

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Evaluación, análisis y estabilidad de taludes con el
Sistema Erdox en la carretera PE-28B del km 152+045
al km 152+195 - Kepashiato - Kiteni**

Nilda Rotsana Llaique Chane

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Civil

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

DEDICATORIA

A mi esposo e hija quienes fueron el gran motor para lograr este proyecto y todos mis proyectos como profesional.

A mi madre por impulsarme a lograr mis proyectos y a seguir adelante. A mi familia quienes han estado siempre presentes brindándome su apoyo incondicional, quienes me impulsaron a concretar mi proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al todopoderoso, por permitirme seguir adelante y activa, gracias a mi abnegada familia, por brindarme su respaldo en cada proyecto y decisión, asimismo, agradecer a mis padres por otorgarme el apoyo y realizar todas metas.

El trayecto fue largo y con obstáculos, con el afecto, el entusiasmo y la tenacidad fue más fácil conseguir este proyecto. Agradezco y hago actual mi cariño y agradecimiento a toda mi familia, igualmente, agradezco a todas las personas que destinaron parte de su tiempo para corregir y sugerir observaciones diversas respecto a mi proyecto de tesis: a todas esas personas les remito mis más sinceros agradecimientos desde lo más profundo de mi ser.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
CAPÍTULO I:.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.2 Formulación del Problema.....	2
1.1.2.1 Problema general.....	2
1.1.2.2 Problemas específicos	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Hipótesis y descripción de variables	4

1.4.1	Hipótesis.....	4
1.4.1.1	Hipótesis general.....	4
1.4.1.2	Hipótesis específicas.....	4
1.4.2	Identificación de las variables.....	4
1.4.2.1	Variable independiente.....	4
1.4.2.2	Variable dependiente.....	5
CAPÍTULO II:.....		6
MARCO TEÓRICO.....		6
2.1	Antecedentes del problema.....	6
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	8
2.2	Generalidades de la zona de estudio.....	10
2.2.1	Ubicación y acceso.....	10
2.3	Bases teóricas del estudio.....	12
2.3.1	Talud.....	12
2.3.2	Clasificación de taludes:.....	13
2.3.3	Causas de falla de un Talud.....	16
2.3.4	Tipos de falla de un talud.....	16
2.3.5	Estabilidad de taludes.....	17
2.3.6	Factor de seguridad para estabilización de taludes.....	18

2.3.7	Método de Fellenius.....	22
2.4	Métodos de estabilización de taludes.....	24
2.4.1	Muros de gaviones.....	25
2.4.2	Sistema Terramesh.....	25
2.4.3	Muros de concreto.....	26
2.4.3.1	Muros de hormigón o de gravedad.....	26
2.4.3.2	Muros de hormigón armado.....	26
2.5	Sistema Erdox.....	27
2.5.1	Aspectos generales.....	27
2.5.2	Principales características.....	30
2.5.3	Cálculos estructurales.....	32
2.5.4	Procedimiento constructivo.....	33
2.6	Modelamiento en software.....	42
2.7	Definición de términos básicos.....	43
CAPÍTULO III:.....		46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		46
3.1	Método y alcance de la investigación.....	46
3.1.1	Método de la investigación.....	46
3.1.2	Alcances de la investigación.....	46
3.2	Diseño de la investigación.....	46

3.3	Población y muestra.....	47
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	48
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	48
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos	48
CAPÍTULO IV:		49
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		49
4.1	Levantamiento topográfico	49
4.2	Estudio de mecánica de suelos.....	51
4.2.1	Granulometría	51
4.2.2	Densidad.....	54
4.2.3	Corte directo.....	54
4.3	Cálculo de Factor de seguridad del talud con el software Slide V 6.0	57
4.3.1	Definición de fronteras y propiedades	57
4.3.2	Superficie de falla	58
4.3.3	Revisión y análisis de resultados	59
4.4	Estabilización del talud	60
4.4.1	Sistema Terramesh®.....	60
4.4.2	Muro de Concreto Armado	63
4.4.3	Sistema de gaviones.....	65
4.4.4	Sistema Erdox	67

4.5	Comparación de costos	73
4.5.1	Presupuesto del sistema Terramesh	74
4.5.2	Presupuesto del sistema de muro de concreto.....	74
4.5.3	Presupuesto del sistema de gaviones	75
4.5.4	Presupuesto del sistema Erdox.....	76
4.6	Comparación económica.....	77
4.7	Discusión de resultados.....	77
CONCLUSIONES		80
RECOMENDACIONES.....		81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		82
ANEXOS		85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Geografía de la zona de estudio.....	10
Figura 2 Ubicación de la zona de estudio.	11
Figura 3 Ubicación de la zona de estudio.	11
Figura 4 Sector de Agua Dulce - Kiteni.....	12
Figura 5 Nomenclatura de talud y ladera.	13
Figura 6 Talud de corte.	14
Figura 7 Talud de corte.	14
Figura 8 Talud de relleno.....	15
Figura 9 Talud de relleno.....	15
Figura 10 Tipos de falla de un talud	17
Figura 11 Falla rotacional con pérdida de banqueta.	17
Figura 12 Método de Fellenius.	23
Figura 13 Perfiles de los muros de gavión.....	25
Figura 14 Sistema Terramesh en una Red Vial.	26
Figura 15 a) Muro de gravedad b) Muro de semigravedad c) Muro en Cantiléver.....	27
Figura 16 Sistema Erdox en una Red Vial.....	29
Figura 17 Panel de la estructura Erdox.....	30
Figura 18 Proceso constructivo del sistema Erdox.....	34
Figura 19 Se observa la actividad de excavación en el Sector Km. 11+500 de la Carretera Interoceánica Cusco – Puerto Maldonado.	35
Figura 20 Se observa a los operarios realizando el armado de los Paneles que se colocarán en el Sector Km. 11+500, Carretera Interoceánica.....	35

Figura 21 Se observa las Placas de Anclaje ensambladas, listas para ser transportadas a su posición final.	36
Figura 22 Se observa el transporte de las Placas de Anclaje ensambladas con la ayuda de una Excavadora.	37
Figura 23 Se observa el Izaje de los Paneles– Erdox con la ayuda de una Excavadora.	37
Figura 24 Se observa la colocación de un panel– Erdox con la ayuda de una Excavadora.	38
Figura 25 Se observa la colocación del relleno estructural y su posterior compactación.	39
Figura 26 Se observa la compactación realizada sobre la estructura.	40
Figura 27 Sección típica del talud.	40
Figura 28 Se observa la Geomanta colocada sobre cada uno de los andenes de Erdox.	41
Figura 29 Sector de Agua Dulce - Kiteni.	47
Figura 30 Plano en planta del sector de Agua Dulce - Kiteni.	49
Figura 31 Sección típica de talud del sector de Agua Dulce - Kiteni.	50
Figura 32 Curva granulométrica	51
Figura 33 Ensayo de análisis granulométrico.	52
Figura 34 Contenido de Humedad.	52
Figura 35 Ensayo de límite de plasticidad.	54
Figura 36 Resultados del ensayo de corte directo.	56
Figura 37 Ensayo de corte directo.	57
Figura 38 Definición de fronteras y propiedades en el Slide V 6.0.	58
Figura 39 Definición de superficie de falla en el Slide V 6.0.	59
Figura 40 Revisión de análisis de resultados en el Slide V 6.0.	59
Figura 41 Esquema Sistema Terramesh.	63

Figura 42 Esquema Sistema Muro de Concreto Armado.	65
Figura 43 Esquema Sistema Gaviones.....	66
Figura 44 Esquema de Sistema Erdox.	68
Figura 45 Esquema de Sistema Erdox.	72
Figura 46 Sección típica del sistema Erdox.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de materiales.	53
Tabla 2. Presupuesto de sistema Terramesh.	74
Tabla 3. Presupuesto de sistema muro de concreto armado.	75
Tabla 4. Presupuesto de sistema de gaviones.	76
Tabla 5. Presupuesto de sistema Erdox.....	76

RESUMEN

La presente investigación presentó como finalidad evaluar y analizar los sistemas de estabilización de taludes, el sistema Terramesh, sistema de muros de concreto armado, sistema de gaviones y sistema Erdox, analizándose su comportamiento estructural y los presupuestos que cada sistema genera en su colocación respecto al proyecto de la carretera PE- 28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato – Kiteni y como objetivos específicos se tiene el analizar la influencia de la estructura del suelo para su debida estabilidad del talud, así como la determinación del procedimiento de cálculo de la estabilidad de taludes y análisis comparativo de costos entre las soluciones posibles de los sistemas Erdox, sistema Terramesh, sistema de gaviones y sistema de muro de concreto armado. Los datos obtenidos de los ensayos de suelos se toman como datos para el software Slide V 6.0 donde se ingresan datos de los ensayos de suelos, como resultado final se obtiene los diseños de los cuatros sistemas en comparación, costos. La búsqueda de esta investigación es ser menos costoso y tener mayor factor de seguridad que cumpla con las normas peruanas en la estabilidad de taludes en zonas críticas.

Palabras claves: Sistema Erdox, estabilidad de taludes, factor de seguridad.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate and analyze the systems of stabilization of slopes, the Terramesh system, the system of reinforced concrete walls, the system of gabions and the Erdox system, analyzing their structural behavior and the budgets that each system generates in its placement with respect to the project of the PE-28B road from Km 152+045 to Km 152+195 Kepashiato – Kiteni. The specific objectives are to analyze the influence of the soil structure on its proper stability of the slope, as well as to determine the procedure for calculating the slope stability and comparative cost analysis between the possible solutions of the Erdox systems, Terramesh system, gabion system and reinforced concrete wall system. The data obtained from the soil tests are taken as data for the software Slide V 6.0 where data from the soil tests are entered, the final result is the design of the four systems compared, costs. The aim of this research is to be less expensive and have a higher safety factor that meets Peruvian standards for slope stability in critical areas.

Keywords: Erdox system, slope stability, safety factor.

INTRODUCCIÓN

Existe una variedad de inestabilidad de taludes, esto es debido a que la geografía peruana presenta una variedad de zonas accidentadas, fallas geográficas, variedad de climas, las que nos obstaculizan en muchas ocasiones con la transitabilidad y la accesibilidad a ciertas localidades, en nuestra geografía peruana existen muchos taludes en muchas ocasiones con pendientes muy pronunciadas, que presentan inestabilidad del suelo, provocando así los deslizamientos, huaycos, etc., provocando bloqueos de carreteras, afectando sembríos, viviendas, etc., en muchas oportunidad provocando hasta muertes de ciudadanos y causando accidentes lamentables.

En muchas ocasiones, en esta área de investigación de la carretera PE- 28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato – Kiteni, se han identificado muchos deslizamientos, provocando accidentes lamentables, así como también incomunicando localidades de Kepashiato, San Francisco, Kiteni, Echarate.

Se tomó en cuenta estos antecedentes para su debida evaluación y análisis de estabilización de taludes de esta carretera PE- 28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato – Kiteni, se realiza el estudio de suelos y el levantamiento topográfico de la zona en estudio, con los datos obtenidos se procesa en el software Slide V 6.0 el cual brinda el factor de seguridad que cada sistema de estabilidad de taludes tiene, es aquí que se obtiene los diseños y la comparación económica de los sistemas en mención.

De esta forma se verifica que el sistema Erdox es el sistema adecuado, económico y un sistema nuevo en nuestro país. Es un sistema optimo en costo y tiempo con respecto a otros sistemas de estabilidad de taludes.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial se ha visto una serie de problemáticas causadas por los deslaves y desprendimientos de taludes, muchos de ellos son a consecuencia de erosión del suelo, sobrecargas de peso o por el ángulo natural del talud.

En nuestro país, se evidencia que nuestra naturaleza es muy variada, nuestros climas son diversos y los desastres naturales cada vez son más frecuentes, ocasionando daños en zonas rurales y urbanas, perjudicando así las áreas de cultivo, así como las vías de transporte, etc. Todo esto a falta de una planificación y prevención de desastres naturales. El desprendimiento de rocas y deslizamiento de laderas son algunos de los tantos procesos geológicos comunes y presentes en nuestro territorio peruano. Actualmente los accidentes más comunes en las vías de tránsito son producidos por deslizamientos de la inestabilidad de taludes y por falta de un plan de estabilización de taludes.

Cuando las tierras se deslizan ocasionan severos problemas en la estabilidad de taludes. La presencia de fallas geológicas también afecta a la inestabilidad de taludes y en esta zona con mayor incidencia. En consecuencia, provoca deslizamientos, los cuales hacen peligrar la vida y el transporte de los pobladores de Kiteni, Kepashiato, Kimbiri y San Francisco, en la provincia de Quillabamba, ciudad del Cusco.

