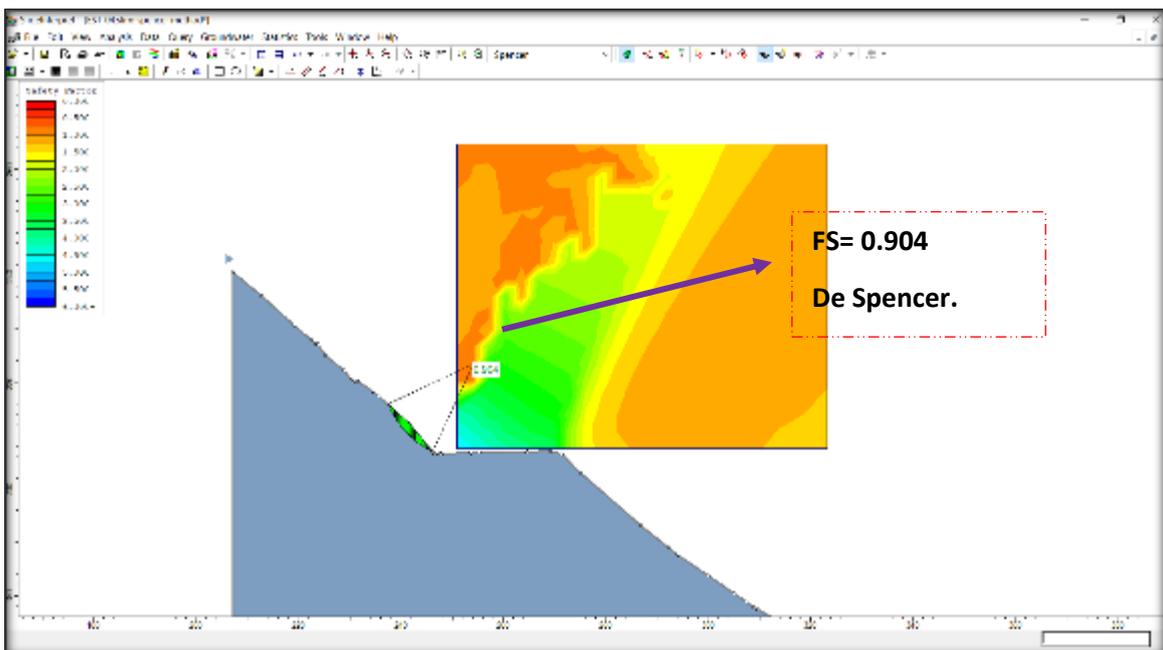
Factor de seguridad obtenido por software en uno de métodos de equilibrio limite elegido.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 08.

Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido.

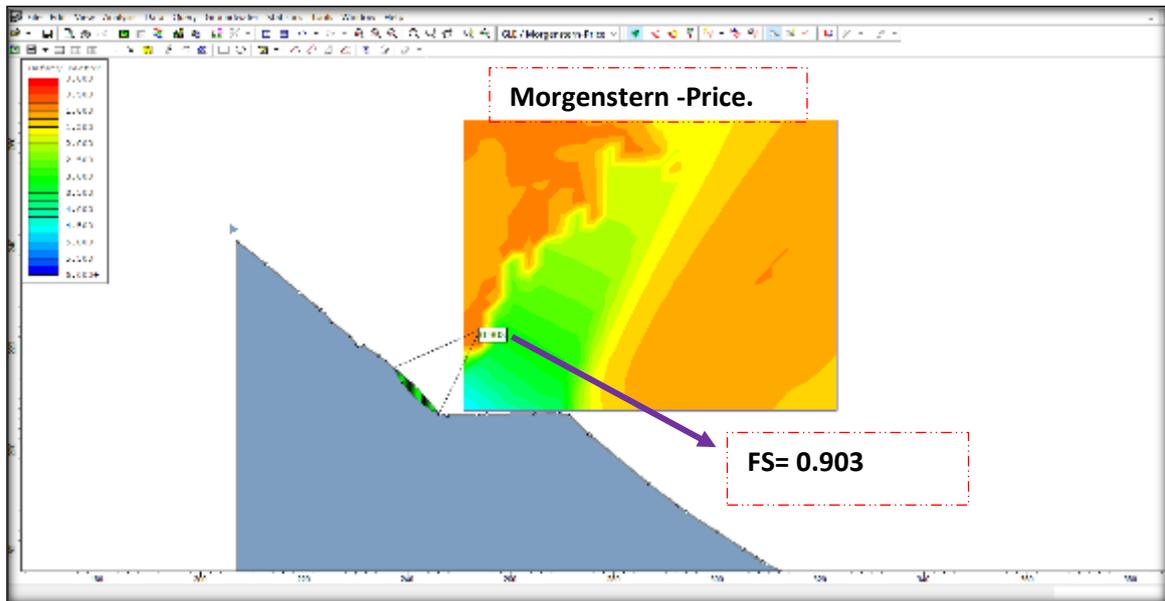


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 04

Figura N° 09.

Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido.

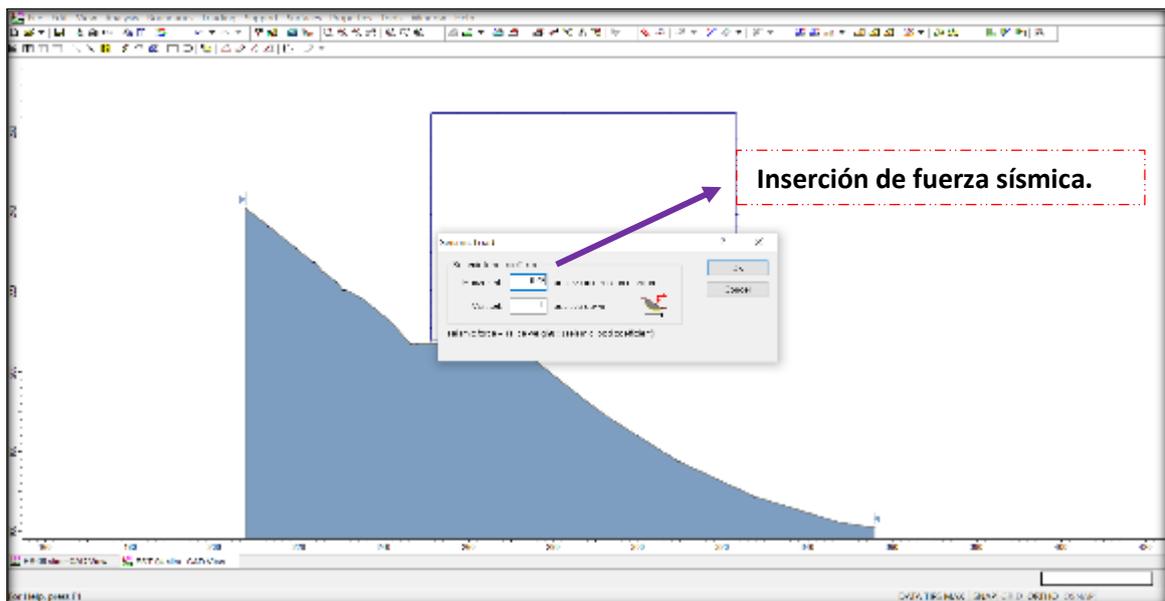


Fuente: elaboración propia.

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis dinámico. método de equilibrio limite.

Figura N° 01

Insertando la fuerza sísmica 0.45 para nuestra zona según (NTP E 0.30).