Varios derrumbes se han presentado en la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato – Kiteni, sector de Agua Dulce, y las localidades de Kepashiato, Kimbiri y San Francisco, se han quedado bloqueadas e incomunicadas muchas veces.

Esto debido al desprendimiento de tierra en la carretera. Estos desprendimientos ocurren en las épocas de lluvias con mayor frecuencia, y provocan diversos perjuicios en la infraestructura vial y obstaculizan, así, el tránsito de los poblados antes mencionados. Es de mucha importancia la seguridad y la economía en la configuración de la estabilidad de taludes y, más aún, considerar los mecanismos para optimizar la construcción y los implementos que serán empleados.

En la actualidad, dentro del rubro de la construcción, adquiere relevancia el desarrollar los procesos de manera rápida y a un bajo precio. En ese sentido, la presente investigación plantea un diseño para la estabilidad de taludes con el sistema Erdox, cuya implementación en comparación a otros sistemas, representa un menor costo y tiempo de ejecución.

1.1.2 Formulación del Problema

1.1.2.1 Problema general

¿Cómo estabilizar el talud de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195
Kepashiato – Kiteni?

1.1.2.2 Problemas específicos

- A. ¿Cómo influye la estructura y textura del suelo en la estabilidad del talud?
- B. ¿Qué comprende el modelamiento del talud y cuál es el factor de seguridad sin un método de estabilización?
- C. ¿Qué diferencia en costos y proceso constructivo existe entre el sistema Erdox, sistema Terramesh, muros gavión y muros de concreto?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Estabilizar el talud de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato – Kiteni.

1.2.2 Objetivos específicos

- A. Analizar la influencia de la estructura y textura del suelo en la estabilidad del talud de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 - Kepashiato - Kiteni.
- B. Realizar el modelamiento del talud y calcular el factor de seguridad sin un método de estabilización de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 - Kepashiato - Kiteni.
- C. Analizar comparativamente los costos entre las soluciones posibles del sistema Erdox, sistema Terramesh, muros gavión y muros de concreto.

1.3 Justificación e importancia

Con este trabajo, se desea contribuir con el estudio sobre estabilidad de taludes mediante la aplicación del sistema Erdox, el cual es un sistema nuevo en nuestro país. Este fue creado por la necesidad de dar solución a los problemas derivados de los deslizamientos, desplomes y erosiones causados por la naturaleza, y así poder dar un arreglo rápido y eficaz a todas las problemáticas creadas por los suelos que son una constante inevitable en esta región montañosa. Además, a través de esta investigación se busca comprobar que el sistema Erdox es el más óptimo en costo y tiempo respecto a otros tres sistemas de estabilidad de taludes.

Agua Dulce, sector de la carretera Kiteni – Kepashiato, única vía de tránsito vehicular entre San Francisco (Ayacucho) – Echarte (Cusco), lugar donde se observan fallas geográficas,

lugar donde se presenta con frecuencia derrumbes que impiden el libre tránsito vehicular. Es aquí que con esta investigación que se busca conocer el comportamiento del suelo de Agua Dulce.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1 Hipótesis

1.4.1.1 Hipótesis general

El uso de los sistemas Erdox, Terramesh, gaviones y muros de concreto aseguran la estabilidad de taludes de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 - Kepashiato - Kiteni, evitando las obstrucciones y daños en la infraestructura vial.

1.4.1.2 Hipótesis específicas

- A. La estructura y textura del suelo influye de manera significativa y directamente en la estabilidad del talud en la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato - Kiteni.
- B. El modelamiento del talud permitirá calcular el factor de seguridad sin un método de estabilización de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 - Kepashiato - Kiteni.
- C. Con el diseño de los sistemas Erdox, Terramesh, gaviones y muros de concreto se obtienen la diferencia en rentabilidad y rapidez en el proceso constructivo para estabilizar el talud en la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato - Kiteni.

1.4.2 Identificación de las variables

1.4.2.1 Variable independiente

Estabilidad del talud.

1.4.2.2 Variable dependiente

- Propiedades de mecánica de los suelos
- Factor de seguridad
- Diseño de sistema Erdox para el sostenimiento de taludes.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

- Estrada & Soberanis (1), en su investigación elabora una guía para futuros trabajos de investigación relacionados a la estabilidad de taludes, donde se hace el uso del programa SLIDE 6.0 y hace notar que el programa utilizado no hace todo el trabajo, es necesario saber interpretar los resultados que registra el programa.

Nos da a conocer las pautas que se debe de seguir al uso de este programa SLIDE 6.0, y la adecuada evaluación de la estabilidad de riesgo, ya que de ello dependerá un buen proyecto factible y óptimo, así como el buen estudio del componente asociado a la seguridad y la técnica que se debe de utilizar en relación con el análisis. El aporte que nos hace llegar esta investigación es que el SLIDE 6.0 aporta de manera significativa para la estabilidad de taludes.

- Ibadango & Delgado (2), una de las recomendaciones que se hace en esta investigación es la estabilidad de taludes mediante pernos de anclaje, pero viendo el caso de que los costos son muy altos de busca otras alternativas como el método de mallas galvanizadas, así como las zanjas de coronación y pie de talud. Así como también se hizo recomendaciones por la clase de suelo que se registra en esta zona como el emplear bermas y realizar una reforestación en los taludes para así mitigar la inestabilidad. Esta investigación nos brinda un aporte con la estabilidad de taludes con el sistema gavión, y el uso de las zanjas de coronación, este es otro método para

estabilizar un talud, así también, brinda otro método de estabilización de taludes que es la reforestación, este es un método más económico y ergonómico.

- Orozco (3), desarrolló una investigación, en la cual registró resultados respecto al análisis de la estabilidad de taludes hallados por comparación en relación con el componente ligado a la seguridad, el cual tomó como base a las técnicas de equilibrio límite y el método de elemento finito, así como también se incorpora los esfuerzos totales y los esfuerzos efectivos. Esta investigación se realizó en suelos residuales que provenían de rocas volcánicas.

Esta investigación es mucho más teórica, nos brinda un aporte más teórico, como es el uso del método de equilibrio límite.

- Morales (4), esta investigación describe metodologías y etapas que se relacionan con las zonas inestables de una vía o carretera. Como objetivo principal es la concepción, diseño y ejecución de estabilidad de taludes inestables. Se hizo un estudio buscando la problemática de sectores críticos en taludes, las características de geotecnia de los materiales, diseño de taludes, uso de ábacos en la estabilidad de taludes, análisis de costos y la aplicación en la práctica.
- Pessi (5), en esta investigación se realizó un estudio preliminar de las características del área de estudio y un posterior cálculo de estabilidad con la ayuda del método simplificado de Bishop. El cálculo se comparó mediante una hoja de cálculo electrónica y un programa informático de uso común en ingeniería geotécnica. Posteriormente se optó por la solución de contención de taludes mediante tirantes. Finalmente, se realizó el dimensionamiento de los tirantes por el método brasileño. Este estudio se basó en las normas relacionadas con los respectivos temas.

- Gallardo (6), presenta en este documento un análisis de cortes de laderas sin asesoría técnica y sin el debido sistema de estabilidad de taludes en la localidad de Ocaña, se hace el estudio respectivo de los deslizamientos de laderas; se analiza y desarrolla tres premisas fundamentales de geotecnia: a) trabajos de topografía, exploración de suelos y análisis geológico de la zona de estudio, b) ensayos de laboratorio, y c) modelación matemática y modelación en software especializado. Los resultados permitieron obtener una buena estabilidad de talud con el estudio geotécnico del suelo que se obtuvo.
- Mora (7), Este artículo desarrolló un trabajo de investigación a los deslizamientos de taludes durante el periodo de lluvias, muestra que fenómenos intervienen en la inestabilidad de taludes, realizando los estudios respectivos a los suelos para determinar sus características de la mecánica de suelos. Con el análisis de la estabilidad de taludes se verificó que la cohesión provocada por lluvias conlleva a que el factor de seguridad evoluciona con el contenido de agua, esto hace que el talud tenga una posible falla.

2.1.2 Antecedentes nacionales

- Hurtado (8), desarrolló un trabajo de investigación, tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo de tres sistemas que muchas veces se utilizan para una buena estabilización de taludes, muchas son las áreas en las que existe inestabilidad de taludes, es así que en esta investigación son analizadas las obras relacionadas con la contención, estructuras y otras edificaciones de arte situadas en las carreteras. Es de importancia mencionar que fueron muchos los aspectos tomados en el estudio como las metodologías de cálculo, los factores logísticos y el principal aspecto económico.

Esta investigación representa un aporte importante, ya que también realiza una comparación de distintos sistemas para estabilizar taludes, entre ellos, el sistema Erdox.

- Urteaga (9), realizó un, en nuestro país con mucha frecuencia se reportan inconvenientes con relación a la inestabilidad de taludes, puesto que muchas zonas de nuestro país presentan un relieve accidentado, es que en muchos lugares presentan fallas geológicas, donde existe un gran peligro para muchos habitantes, y es en este punto donde es necesario actuar a través de procedimientos de construcción apropiados. Para poder seguir con el estudio en la búsqueda de la estabilidad de taludes, se hizo uso del sistema Erdox, cuyo manejo no es muy usual en Perú, se demuestra que este sistema representa posee varias ventajas sobre otros sistemas convencionales, por sus propiedades, posee semejanzas con el Sistema Terramesh.
- Zúñiga (10), en su investigación el objetivo principal es saber el por qué el uso de los gaviones es importante en la estabilidad de taludes, determinar su influencia al uso de este sistema y se realiza un modelamiento utilizando el programa de Slide V.5 para determinar si el talud es estable o inestable y, en consecuencia, efectuar el predimensionamiento de gaviones. Se llegó a determinar que el plan de mejora, por medio del uso de gaviones, sí origina resultados más favorables, obteniendo mayores factores de seguridad y también nos recomienda la ventaja en cuanto a su proceso constructivo, como también otorgar mejor resistencia y que resultan ser permeables, razón por cual posibilitan el drenaje de las aguas.

- Valiente (11), este artículo indica el estudio que realiza sobre la estabilidad de taludes, clasificando por tipos de inestabilidades en función a su morfología, realiza también un estudio a las características geotécnicas de los materiales para la estabilidad de taludes y las metodologías de cálculo.

2.2 Generalidades de la zona de estudio

2.2.1 Ubicación y acceso

El sector de Agua Dulce está ubicado a 8 Km del centro poblado de Kiteni, distrito de Echarate, Provincia de Quillabamba, región Cusco. La vía mencionada comunica las localidades de San Francisco - Kepashiato – Kiteni – Echarate – Quillabamba, es una vía de mucha importancia ya que comunica los departamentos del Cusco – Ayacucho, ubicada en la selva alta de la provincia de la Convención, a este valle se accede desde la ciudad de Huamanga – Ayacucho, a través de esta carretera nacional PE-28 B.



Figura 1 Geografía de la zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.



Figura 2 Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth.

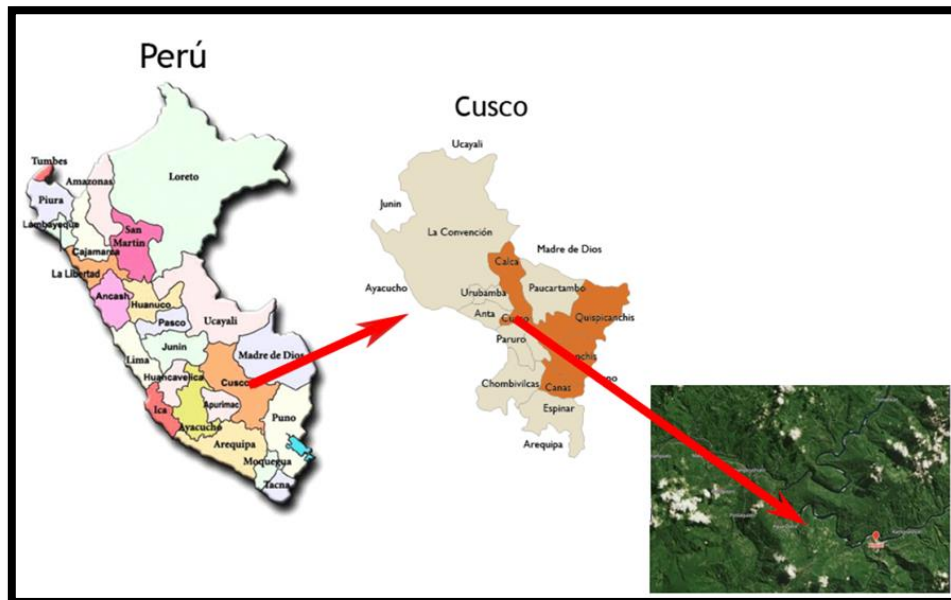


Figura 3 Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia



Figura 4 Sector de Agua Dulce - Kiteni.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Bases teóricas del estudio

2.3.1 Talud

Un talud consiste en un fragmento de terreno, el cual presenta una pendiente inclinada con relación a su horizontal, cuya superficie generalmente adopta infinidad de formas. Se debe de tener en cuenta los aspectos geológicos, la mecánica de suelos y rocas para un buen análisis complejo de un talud, los taludes pueden ser artificiales o naturales como se ve en la figura 6, para que esta superficie inclinada pueda tener una estabilidad se requiere de evaluación y someter un factor de seguridad a su análisis, de ahí se obtiene la estabilidad deseada en el talud que presenta deslizamientos y así evitaría pérdidas humanas como económicas, (12)

En el Talud, cabe definir los siguientes componentes:

Altura: Consiste en la distancia vertical que existe entre el pie y la cabeza, la misma que aparece, evidentemente, representada por medio de taludes artificiales.

Pie: Consiste en el sitio de cambio vertiginoso de pendiente respecto a la parte inferior.

Cabeza o escarpe: Consiste en el sitio de cambio vertiginoso de pendiente respecto a la parte superior.

Altura de nivel freático: Consiste en la distancia vertical que se desarrolla tomando como punto de partida el pie del talud hasta el nivel de agua estimada por debajo de la cabeza.

Pendiente: Consiste en la medida de la inclinación del talud. Esta se puede calcular en grados o en porcentaje.

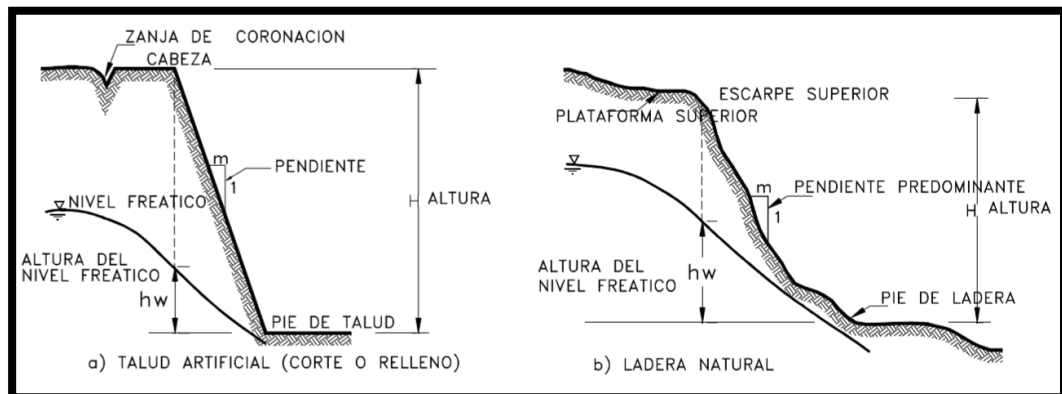


Figura 5 Nomenclatura de talud y ladera.

Fuente: Suarez Díaz (13)

2.3.2 Clasificación de taludes:

Los taludes pueden ser de dos tipos:

Talud de Corte

Talud de relleno



Figura 6 Talud de corte.

Fuente: Propia



Figura 7 Talud de corte.

Fuente: Propia



Figura 8 Talud de relleno

Fuente: Propia



Figura 9 Talud de relleno

Fuente: Propia

2.3.3 Causas de falla de un Talud

Las causas por las que un talud falla pueden guardar relación con dos tipos de factores:

- a. Factores externos
 - Socavación o reducción de pata del talud.
 - Deficiencia en el área de fundación del talud.
 - Sobrecargas e infiltraciones de agua en la cresta del talud.
 - Déficit del sistema de drenaje de la ladera.
 - Vibraciones estimuladas.
 - Sismos.
- b. Factores internos
 - Crecimiento transitorio de las presiones de poro.
 - Déficit de resistencia cortante del suelo (modificación en las condiciones de esfuerzos efectivos)
 - Fenómenos de tubificación o licuación.

2.3.4 Tipos de falla de un talud

“Un talud falla cuando se generan esfuerzos de corte y/o fricción dentro de la masa de suelo, y estos se encuentran por encima del valor admisible (envolvente de resistencia)” (13).

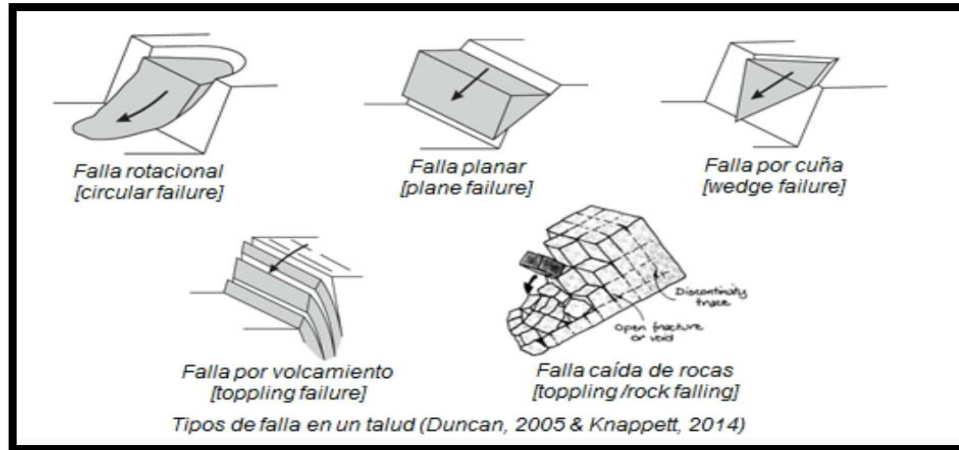


Figura 10 Tipos de falla de un talud

Fuente: Suarez Díaz (1998)



Figura 11 Falla rotacional con pérdida de banqueteta.

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.5 Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes tiene mucha importancia por las numerosas obras de que ingeniería, ya que ayuda a garantizar la seguridad, estética y economía.

El análisis de los taludes si son de corte o relleno se dan en obras de geotecnia vial, los taludes de reconfiguración se dan en presas, y las de excavaciones se dan en

obras civiles o de viviendas, de esta manera es la necesidad de contar con estabilidad de suelos.

El componente de seguridad se colige que es el mismo para los diversos puntos existentes en toda la extensión de la superficie de falla, por ende, este valor significa un ponderado del valor total en la totalidad de la superficie de falla (13).

Un talud posee estabilidad cuando se crea una medida de seguridad, prevención, control y de reducir los riesgos y amenazas. Abarca los elementos siguientes:

- Se tiene en consideración las particularidades que posea el talud sometido a estudio para luego definir el sistema apropiado a utilizar para su estabilización.
- Se construye, detalladamente, el mecanismo a usar, planos y otras consideraciones propias del diseño.
- Según Suarez Diaz (13) durante y después del proceso de estabilización, debe ejecutarse el control e instrumentación. Hay que tener en consideración que, los diseños detallados de los taludes siempre pueden ser modificables y durante la ejecución del proceso de construcción pueden ocurrir modificaciones que afecten el diseño inicial, el cual debe estar previsto en las determinadas cláusulas del contrato de construcción.

2.3.6 Factor de seguridad para estabilización de taludes

Una de las decisiones que pone a prueba los conocimientos del ingeniero, es decidir qué valor le corresponderá al valor del componente de seguridad. Para el establecimiento del factor de seguridad, se tienen diversos autores que han desarrollado métodos para su cálculo.

Existe una conexión entre los valores máximos de resistencia y los índices que originan el movimiento. El componente de seguridad, en la totalidad de la superficie de falla, resulta de la consideración de la tensión cortante disponible y la tensión cortante al equilibrio, dicho de otro modo, la sumatoria del conjunto de fuerzas que actúan en dicho proceso (13).

Los componentes de seguridad lógicos y la magnitud de la estabilización deben ser determinadas considerando los siguientes aspectos:

A. El tamaño del deslizamiento

Si se considera que resulta más complicado modelar, de manera eficaz, un deslizamiento mínimo que uno de proporciones mayores, el componente de seguridad de remediación de un deslizamiento pequeño tendrá que ser mayor al de un deslizamiento de tamaño superior (13).

B. El tipo de movimiento

Respecto a los constantes movimientos de volúmenes rígidos, los métodos de estabilidad son más certeros que en relación a los movimientos blandos tales como flujo de lodos. Con relación a movimientos de superficies rígidas, se deben considerar componentes de seguridad de proporciones mínimas a comparación de los movimientos de flujo (13).

C. La magnitud de los estudios realizados

En caso que la pesquisa recabada en el análisis sea muy confiable y completa, se deben admitir componentes de seguridad que sean menores a comparación de los casos, en lo que la información es limitada y la incertidumbre presenta una tendencia superior (13).

D. El potencial de consecuencias

En aquellas situaciones, donde las repercusiones del deslizamiento conlleven un riesgo considerable de vidas humanas o propiedades, se necesitan componentes de seguridad superiores, por ejemplo, adoptar una decisión, sobre la base de la evaluación de todos los aspectos involucrados. Asimismo, para ciertas clases de obras, los códigos poseen el potencial de precisar un valor mínimo requerido para establecer el componente de seguridad (13).

E. La experiencia del profesional con los suelos del sitio

En caso se cuente con experiencias previas que resulten ser confiables en torno al comportamiento real de los suelos, es posible permitir incidir en los componentes de seguridad menores a comparación de los casos, en que no se conoce la conducta real de los materiales.

F. Posibilidad de ocurrencia de eventos extremos

En caso de que en la evaluación no se consideraron las situaciones extremas, es importante que se incluyan los componentes de seguridad de mayor magnitud, debido a la posible realización de estos fenómenos.

Respecto a los códigos geotécnicos, estos precisan los componentes de seguridad mínimos, los cuales deben ser cumplidos de acuerdo a lo establecido por la ley. Estos componentes, por lo general, fluctúan entre 1.15 y 1.5, y puede resultar posible indicar un componente de seguridad de 1.3 para lo que respecta a las cargas estáticas (13).

Valores de factores de seguridad:

- a. $=1$: equilibrio.

- b. <1 : seguridad cuestionable.
- c. $1 - 1.25$: inestable.
- d. $1.25 - 1.40$: seguridad relativa.
- e. $= 1.50$: satisfactorio para taludes.
- f. $= 1.50$: conveniente para pendientes de presas de tierra o enrocamiento.

El factor de seguridad para el área de falla, se constituye con un FS min =1.5

- a. FS = 1: estabilidad, tiende a la deficiencia.
- b. FS > 1: aproximadamente estable.
- c. FS < 1: inconstante (14).

G. Normatividad

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2012), en la sección 7.1.1.

Evaluación de la Condición de Estabilidad de un Talud, estipula lo siguiente:

Con el fin de analizar el estado de estabilidad del talud, el profesional a cargo deberá incluir la consideración de los siguientes aspectos para la evaluación: la mecánica que existe en los suelos, la conducta geodinámica del terreno, el flujo de agua, la geometría del talud y la topografía del ambiente. El profesional a cargo tendrá que analizar el estado de estabilidad del talud para lo que respecta a las solicitaciones estáticas y sísmicas. El componente de seguridad mínimo del talud tendrá que ser 1.5 para solicitaciones estáticas y 1.25 para solicitaciones sísmicas.

Este factor, a criterio del investigador, es el más importante y por ende se le utilizará en la evaluación del talud respecto a su factor de seguridad.

2.3.7 Método de Fellenius

Gran parte de las técnicas de equilibrio límite, actualmente, se sustentan en el método de las dovelas. Esta técnica fue constituida por Fellenius e implica la división de diferentes porciones de suelo, con potencial deslizante, en rebanadas verticales. A partir de la interacción entre las fuerzas actuantes y resultantes, de cada porción resulta el componente de seguridad. Asimismo, es conveniente mencionar las fuerzas que se explican en una dovela son las siguientes:

El peso o la fuerza de gravedad, la misma que puede ser descompuesta en una tangente y una normal al nivel de la falla.

Las fuerzas resistentes de cohesión y fricción, las cuales operan de manera tangente a la superficie de falla.

Las fuerzas que ejercen presión en la tierra y cortante en las paredes entre dovelas, las mismas que no son tomadas en cuenta por Fellenius, pero sí consideradas en otras técnicas de evaluación más minuciosas (13).