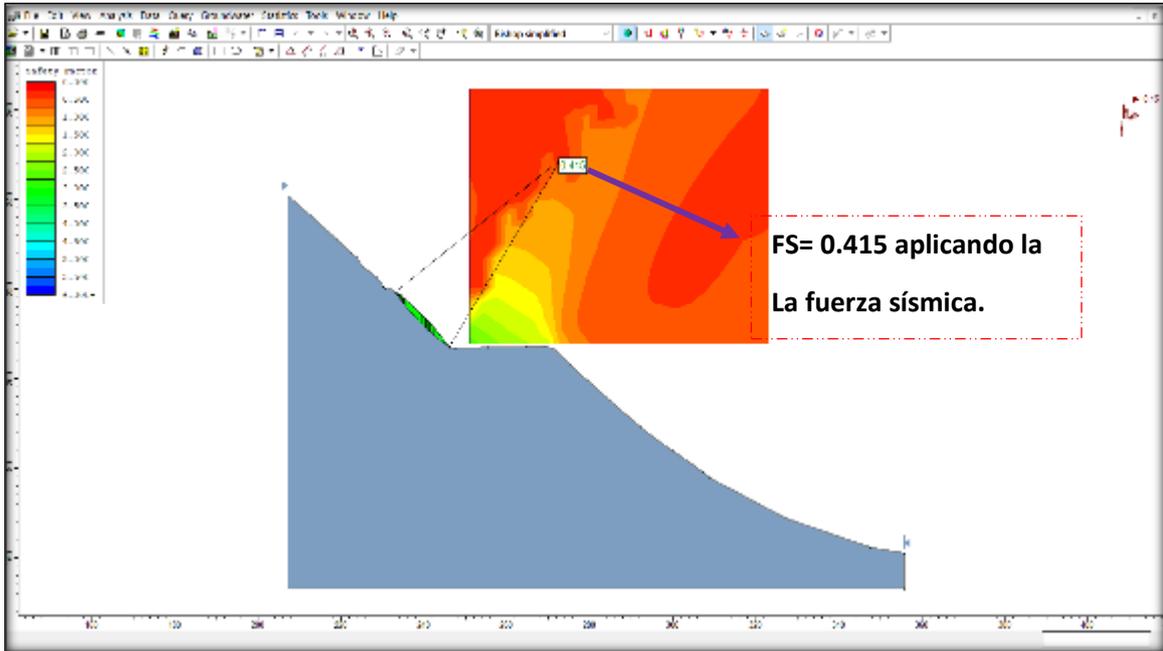


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 04

Figura N° 02.

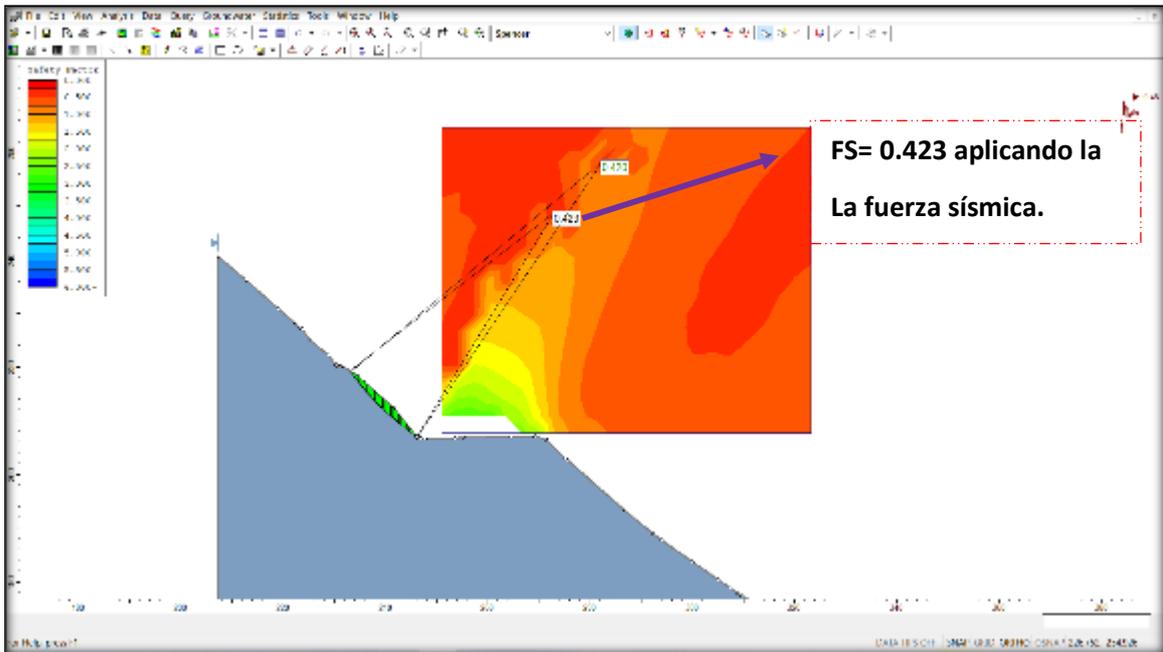
FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 03.

FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



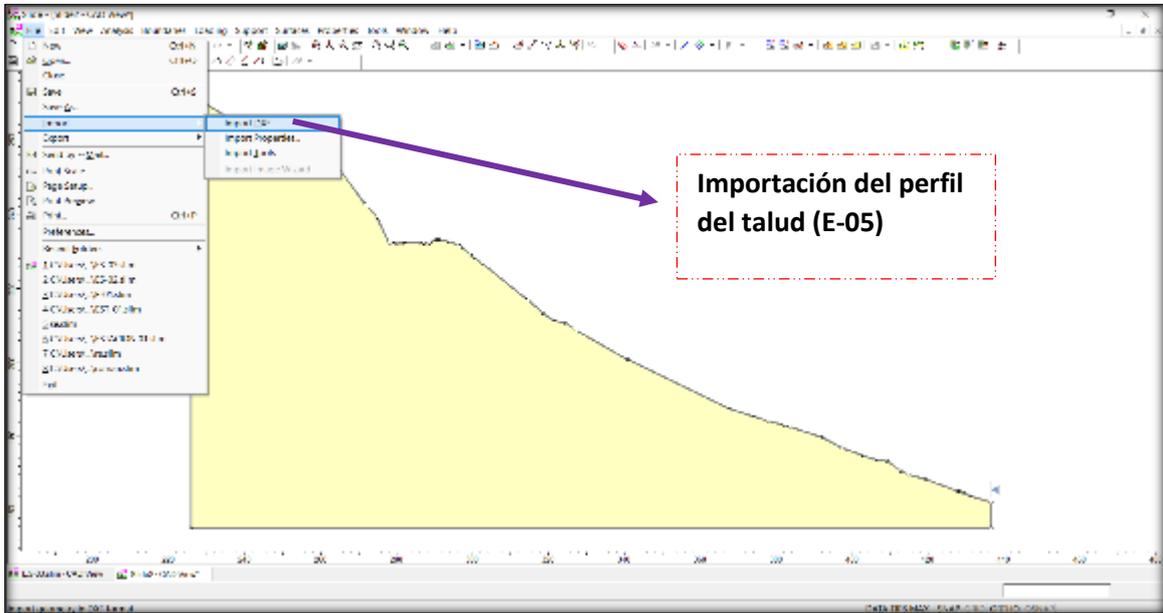
Fuente: elaboración propia.

ESTACION 04

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis estático. método de equilibrio limite.

Figura N° 01.

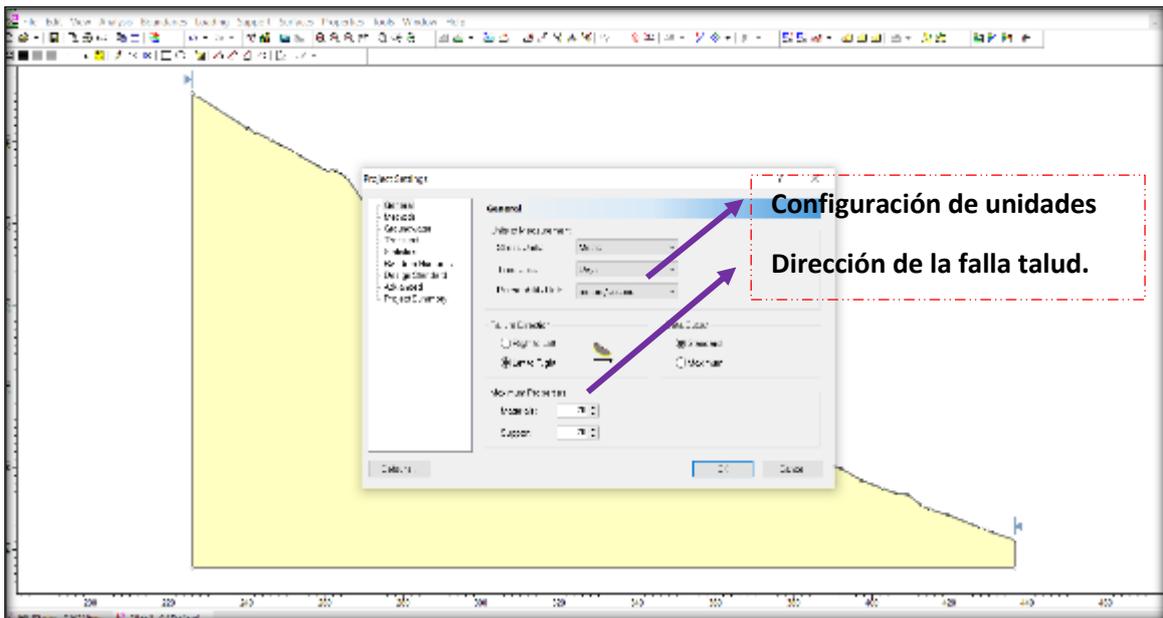
Importación de perfil.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 02

Configuración del proyecto.