En la figura, se evidencian las fuerzas que operan sobre una dovela:

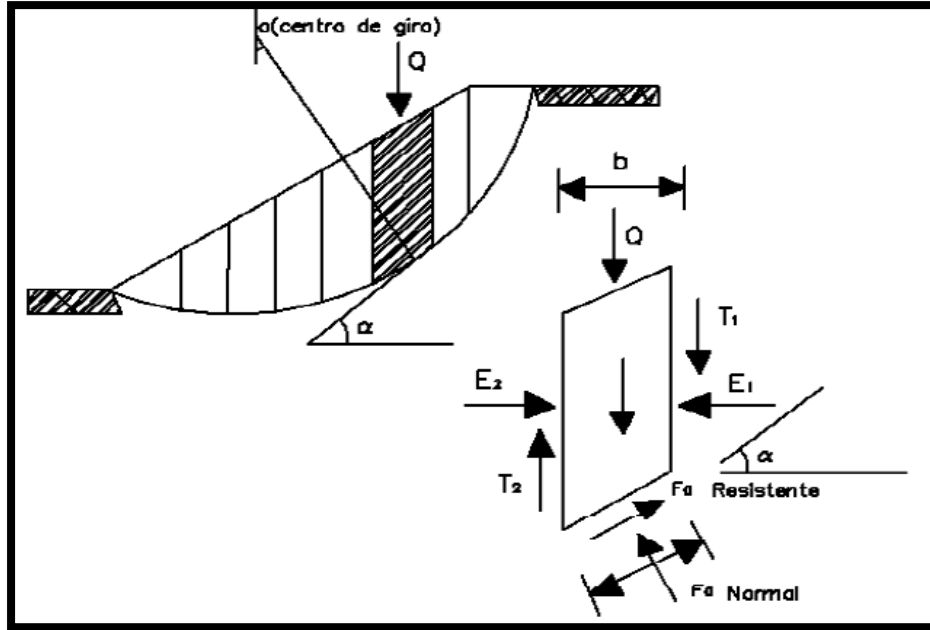


Figura 12 Método de Fellenius.

Fuente: Suarez Díaz (1998)

El método de Fellenius calcula el factor de seguridad con la siguiente expresión:

(14)

$$FS = \frac{\sum [C * b * \sec(\alpha) + (W * \cos(\alpha) - \mu * b \sec(\alpha) * \tan(\varphi))]}{\sum W * \sin(\alpha)}$$

α = Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.

W = Peso general de cada tajada.

μ = Presión de poros = $\gamma * w * h * w$

b = Ancho de tajada.

C, φ = Parámetros de resistencia del suelo.

2.4 Métodos de estabilización de taludes

Matteis (15) “expone que de acuerdo a los estudios realizados y luego de haber comprobado que existe un riesgo de inestabilidad de taludes, se debe buscar la mejor solución estimando el tiempo de ejecución y los aspectos del costo, así también, se debe tomar en cuenta si existen obras que puedan ser afectadas, la existencia de los componentes en el mercado, etc.”

Para dar respuesta a la inestabilidad de los taludes, se toman en consideración tres grandes grupos, según Suarez Diaz (13):

- “Intensificar los esfuerzos de confinamiento (σ_3) del suelo que conforma el talud: es posible estabilizar un talud por la acción de obras civiles como el uso de las pantallas atirantadas o la construcción de bermas con el mismo suelo, y también con muros de gravedad” (13).
- “Aumentar la resistencia propia del suelo: se fijan drenajes en el terreno tratando de disminuir el nivel de agua subterránea o la introducción de sustancias encargadas de aportar mayor resistencia al terreno, como el uso del cemento u otro conglomerante” (13).
- “Aminorar las cargas actuantes que se ejercen sobre el talud: la solución empieza por modificar la geometría que presenta el talud de forma natural, a través de un corte de terreno capaz de modificar el ángulo que presenta o remover el material ubicado en la cresta para amenorar su elevación” (13).

2.4.1 Muros de gaviones

“Estos muros son muy utilizados en las obras civiles, los muros de gavión que presentan agentes no cohesionantes, permiten la circulación del agua subterránea a través del conjunto conformado por piedras confinadas por mallas de alambre” (13).

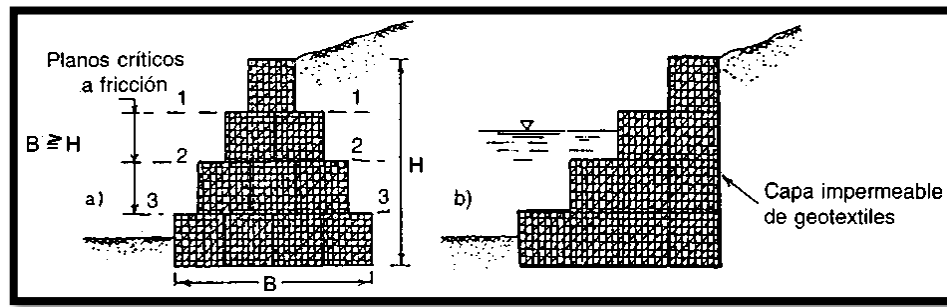


Figura 13 Perfiles de los muros de gavión.

Fuente: Suarez Díaz (1998)

2.4.2 Sistema Terramesh

El Sistema Terramesh consiste en un muro de contención de suelo repotenciado, el cual es bastante empleado en proyectos mineros, construcción de carreteras, debido a que es un sistema rentable y sin mayor complicación para su edificación. El armado de las cajas del sistema Terramesh se precisan desde el arribo de las mallas, la manera de abrir, modelar el cajón y la ubicación e instalación de los sistemas hasta culminar la estructura en su totalidad.

Existe especificaciones técnicas para un buen trabajo, como es la compactación mínimamente requerida. Este sistema tiene en consideración el drenaje, el cual consiste en una partida complementaria al sistema que posibilitará el drenaje de las aguas que brotan del talud, de igual forma, estas serán de ayuda para una protección del muro de contención.



Figura 14 Sistema Terramesh en una Red Vial.

Fuente: Maccaferri Construction SAC.

2.4.3 Muros de concreto

2.4.3.1 Muros de hormigón o de gravedad

Consisten en muros que poseen abundante masa, la cual les dota de resistencia, frente al empuje, por medio de su propio peso y con apoyo del peso del suelo que se asienta en ellos. Estos muros no están concebidos para ser utilizados a tracción (13).

Las ventajas que presenta estos muros de gravedad son las siguientes:

- Su construcción es rápida y sencilla.
- Su construcción puede realizarse con curvas o adoptando diferentes formas.
- Permiten, con facilidad, el chapado de sus parámetros, lo cual contribuye con su acoplamiento ambiental.

2.4.3.2 Muros de hormigón armado

Consisten en muros contruidos, en su interior, con barras de acero. Estos muros fueron concebidos para resistir los esfuerzos de la tracción (13).

Este tipo de muros presentan las siguientes ventajas:

- Demandan una inversión reducida de hormigón.

- Pueden ser empleadas en alturas grandes superiores a 4 metros.

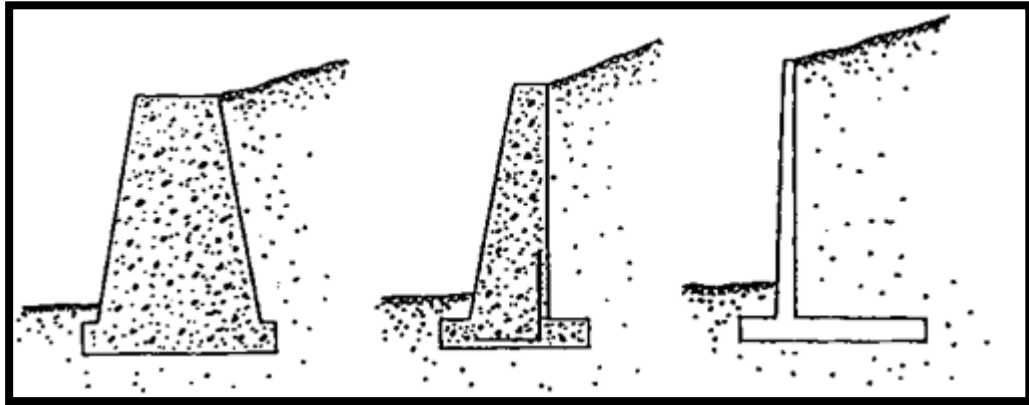


Figura 15 a) Muro de gravedad b) Muro de semigravedad c) Muro en Cantiléver

Fuente: Suarez Díaz (1998)

2.5 Sistema Erdox

2.5.1 Aspectos generales

“Para solucionar las dificultades mencionadas anteriormente, se puede construir diversidad de muros: en piedra, en concreto armado o cambiando el perfil del terreno para conseguir menor pendiente, pero dichos procesos demandan muchos tiempo y gran inversión económica, siendo así poco posible dar solución de modo rápido a la problemática actuante” (9).

El sistema Erdox constituye un sistema novedoso en nuestro país, que busca prevenir y solucionar problemas de inestabilidad de taludes, así como deslizamientos en masa.

Para actuar, de un modo tradicional y dar solución a las problemáticas antes mencionadas, por ejemplo, por medio de la realización de muros en concreto armado, muros en piedra o a partir de la modificación del perfil del terreno existente

con el fin de desarrollar taludes con inclinación menor, es importante, para ello, estimar prolongados intervalos de trabajo e inversiones considerables, las cuales, en muchos casos, hacen que resulte poco posible solucionar, definitivamente, la situación que ha requerido de la inversión ya mencionada. Con la finalidad de mostrar una solución para estos problemas, los técnicos de Betonform® han diseñado, desarrollado y elaborado una estructura novedosa, el elemento Erdox®, el cual ha surgido producto de una investigación frecuente respecto a la mejora y consolidación tecnológica de sus productos.

Su constitución fue diseñada por la exigencia de dar respuesta de manera eficaz y eficiente al problema de inestabilidad de taludes, creada por los fenómenos naturales tales como la erosión del suelo, así como los derrumbes que comúnmente encontramos en zonas accidentadas con presencia de montañas.

“Generalmente en los casos que se presentan, dichos fenómenos ocurren en lugares de acceso difícil y por ende afectan la viabilidad de los caminos por largo tiempo; generando dificultades de transporte a las personas que residen alrededor del territorio comprometido” (9).

La estructura Erdox® fue elaborada dando cumplimiento al conjunto de parámetros establecidos por la normativa europea. Cada componente de esta estructura se encuentra avalado por sus certificados de calidad y pruebas de resistencia.

La estructura Erdox® obtuvo el reconocimiento CE, de acuerdo con la norma EN 1090 clase EXC3, la cual respalda al sistema Erdox® para su empleo estructural en áreas de elevada sismicidad.



Figura 16 Sistema Erdox en una Red Vial.

Fuente: Betonform®

Este sistema presenta un funcionamiento basado en el sistema de propulsión que efectúa el panel frontal que es transmitido por el relleno sumado la sobrecarga que existe sobre la estructura, de esta forma hace que el peso sea menor al peso actuante sobre la placa de concreto del material de relleno de las estructuras (9).

Se destaca que la propulsión sobre el panel frontal se canaliza de manera piramidal con dirección a la placa de concreto a través de un tirante rígido y, además, mediante los cables de contraviento, los cuales constituyen la representación del sistema de anclaje de cada componente Erdox.” (16). Se recomienda que el respaldo de esta placa de anclaje se encuentre sobre un área de muy buena calidad (9).

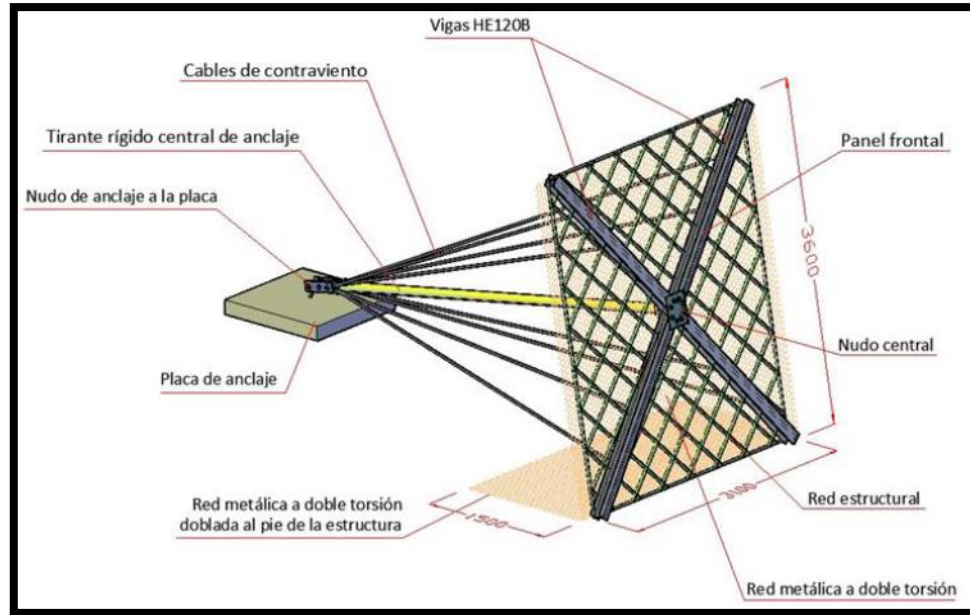


Figura 17 Panel de la estructura Erdox.