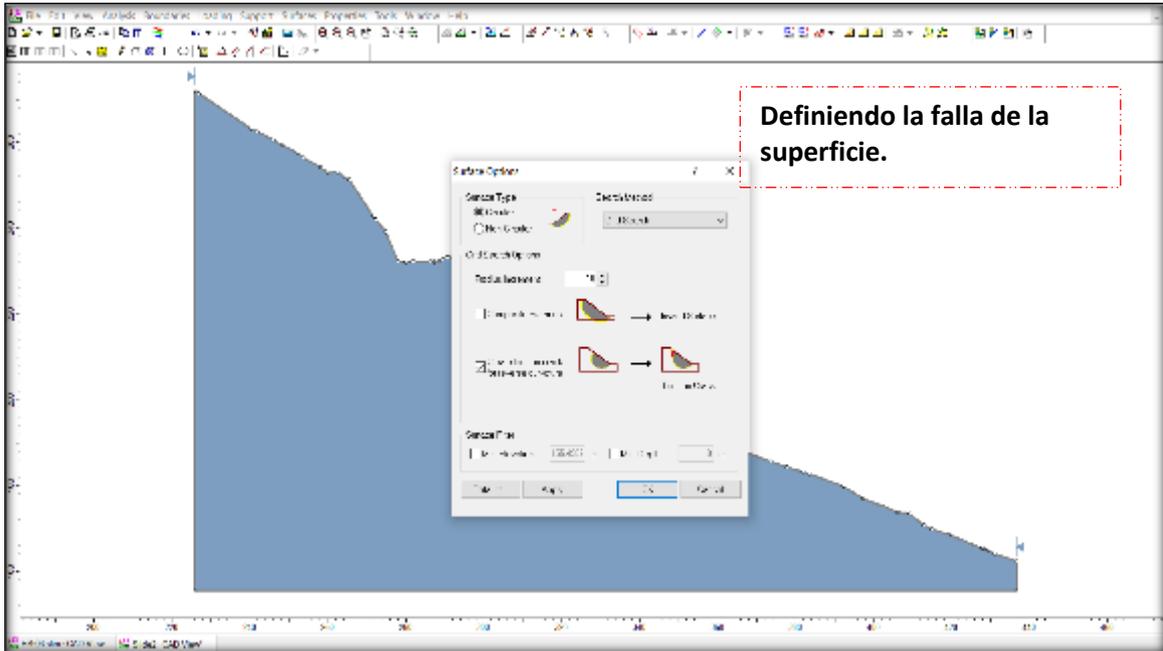


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 05

Figura N° 05.

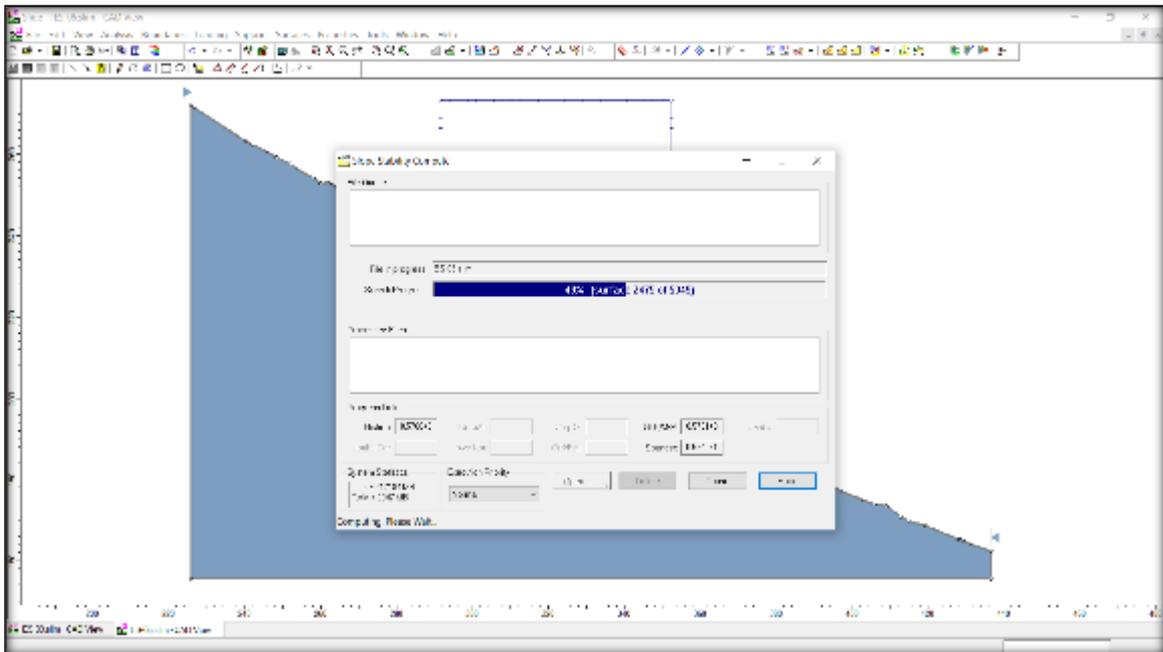
Definición de la falla de la superficie circular o no circular.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 06.

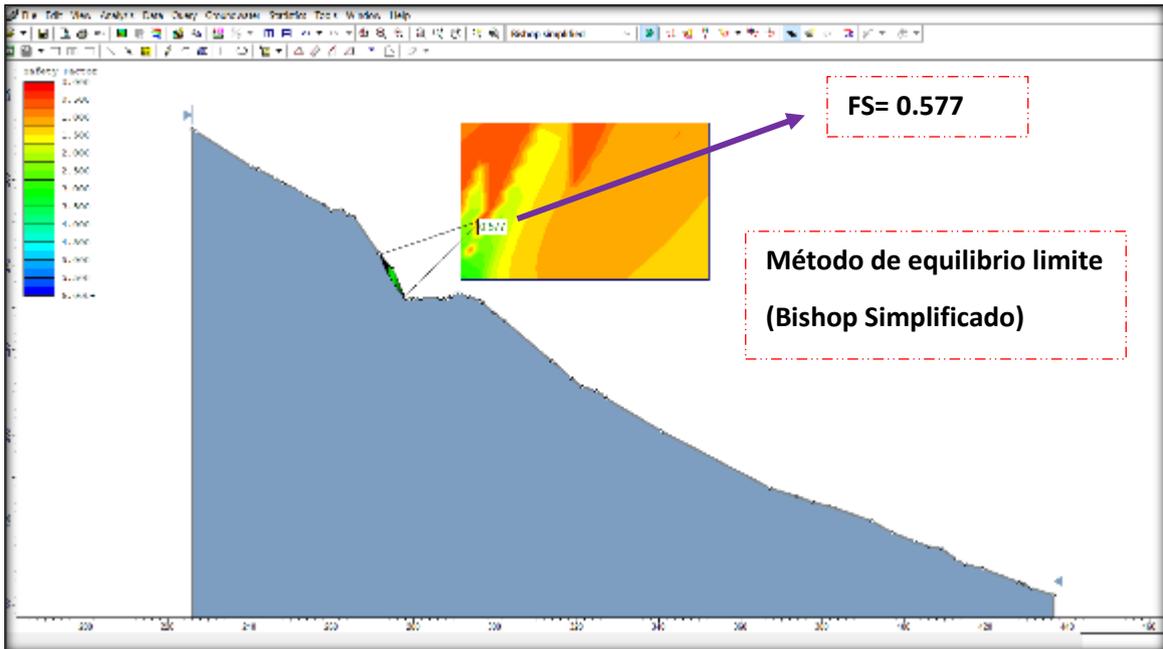
Procesando los datos en programa SLIDE



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 07.

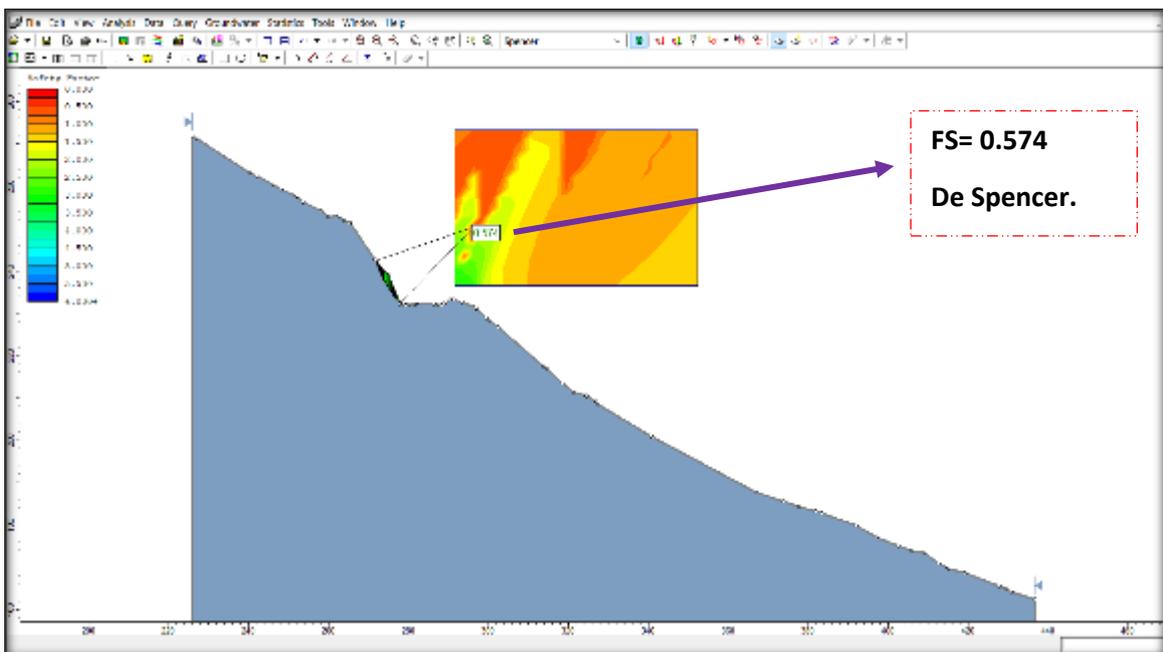
Factor de seguridad obtenido por software en uno de métodos de equilibrio limite elegido.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 08.

Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido.

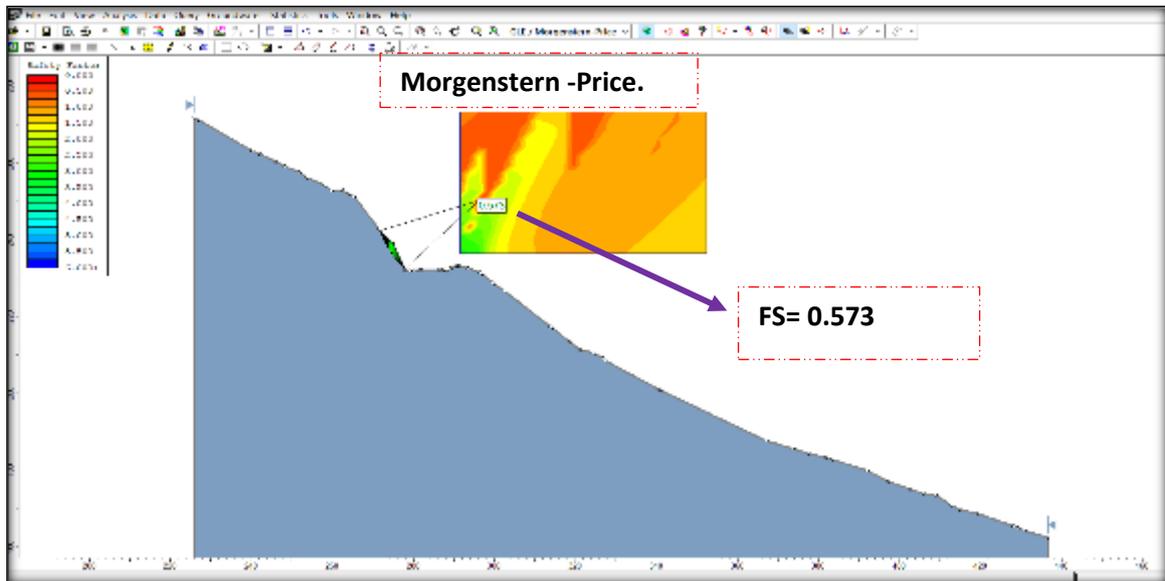


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 05

Figura N° 09.

Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido.

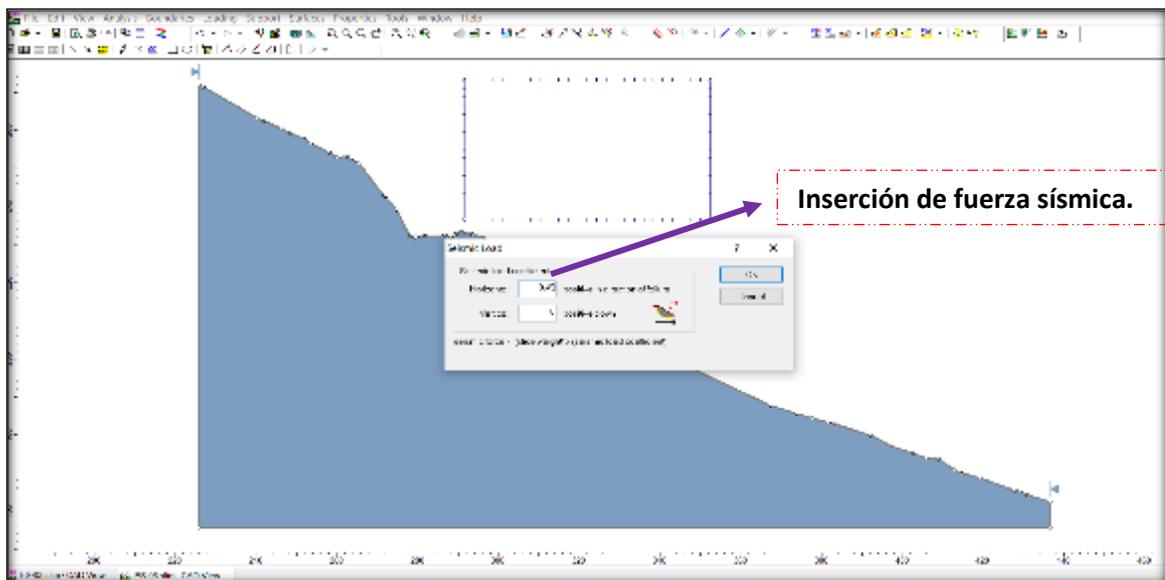


Fuente: elaboración propia.

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis dinámico. método de equilibrio limite.

Figura N° 01

Insertando la fuerza sísmica 0.45 para nuestra zona según (NTP E 0.30).

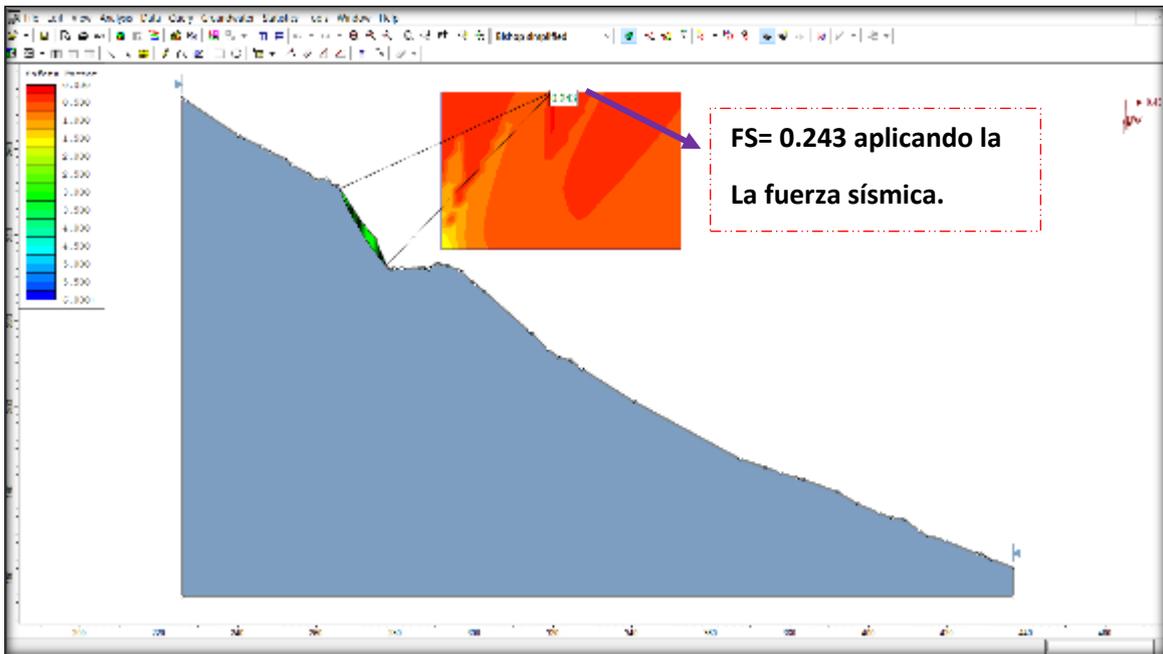


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 05

Figura N° 02.