Fuente: Betonform®

2.5.2 Principales características

Existen diversas cualidades que este sistema posee:

- Este sistema genera un impacto ambiental muy bajo, esto se debe que al término de la construcción es recomendable el sembrío de plantas sobre la estructura, el cual hace que tenga un paisaje verdoso y pastoso y no se vea afectada la zona trabajada. Este sistema se encuentra constituido casi de forma total relleno del material de la zona del proyecto.
- Un fallo por volteo no constituye una problemática que pueda desarrollarse en esta clase de muro, debido a que este posee un desempeño de manera piramidal, el cual es destacado por la escasa probabilidad de que se desarrollen fallas por volteo. Esta clase de funcionamiento se efectúa, ya que se direcciona el empuje realizado sobre el panel frontal por medio del tirante rígido y los cables de contraviento con

dirección a la placa de concreto, razón por la que se sugiere que la placa de anclaje se sitúe sobre un área firme (9).

- A comparación del muro Terramesh, esta clase de muro registra mayores ventajas en mano de obra, maquinaria y, medularmente, con precio y plazo de ejecución. En función a las peculiaridades del proyecto, se pueden obtener desempeños y precios hasta 3 veces mejores que usando el sistema Erdox (9). Este muro gana mayor resistencia estructural, estabiliza al momento en que se finiquita la construcción de cada muro, lo que es beneficioso para que el tránsito vehicular sea restablecido a la mayor brevedad posible.
- No compromete a estructuras situadas en la parte superior ni desarrolla acciones de carga que no hayan sido previstas, esto se da debido a la flexibilidad del sistema (adjudicado por el mono-anclaje) y a su capacidad de adaptación a algunos asentamientos diferenciales que se encuentren presentes en el suelo, donde es erigido (16).
- En pro de eludir la saturación del terreno, la parte frontal del sistema posibilita el desagüe, con la finalidad de que se eviten imperfecciones producidas por un probable exceso de carga causado por el agua. Esta razón, nos conlleva a evitar las sobrecargas hidráulicas para este diseño (9).
- Presenta bastante adaptabilidad con relación al ambiente, en que se construye, por su configuración definitiva, la cual es poblada por vegetación dependiendo de si las cualidades propias del entorno así lo hacen posible. Esto le otorga un aspecto adecuado al proyecto concluido.

- Los muros diseñados con el sistema Erdox se caracterizan por ser estructura sismo-resistentes, estas propiedades estructurales ostentan, resultan ser flexibles e isostáticos (9).

2.5.3 Cálculos estructurales

Los cálculos no se enmarcan dentro del conjunto de objetivos propuestos para esta investigación, por lo que serán especificados, de un modo sencillo, en el siguiente apartado (9).

Con la siguiente ecuación verificamos la fuerza:

$$Ed = \gamma G2 \left(\frac{1}{2} * \gamma * h^2 * K \right) + \gamma Q1 (Qh * K) - \gamma G2 (2c * h * K^{0.5})$$

Donde:

γ : peso específico del suelo.

C: cohesión.

H: altura de la valla.

Q: fuerza transferida al terreno.

K: coeficiente de fuerzas activas. (17).

La ecuación del cálculo de la presión es:

$$P = \gamma G2 (\gamma * H * k) + \gamma Q1 (Q * K) - \gamma G2 (2 * c * k^{0.5})$$

El cálculo del empuje:

$$P = \gamma * h * K_a / 2 + Q * K_a$$

Donde:

P: empuje usado en el muro, usando Rankine.

h: altura del sistema.

γ : peso específico del elemento de relleno.

K_a : coeficiente del empuje activo.

Q : sobrecarga considerada de acuerdo a la utilización del muro (17).

Información solicitada para llevar a cabo el proyecto:

- Fotografías del área.
- Topografía (actualizada).
- Cualidades de la superficie.
- Detalle general.
- g : peso específico.
- ϕ : ángulo de fricción.
- c : cohesión.
- Sobrecargas (9).

2.5.4 Procedimiento constructivo

Se presenta un esquema a modo de síntesis del procedimiento constructivo del Sistema Erdox y posteriormente se detalla cada una de las actividades:

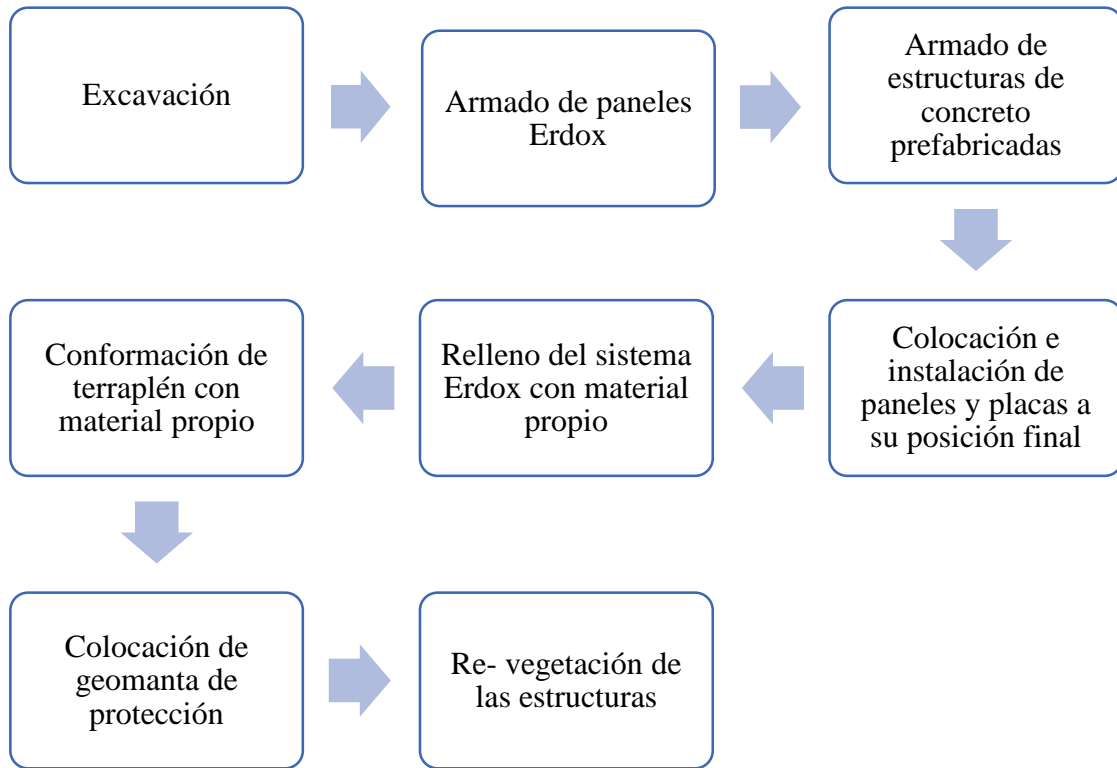


Figura 18 Proceso constructivo del sistema Erdox.

Fuente: Elaboración propia.

Trabajos de excavación:

Se inician los trabajos con la excavación existente en la zona en donde se implementará el sistema Erdox. La ejecución de esta actividad se realiza con excavadoras.



Figura 19 Se observa la actividad de excavación en el Sector Km. 11+500 de la Carretera Interoceánica Cusco – Puerto Maldonado.

Fuente: Betonform®

Armado de paneles Erdox:

Adicionalmente se realiza el pre-ensamblaje de los paneles Erdox. Esta actividad se desarrolla de forma manual.



Figura 20 Se observa a los operarios realizando el armado de los Paneles que se colocarán en el Sector Km. 11+500, Carretera Interoceánica.

Fuente: Betonform®.

Armado de estructuras de concreto prefabricadas:

Se realiza el ensamblaje de las placas de concreto prefabricadas, estos elementos servirán de anclaje para los paneles Erdox. Estas actividades se realizan en una zona cercana a la colocación de las estructuras.



Figura 21 Se observa las Placas de Anclaje ensambladas, listas para ser transportadas a su posición final.

Fuente: Betonform®.

Colocación e instalación de paneles y placas a su posición final:

Para este trabajo se necesita la ayuda de un equipo como una excavadora o grúa. Se colocará los paneles y placas desde el lugar de pre-ensamblaje hasta su posición final. Tener en cuenta que el plano de apoyo de las estructuras en su posición final debe ser preparado con anterioridad al traslado de las mismas.

La instalación de todo el sistema se realiza de forma manual, se necesita que la excavadora haya colocado el panel en su posición final. Esta actividad consiste en anclar los cables que son parte del panel a las placas de concreto prefabricadas.



Figura 22 Se observa el transporte de las Placas de Anclaje ensambladas con la ayuda de una Excavadora.

Fuente: Betonform®.



Figura 23 Se observa el Izaje de los Paneles– Erdox con la ayuda de una Excavadora.

Fuente: Betonform®.



Figura 24 Se observa la colocación de un panel– Erdox con la ayuda de una Excavadora.

Fuente: Betonform®.

Relleno del sistema Erdox con material propio

Cuando se tenga colocadas las placas de concreto prefabricadas y los paneles en su posición final, se procede al relleno con material propio. Con ayuda de una excavadora se procede a esta actividad, la cual inicia vertiendo el material en la parte posterior donde se encuentran las placas de concreto (anclajes), con la finalidad de certificar la estabilidad del sistema desde un inicio. A medida que se vaya avanzando con esta actividad, el relleno se completará en su totalidad.

Concluido el relleno del primer andén, se procede nuevamente con el ciclo de colocación de cada módulo del siguiente andén.



Figura 25 Se observa la colocación del relleno estructural y su posterior compactación.

Fuente: Betonform@.

Conformación de terraplén con material propio:

Alcanzado el nivel superior de los rellenos del Sistema de Contención Erdox, se procede a conformar un terraplén que sirva como transición entre el relleno del Erdox y la plataforma.



Figura 26 Se observa la compactación realizada sobre la estructura.

Fuente: Betonform®.

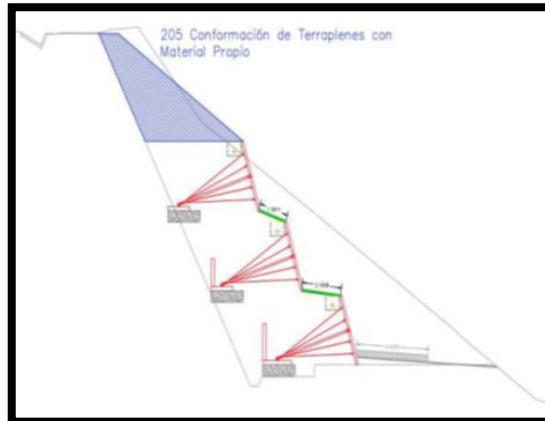


Figura 27 Sección típica del talud.

Fuente: Betonform®.

Colocación de geomanta de protección:

Culminados todos los andenes de Erdox y la conformación del terraplén, se procede a colocar sobre el relleno de cada andén, una geomanta que protegerá el sistema de agentes agresivos y, además, permitirá una posible revegetación en caso de colocarse material orgánico sobre ella.



Figura 28 Se observa la Geomanta colocada sobre cada uno de los andenes de Erdox.

Fuente: Betonform®.

Algo fundamental que nos brinda este sistema Erdox es que su estabilidad es de manera inmediata. Cuando completamos el relleno de la estructura existe la posibilidad de recargar el muro de carga dinámica, esto quiere decir que ya podemos transitar inmediatamente en proximidad del muro, esta clase de estructura es usado en muchas construcciones de emergencia vial, en las cuales existe la necesidad de certificar el tránsito vehicular en el menor tiempo posible.

Re-vegetación de las estructuras

Este sistema Erdox, tiene una particular relación con el medio ambiente, es así que se aprovecha el potencial de la vegetación para estabilizar, de un modo natural, la zona existente, gracias a sus características de flexibilidad, capacidad filtrante, elevada resistencia y hace posible el emplear diversos tipos de materiales de relleno, por lo que se sugiere la siembra de árboles y vegetación en relación a la misma estructura (16).

La siembra de vegetación tiene las siguientes funciones:

- Consolidación de la capa externa de la tierra reforzada mediante raíces.

- Cobertura verde del terraplén a través de plantas, arbustos, arboles, pastos, etc. Esto permite que la obra parezca mucho más natural en condiciones y colocaciones semejantes.
- Aumento de la biodiversidad.
- Recolección e invitación de las aguas meteóricas, lo cual permite prevenir, de esta manera, el excesivo drenaje del terreno y la excesiva verticalidad.