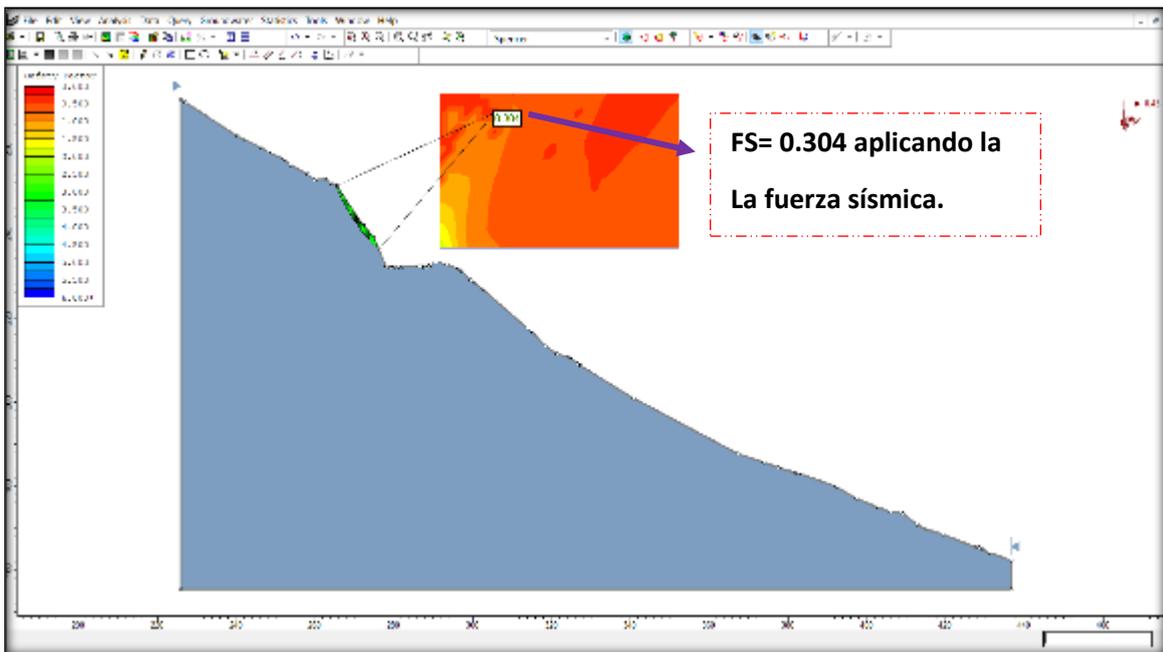
FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 03.

FS arrojado insertando la fuerza sísmica.

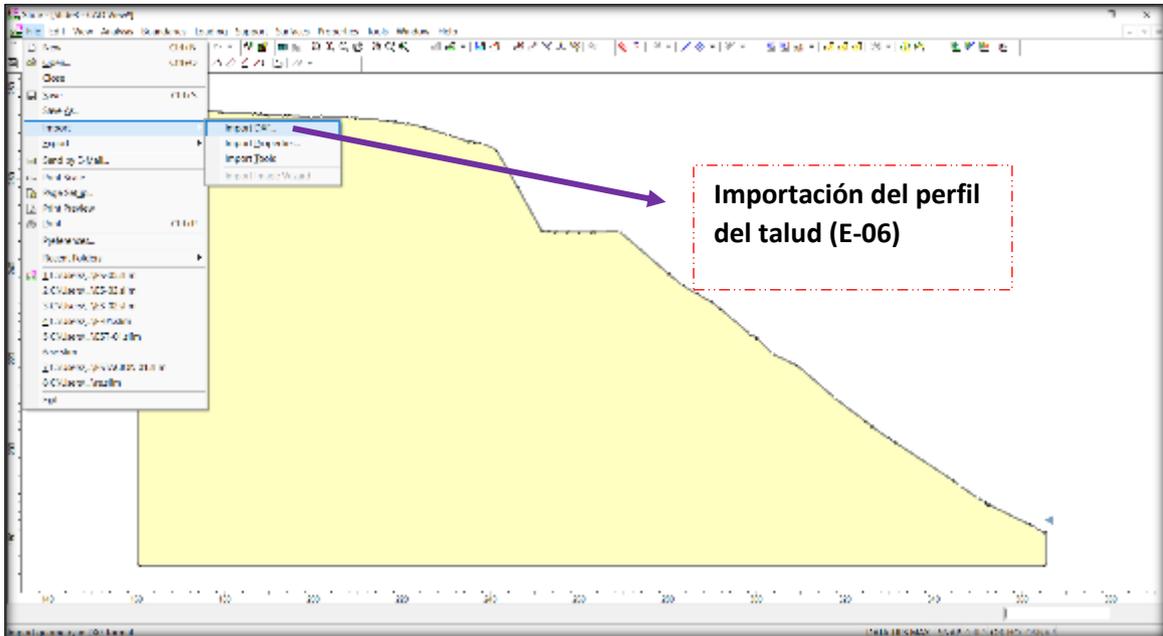


Fuente: elaboración propia.

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis estático. método de equilibrio limite.

Figura N° 01.

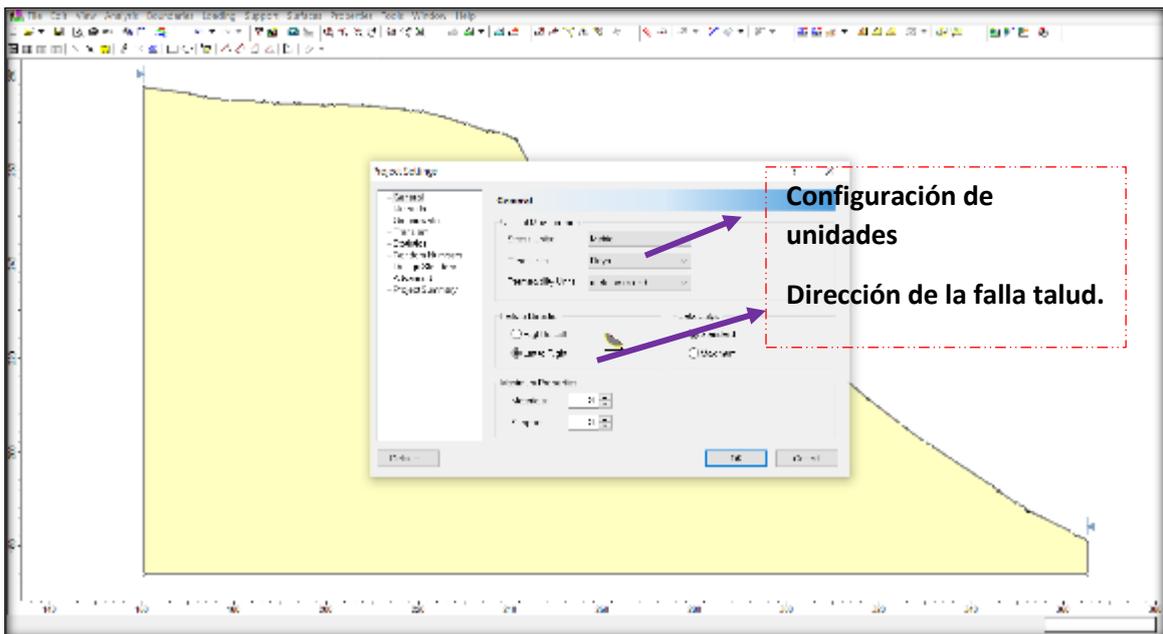
Importación de perfil.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 02

Configuración del proyecto.