2.6 Modelamiento en software

El modelamiento del talud se ejecutará por medio del software Slide V. 6.0, que consiste en un programa realizado por *Rocscience* y usado para la evaluación de la estabilidad de taludes en 2D. El software emplea técnicas del equilibrio límite, para la estimación de la estabilidad (17). Su campo de aplicación en minería y obras civiles presenta una amplia diversificación. Permite analizar un sinnúmero de problemas geotécnicos, entre los que se destacan la estabilidad de pendientes, represas, pendientes en explotaciones mineras o en construcciones, etc.

En la versión Slide 6.0, este programa permite la evaluación de estabilidad de pendientes, evaluación de aguas subterráneas para flujo o condiciones transitorias. Los flujos, presiones y gradientes son estimados por medio de índices indicados por el usuario, quien considera, además, las cualidades del contorno hidráulico. El diagnóstico de infiltración se encuentra, completamente, integrado con la estabilidad de taludes o es posible de ser empleado como un componente independiente.

También, presenta un amplio potencial para ejecutar el análisis probabilístico. Es posible atribuir distribuciones estadísticas en casi todos los parámetros de entrada,

lo que incluye a las particularidades del material, propiedades de apoyo, cargas y ubicación de las aguas subterráneas. La probabilidad de falla/índice de confiabilidad es estimada, y proporciona una medida objetiva del riesgo de falla vinculado con un proyecto de inclinación. La evaluación de la sensibilidad posibilita calcular el efecto de las variables individuales respecto al componente de seguridad de talud (18).

2.7 Definición de términos básicos

- Endurecimiento: periodo de transición entre su verdadera fluidez y su verdadera rigidez, (13).
- Talud: es cualquier terreno inclinado respecto a la horizontal, que adopta la estructura del terreno en manera natural o como resultado de la participación del ser humano con obras civiles vinculadas con la ingeniería, (13).
- Estabilización: proceso encargado de mejorar las características de un suelo, de manera física o química, (12).
- Geomorfología: estudia las características que presenta en la superficie el terreno con mayor interés en encontrar, comprender su origen y comportamiento, (15).
- Acantilado: en una formación de terreno que presenta una geografía accidental, por tener una pendiente elevada como fallas geológicas, montañas y orillas de diversos ríos, (13).
- Calicata: consiste en una excavación en el suelo de un punto específico de análisis con la finalidad de evaluar los estratos del suelo indicado conforme se vaya aumentando la profundidad de excavación, (12).

- Erosión: consiste en la remoción (desprendimiento) de granos individuales o grupos de partículas de suelo y transporte de los mismos, luego del desprendimiento, (19).
- Corrimientos: consiste en los movimientos de volúmenes de suelo o masas de roca, principalmente, como resultado de la gravedad en materiales de laderas o taludes a nivel general (13).
- Permeabilidad: propiedad que presenta un cuerpo o un conjunto de elementos para poder facilitar el flujo de agua a través de los mismos, (13).
- Gaviones: conjunto de aceros unidos entre sí, en forma de malla para poder contener rocas o suelo en obras civiles, (15).
- Factor de Seguridad: consiste en el resultado del cociente que resulta de la cohesión que presenta el terreno y la cohesión que se necesita para estabilizar el talud, en otras palabras, es la relación existe en torno a las características reales que posee el talud y las características que posibilitarían la falla (13).
- Capacidad Portante: consiste en el valor soporte, es la resistencia del suelo al efecto de las cargas o su potencial para soportar cargas, (13)
- Erdox: este sistema fue elaborado como respuesta inmediata a la problemática generada por los fenómenos naturales, dando solución más económica y con certificación aprobada por normativa europea, (9).
- Gaviones: son aceros cruzados entre si formando una geometría similar a un paralelepípedo, posteriormente son llenados con piedras de un tamaño estipulado y con un peso específico acorde a las condiciones de la zona, (13).

- Slide V 5.0: Es un programa de computadora, que se encarga de analizar la estabilidad de taludes en dos dimensiones, utilizando técnicas como el equilibrio límite y busca una solución para la problemática establecida en la estabilidad de taludes.

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método y alcance de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

Se realiza una investigación sobre acontecimiento reales y se cuenta con una población, que presenta la potestad de escoger que sistema es mejor y que sistema brinde la mejor solución al problema de taludes.

En el presente trabajo, se desarrolló el método científico, el cual permite indagar, reunir, fijar información necesaria y procesar de forma sistemática, ordenada para abordar el problema.

Se realiza un trabajo en campo, trabajo en gabinete para luego evaluar los resultados en términos de tiempo y costo de los cuatros sistemas.

3.1.2 Alcances de la investigación

En esta investigación, se realizan trabajos enfocados en la estabilidad de taludes de carreteras, investigación enfocada en los cuatro sistemas de estabilización de taludes.

Se utilizarán solamente dos técnicas de cálculo para estimar la estabilidad de taludes.

3.2 Diseño de la investigación

Este trabajo de investigación propone un diseño experimental.

- Tipo de Investigación: Pre experimental.
- Método de Investigación: Cuantitativa.

El diseño de la investigación es experimental, ya que hace posible el diagnóstico y formular diversas descripciones respecto a la naturaleza de una variable, la cual se

relaciona con la estabilidad de taludes, esta descripción se apoya en la observación sistemática de la estabilidad de taludes.

3.3 Población y muestra

La población corresponde a la carretera Kepashiato, Kiteni de la provincia de Quillabamba - Cusco.

La muestra corresponde al Km 152+045 al Km 152+195 de la carretera PE-28B Kepashiato – Kiteni, sector de Agua Dulce. Específicamente la muestra es de 150 m. Se debe señalar que el acceso al tramo en estudio no siempre es posible, debido a los constantes derrumbes que ocurren allí.



Figura 29 Sector de Agua Dulce - Kiteni.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente a esta fotografía, se anexan algunas otras como parte del panel fotográfico en el capítulo final del presente trabajo de investigación.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

Este trabajo académico, las técnicas para la recolección de datos son la observación y los ensayos o pruebas de laboratorio, los ensayos de laboratorio sirven para determinar las propiedades del suelo de la zona en estudio.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Serán utilizados formatos para cada ensayo de laboratorio, los cuales están basados en normas nacionales e internacionales, los cuales registrarán los datos obtenidos que serán procesados en hojas de cálculo y de dicha forma se obtendrán los resultados para la investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Levantamiento topográfico

Se accedió al tramo en evaluación y se realizó un levantamiento topográfico mediante el método de planialtimetría con el uso de una estación total. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: plano en planta, perfil longitudinal, secciones transversales y sección típica.

Se muestra, a continuación, el plano en planta, el cual contiene curvas de nivel, las progresivas, la vía y su eje, entre otras características:

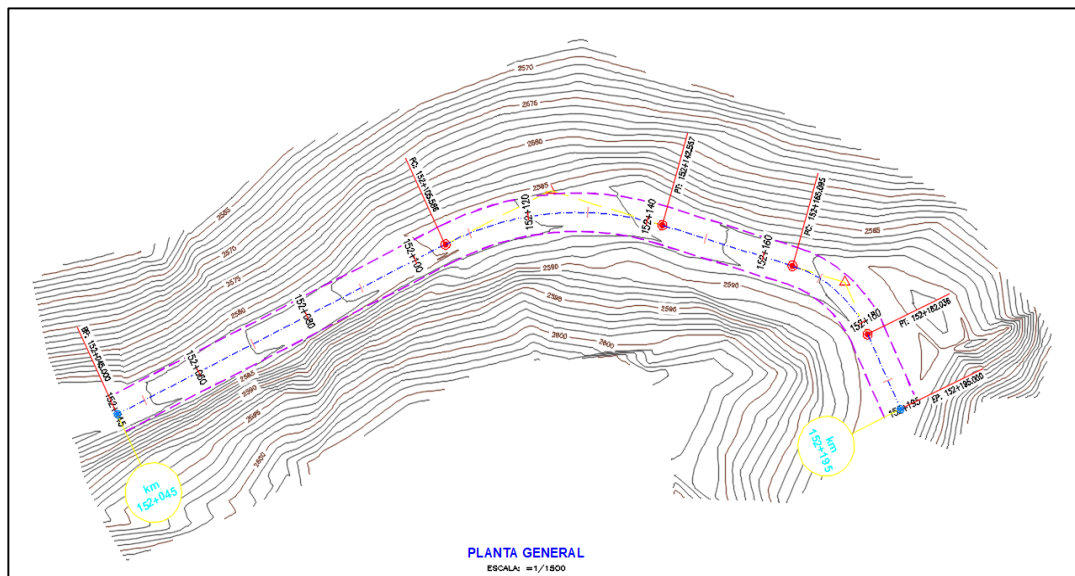


Figura 30 Plano en planta del sector de Agua Dulce - Kiteni.

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se muestra, como parte del levantamiento topográfico, la sección típica del tramo de estudio, la cual contiene las dimensiones de la calzada, de la bermacuneta, las pendientes de la vía, entre otras características:

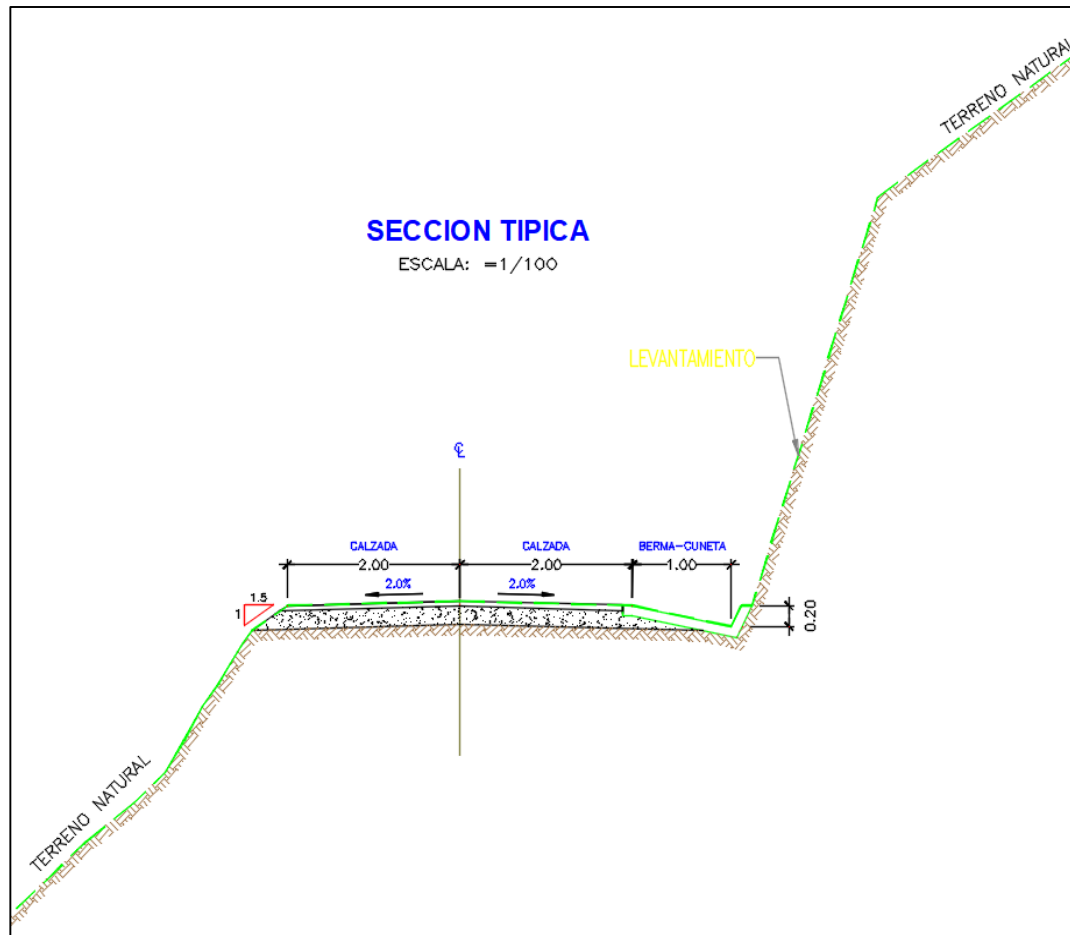


Figura 31 Sección típica de talud del sector de Agua Dulce - Kiteni.

Fuente: Elaboración propia.

Se debe indicar que el plano en planta, el perfil longitudinal y las secciones transversales de cada progresiva, se anexan en el capítulo final de este trabajo de investigación.

Entonces, con los resultados obtenidos, se puede realizar, posteriormente, el modelamiento en el software para analizar la estabilidad del talud.

4.2 Estudio de mecánica de suelos

4.2.1 Granulometría

Un análisis granulométrico es la clasificación de los suelos para usos de ingeniería.