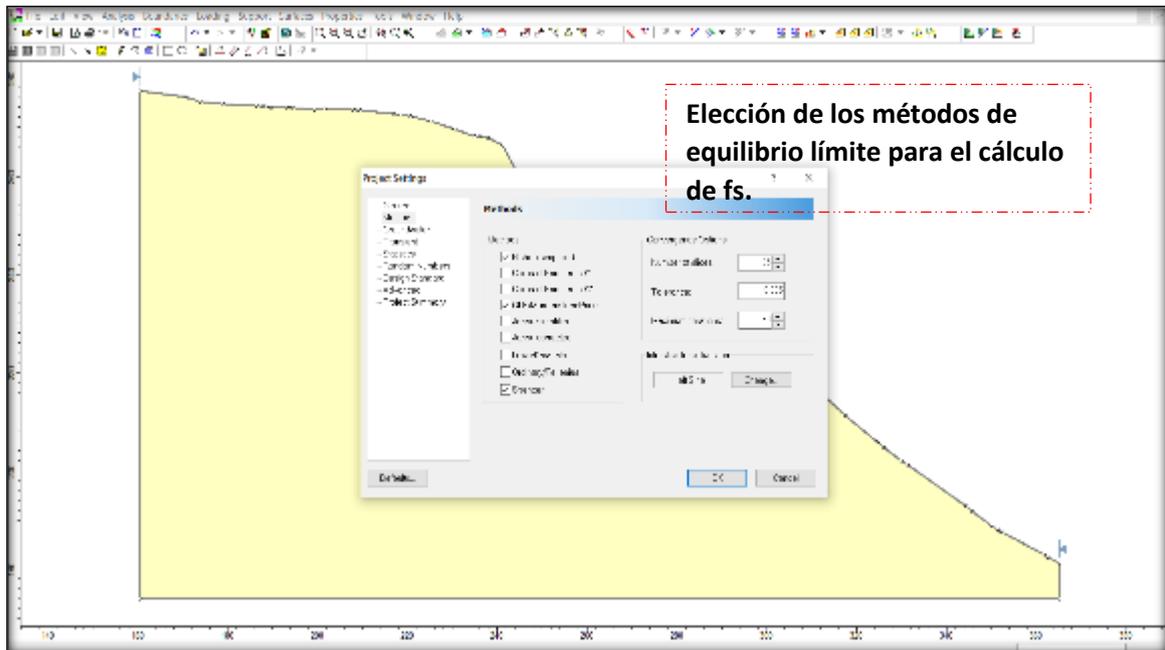


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 06

Figura N° 03.

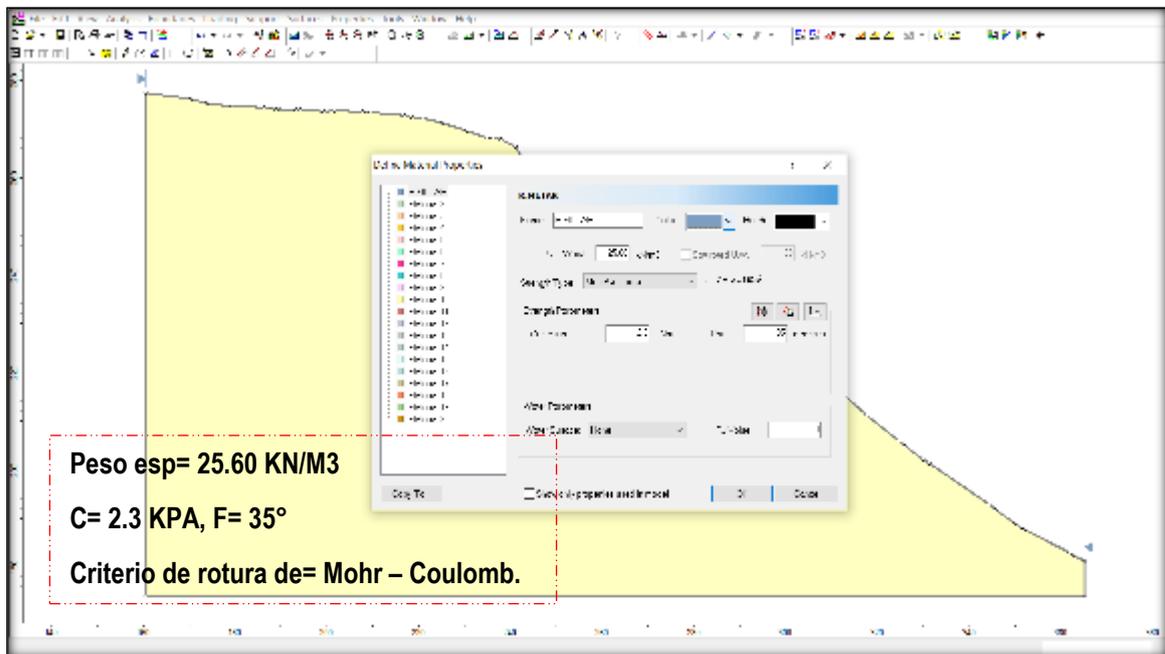
Elección de métodos de equilibrio límite.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 04.

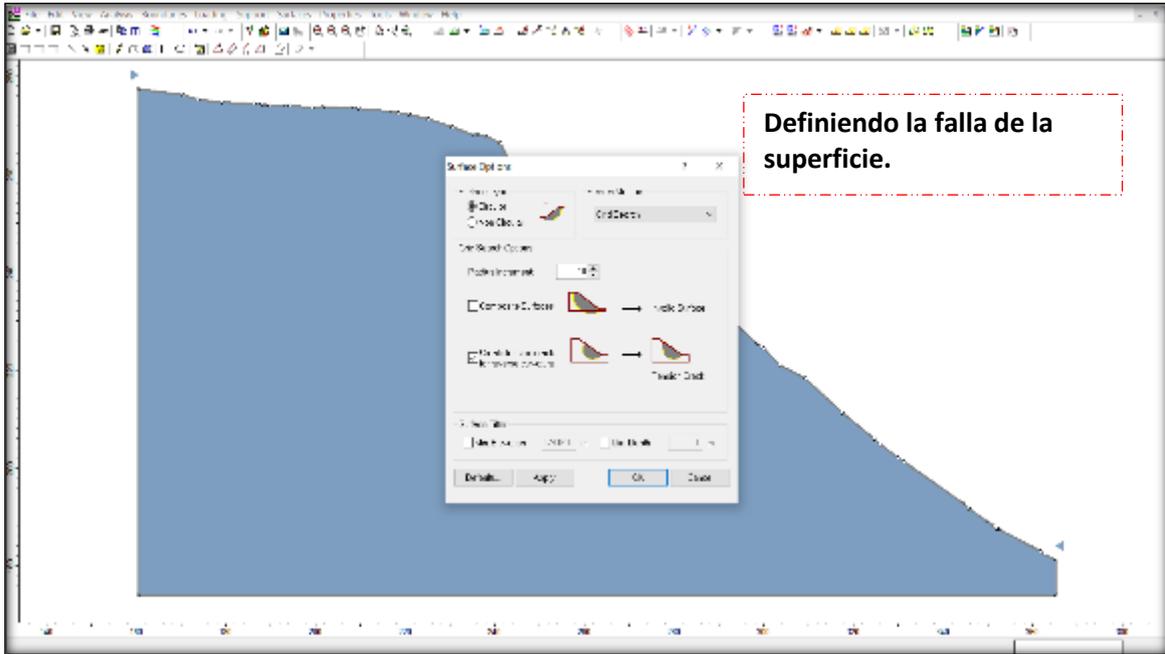
Insertando las propiedades de la muestra.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 05.

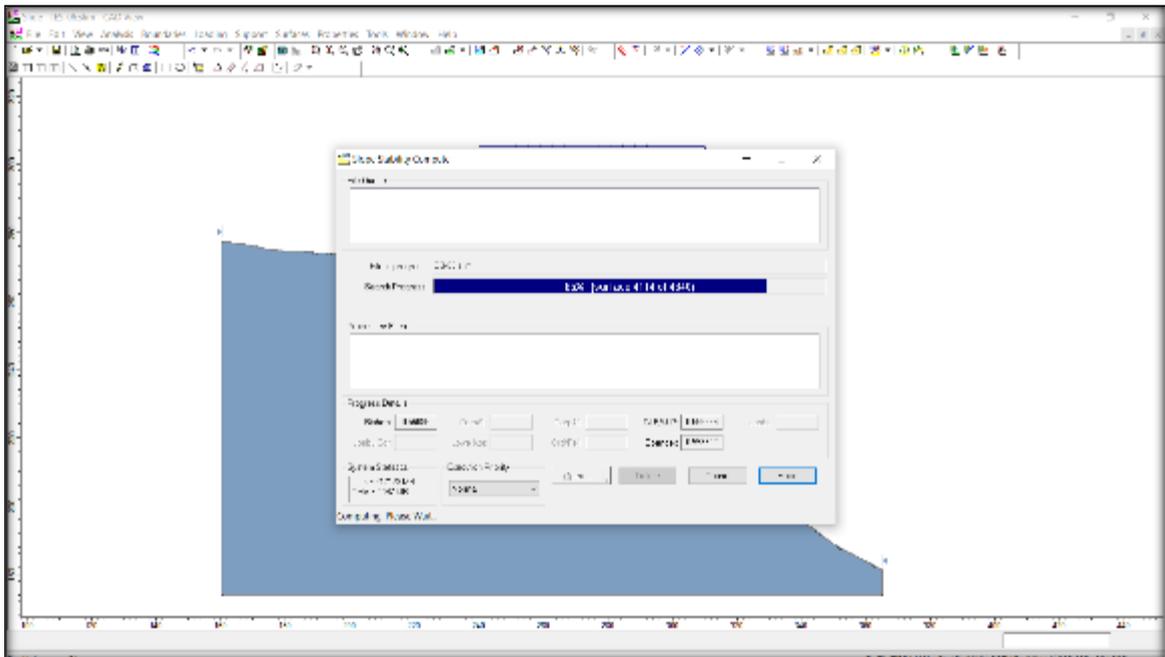
Definición de la falla de la superficie circular o no circular.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 06.

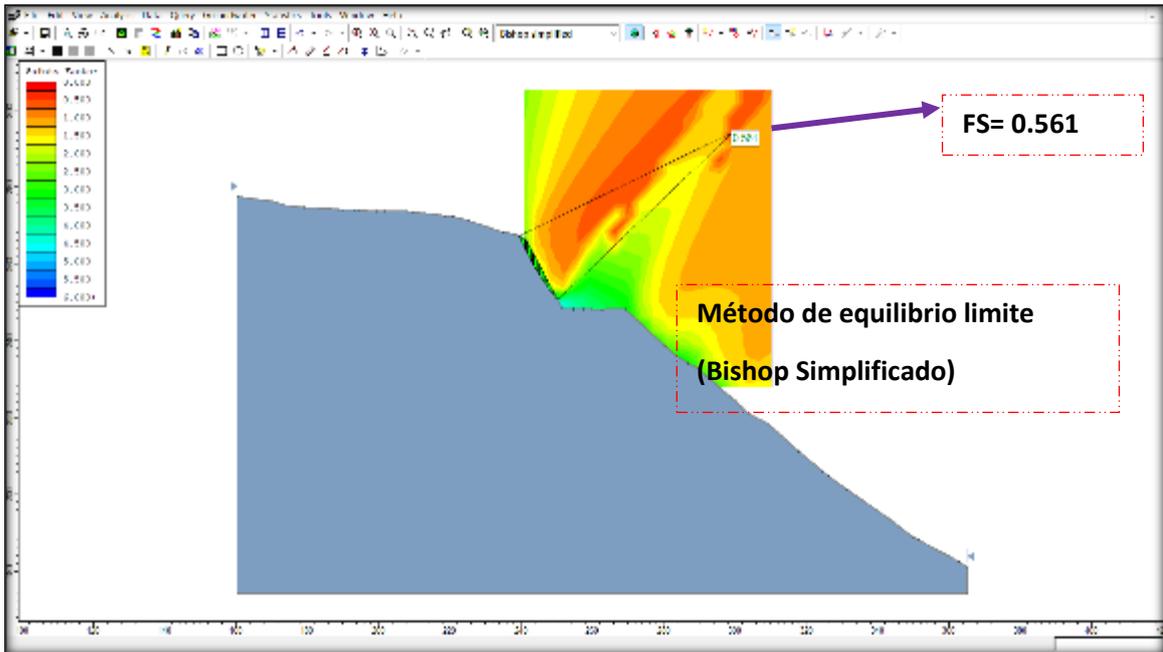
Procesando los datos en programa SLIDE



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 07.

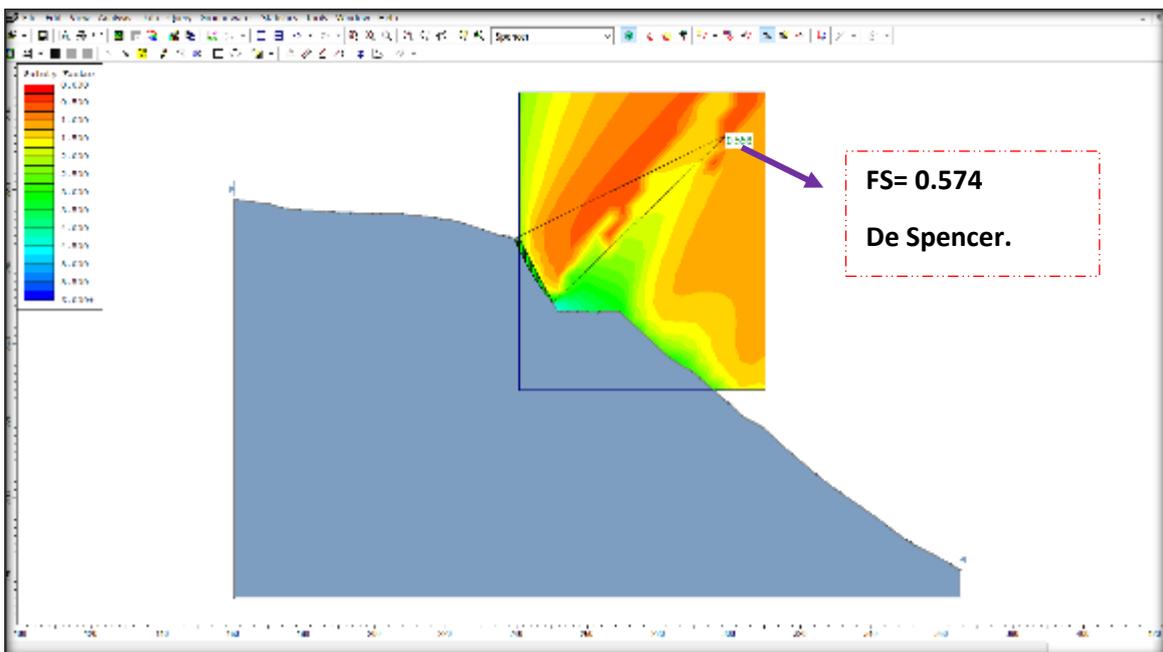
Factor de seguridad obtenido por software en uno de métodos de equilibrio limite elegido.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 08.

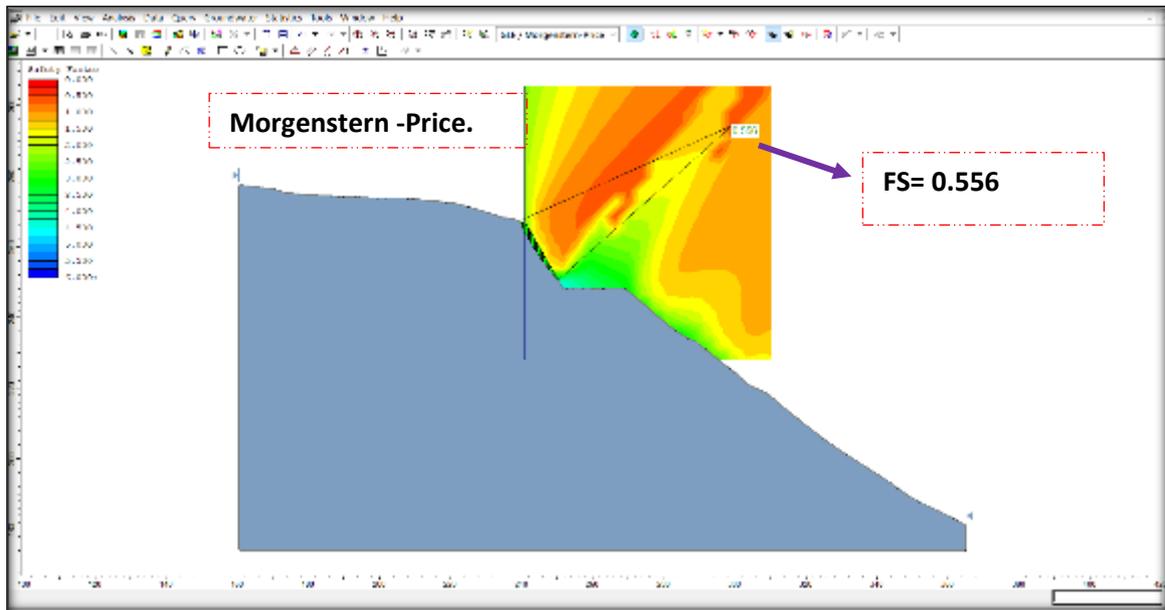
Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 09.