Uno de los componentes de aceptabilidad de suelos para cualquier clase de obra de construcción sobre el suelo es la granulometría.

La información obtenida del análisis granulométrico está representada de la siguiente forma:

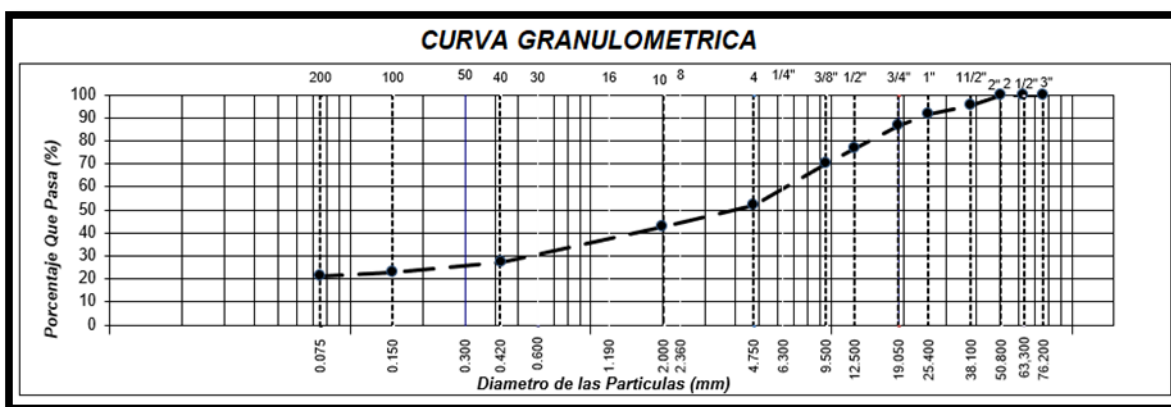


Figura 32 Curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia



Figura 33 Ensayo de análisis granulométrico.

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a esta distribución granulométrica (ASTM D422), se verifica que se tiene un porcentaje de grava de 47.9, porcentaje de arena de 30.8 y un porcentaje de finos de 21.2.

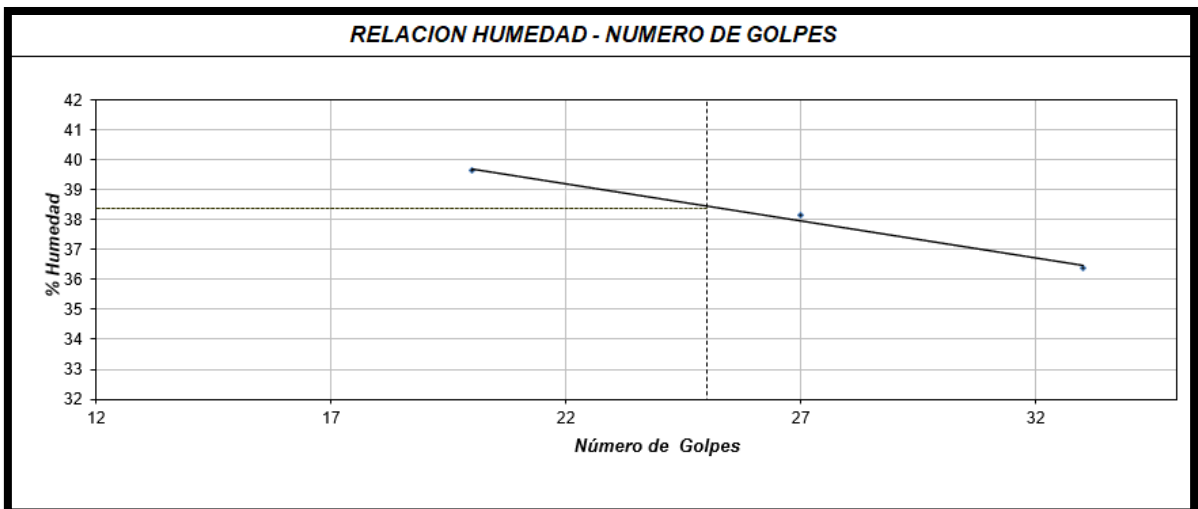


Figura 34 Contenido de Humedad.

Fuente: Elaboración propia.

Según los límites de Atterberg (ASTM D 4318), el porcentaje de límite líquido es de 38.0, el porcentaje de límite plástico es de 22.0 y el índice de plasticidad es de 16.0.

Por medio de la descripción visual – manual (ASTM 2488), la muestra es de color marrón intermedio con grava de forma subangulosa.

Tabla 1. Clasificación de materiales.

EMPLEABILIDAD	SÍMBOLO DE GRUPO	SÍMBOLO DE GRUPO
Con fines de cimentación (SUCS)	GC	Grava arcillosa con arena
Con fines de pavimentación (AASHTO)	A – 2 - 6	Grava Arcillosa

Fuente: Elaboración propia.

En el capítulo de Anexos se considera el resultado del laboratorio correspondiente al ensayo de granulometría y también fotografías del procedimiento.



Figura 35 Ensayo de límite de plasticidad.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Densidad

La densidad de un material, resulta de la asociación establecida entre su masa y volumen. Existen dos tipos de densidad, real y aparente. Donde d corresponde a la **densidad**; m a la masa; y v al volumen. El resultado se halla dividiendo la masa entre el volumen. El valor obtenido de la densidad fue 1639.5 kg/m^3 .

En el capítulo de Anexos se considera el resultado del laboratorio correspondiente al ensayo de densidad y también fotografías del procedimiento.

4.2.3 Corte directo

Para este procedimiento, se inserta la muestra dentro de una caja cuadrada o circular dividida por la mitad. Después, esta es depositada para que una de las dos mitades de desplace en función de la otra, y dentro de este proceso, la muestra se va

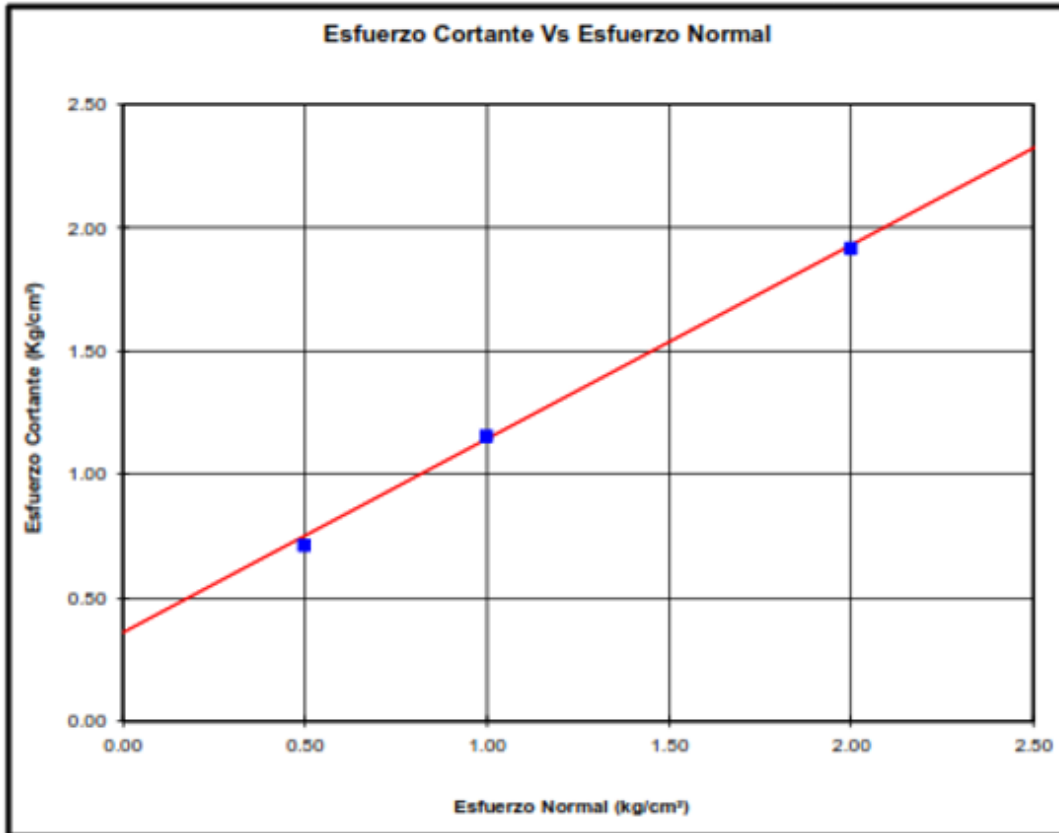
rompiendo a lo largo de la totalidad del plano entre ambas mitades. De este modo, se halla la resistencia al corte.

La ventaja que se observa es que se ejecuta el procedimiento de una manera más rápida y, además, se pueden realizar diversas pruebas en un período reducido de tiempo y, también, la resistencia al corte es posible de ser estimada en un plano predeterminado a partir de una orientación específica.

Los resultados obtenidos con este ensayo son los siguientes:

- a) Cohesión (Kg/cm^2) = 0.36
- b) Angulo de fricción = 38.13°

PARAMETROS DE RESISTENCIA



COHESION (c)	(kg/cm ²)	0.36
ANGULO DE FRICCIÓN (φ)	(°)	38.13

CONSORCIO VIAL SICUANI II
Carretera Tramo Negónayo - Yauli - San Genaro
Benz
ING. ERIC JAVIER BARZOLA PINOSTROZA
INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

Figura 36 Resultados del ensayo de corte directo.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 37 Ensayo de corte directo.

Fuente: Elaboración propia.

En el capítulo de Anexos se considera el resultado del laboratorio correspondiente al ensayo de corte directo y también fotografías del procedimiento.

4.3 Cálculo de Factor de seguridad del talud con el software Slide V 6.0

Una vez determinadas las propiedades del suelo, se procede a modelar el talud en el programa con el fin de hallar el componente de seguridad.

4.3.1 Definición de fronteras y propiedades

Se deben definir las fronteras del talud, ingresando coordenadas.

Luego se asignan los materiales al talud y definen sus propiedades como el ángulo de fricción y la cohesión del suelo.

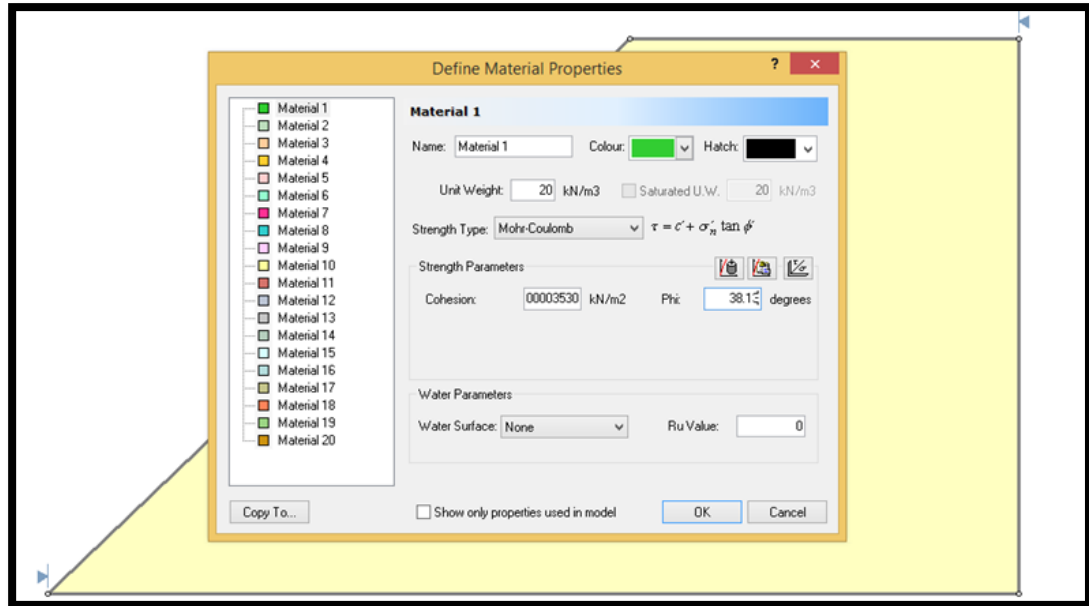


Figura 38 Definición de fronteras y propiedades en el Slide V 6.0.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Superficie de falla

Se determina la superficie de falla e interpretan los resultados, los cuales incluyen al menor componente de seguridad que existe en la superficie.