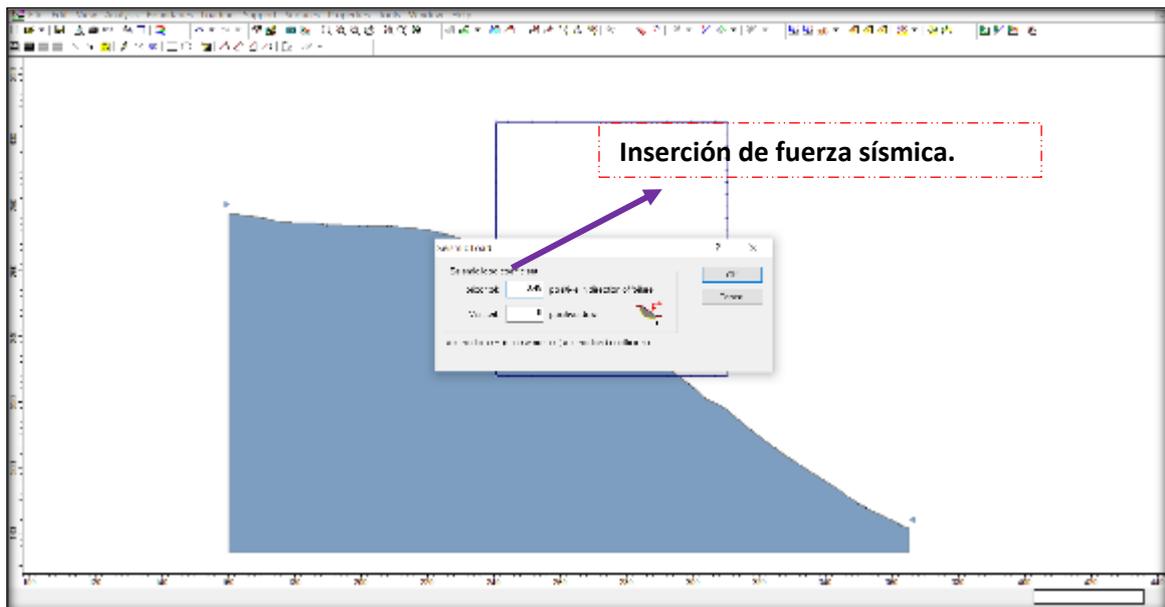
Factor de seguridad obtenido por software otro método de equilibrio limite elegido



Fuente: elaboración propia.

Cálculo del factor de seguridad con la aplicación de los softwares Slide - v6.0 y Rock Plane – criterio de rotura de Morh Coulomb - análisis dinámico. método de equilibrio limite.

Figura N° 01.

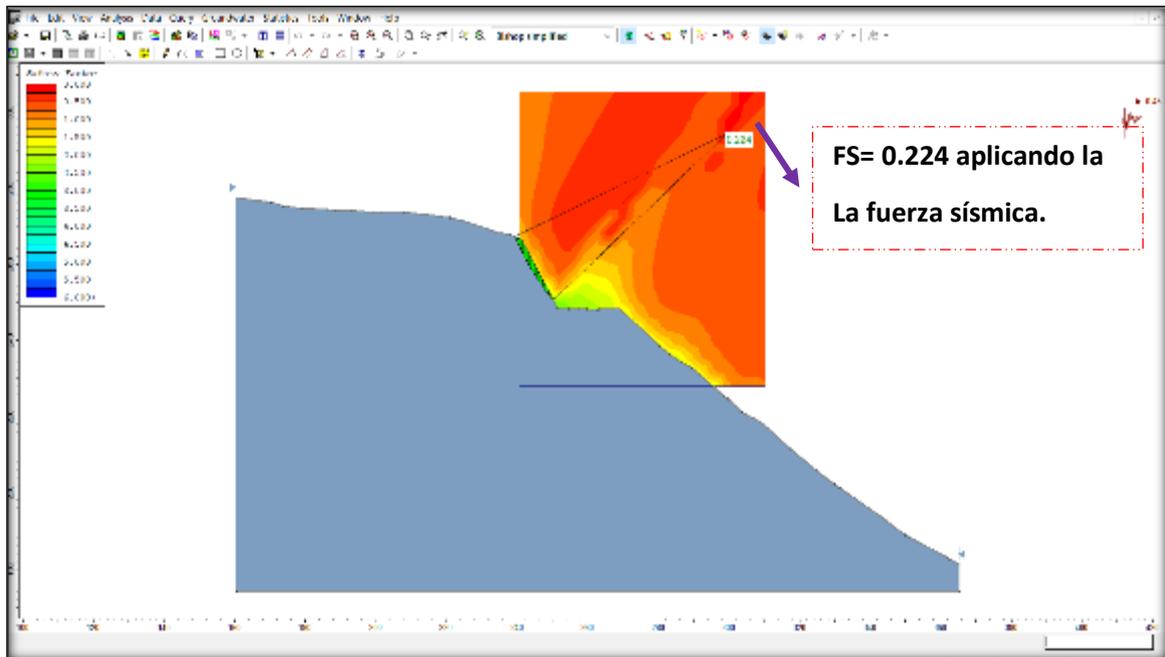


Fuente: elaboración propia.

ESTACION 06

Figura N° 02.

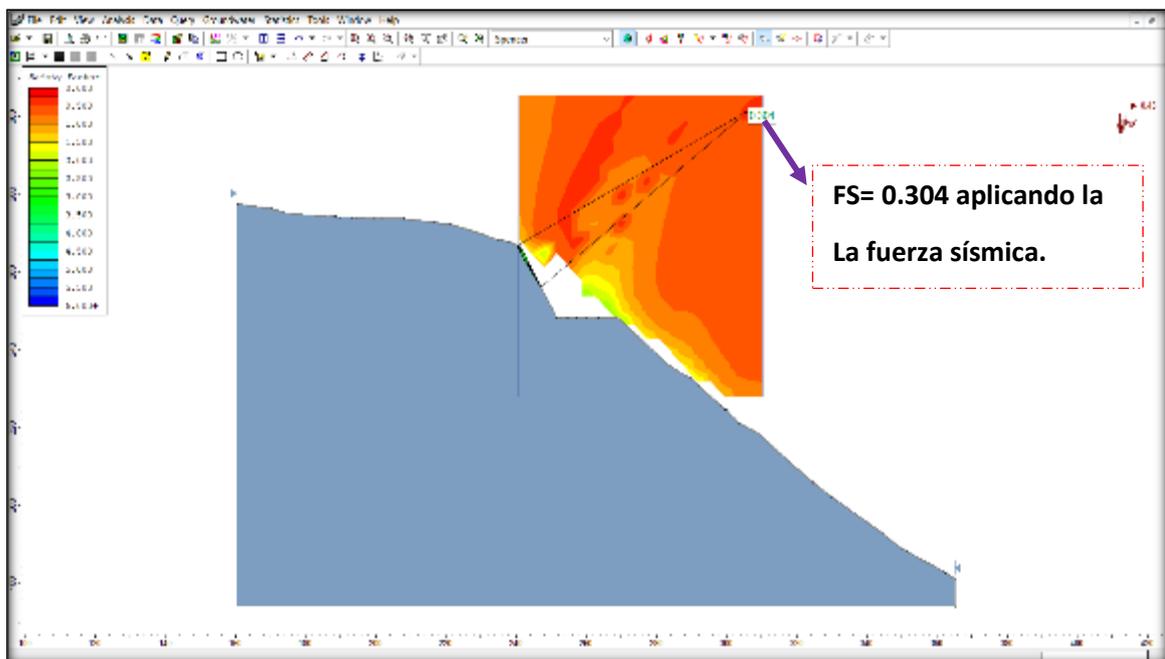
FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 03.

FS arrojado insertando la fuerza sísmica.



Fuente: elaboración propia.

ESTACION 06