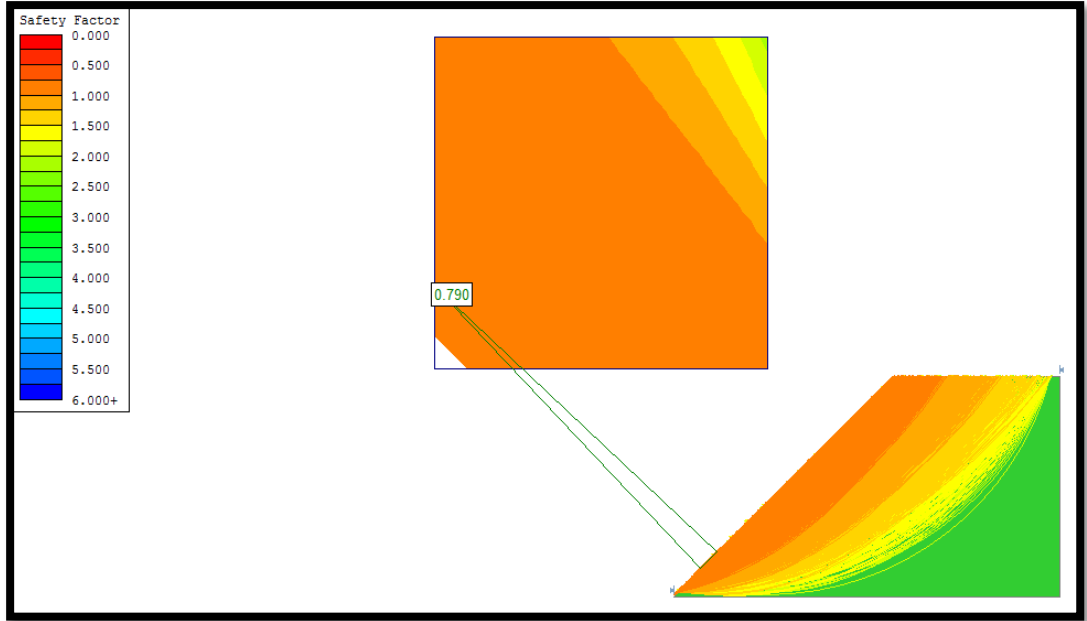


Figura 39 Definición de superficie de falla en el Slide V 6.0.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Revisión y análisis de resultados

Se verifican el número de dovelas.

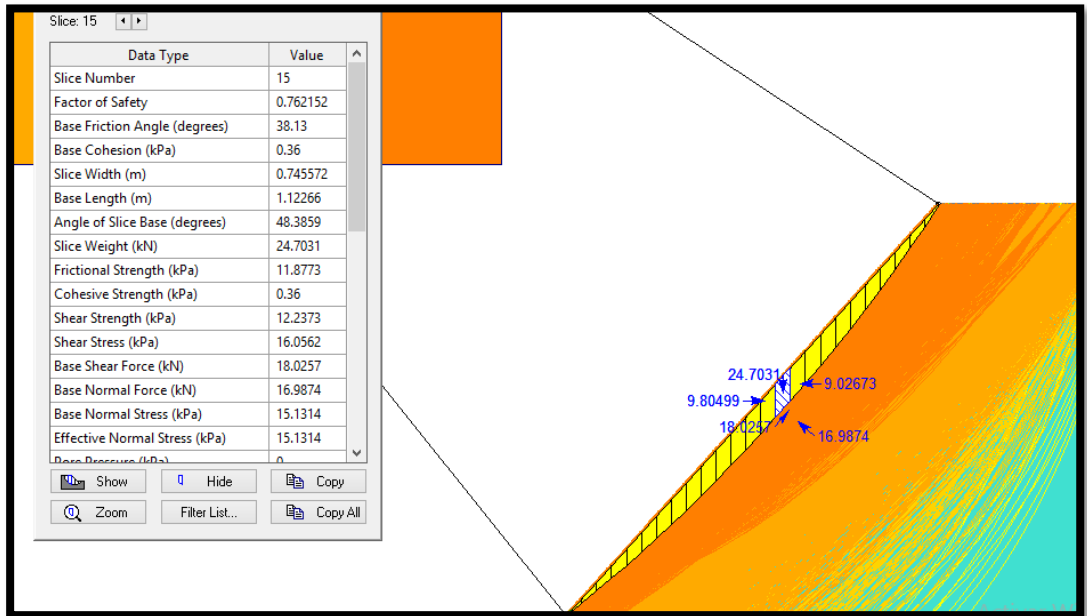


Figura 40 Revisión de análisis de resultados en el Slide V 6.0.

Fuente: Elaboración propia.

El factor de seguridad es 0.79 y de acuerdo a la normativa peruana vigente, es un talud inestable, es por ello que se plantean soluciones ante tal problemática.

4.4 Estabilización del talud

Se presenta una breve descripción de los sistemas afines al sistema Erdox con la finalidad de contrastar el sistema constructivo, rendimiento y costo.

Unos de los sistemas más usados es el sistema Terramesh, otro es el diseño de gaviones, ambos sistemas tienen similares características, sin embargo, el sistema de muros de concreto armado es muy adaptable y muy usado, el Sistema Erdox presenta muchas ventajas con relación a los otros sistemas ya mencionados.

4.4.1 Sistema Terramesh®

A. Consideraciones

Se describe este sistema similar al de un gavión, pero con espesor, generalmente tiene el largo de un metro, el mismo que se rellena, en el lugar, con piedras, en la parte inferior del gavión se cubre con un geotextil esto con el fin de evitar que el material fino de relleno tienda a salir del gavión.

Cada elemento del sistema Terramesh se encuentra conformada por una red hexagonal de doble torsión, que permite constituir el parámetro frontal, base y tapa del cajón (20).

A partir de este sistema, es posible definir paramentos verticales, con un reducido ángulo de tipo escalonado a nivel externo (con un ángulo de 6°) (9).

En el presente apartado, se enumera, de manera breve, el procedimiento trascendental para la edificación de un muro Terramesh:

- Primero, es importante que se desdoblén los materiales en una superficie plana y rígida con el fin de suprimir las potenciales irregularidades que puedan formar parte de los componentes.
- Seguidamente, se procede a levantar el panel subsiguiente y se sitúan las piezas contiguas de manera paralela al apoyo (9).
- Seguidamente, se dispone el diafragma al interior del componente y se ejecuta el amarre con el apoyo (9).
- Enseguida, se levanta el panel frontal acompañado de la tapa y luego procede con la costura de las piezas laterales al apoyo y el panel frontal; asimismo, se procede a coser el diafragma (9).
- Una vez cosidos los elementos, se ubican los elementos en el lugar que les corresponde, por medio del amarre de cada pieza contigua en función a sus planos de contacto (se ubicarán las piezas encima del terreno nivelado de acuerdo con las condiciones requeridas para que el sistema opere eficazmente) (9).
- Una vez que se cuente con los elementos amarrados, de manera adecuada, se rellena cada uno. El relleno se ejecutará en tres momentos y, al concluir los dos primeros tercios, se insertarán los tirantes. El relleno empleado debe presentar una calidad adecuada (con un ángulo de fricción razonable, el cual posibilite un drenaje eficaz) (9). También, es posible mezclar el material propio con elementos de mejores cualidades, lo cual permita asegurar que sea conveniente para la estructura. Asimismo, con el fin de certificar que las

cualidades del sistema se preserven en el tiempo, se sugiere prever obras anexas.

- Con la finalidad de rellenar el paramento de los gaviones de refuerzo, es necesario el uso de piedra de una correcta calidad, sin defectos, las cuales permitan impactar en la estructura. El tamaño deberá tener un promedio, con medidas mínimas del mayor tamaño de la malla así como máximas del doble de esta, dicho de otro modo, piedras que oscilen entre 6" y 10", y que presenten una tolerancia de 5% respecto al tamaño menor al de la malla más grande (9). Al situar las piedras, se debe considerar que las de mayores proporciones ser coloquen próximas a la malla, mientras que las más minúsculas, deben ser colocadas en la parte central del gavión. Asimismo, es importante que se procure, al momento de ubicarlas, que se detecte la mínima cantidad posible de vacíos en el gavión (9).
- Al culminar con el relleno, se doblan las tapas y se amarran de la misma manera que se explicó. (9).
- Seguidamente, se ubica y fija el filtro de geotextil en el panel posterior (9).
- Al concluir, se da inicio al relleno de la estructura, esto se realiza por medio del compactado en cada 20 o 30 cm de altura. Para compactar las áreas aledañas al paramento frontal, no es recomendable emplear maquinaria pesada, con la finalidad de eludir que las estructuras presenten deterioro alguno por el enorme peso de la maquinaria (9).
- Por último, al concluir cada tramo, es necesario que se doble el geotextil, el cual es importante que sea amarrado con las capas aledañas.

B. Diseño

El diseño del sistema Terramesh consiste en lo siguiente:

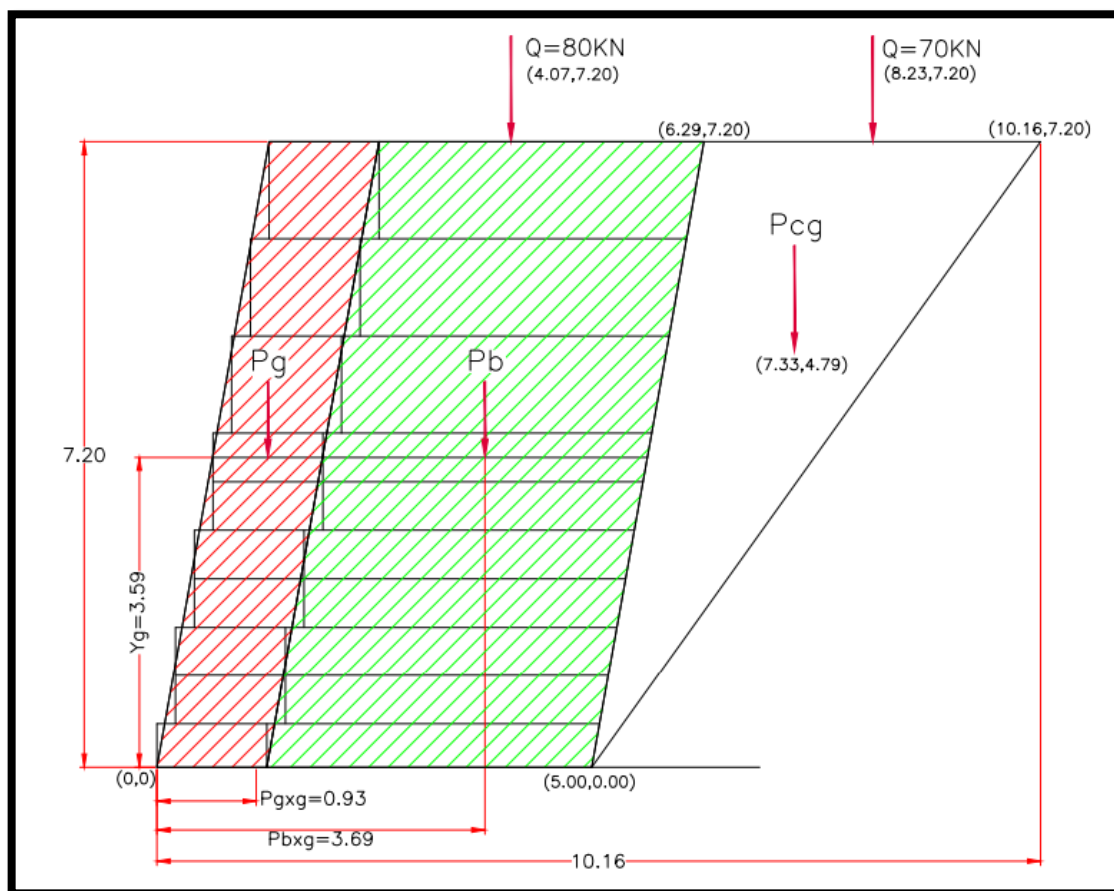


Figura 41 Esquema Sistema Terramesh.

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento del cálculo se presenta como anexo de la presente investigación.

4.4.2 Muro de Concreto Armado

A. Consideraciones

Proceder con la estabilización de un muro de concreto es la mejor alternativa, en ciertos casos en que se presentan problemas de deslizamientos en taludes. Para esto, el sistema necesita, al igual que otras estructuras de su clase, encofrado, acero de refuerzo y concreto (9).

Para elegir este sistema, se debe determinar la accesibilidad al terreno, en el cual se desea implementar el proyecto, ya que, si se trata de un área alejada, será necesario movilizar acero, encofrados y concreto, lo cual podría incrementar, notoriamente, el presupuesto del proyecto en un aproximado del 50% (9).

De igual manera, otro aspecto a tener en cuenta, respecto a esta clase de estabilización de taludes, mejorar bien el área antes de comenzar con el armado de las mallas de acero y el encofrado del muro. Por ello, resulta importante evaluar los factores locales para que se puedan ejecutar, sin problema alguno, los procedimientos de izaje de los materiales a emplear (9).

El proceso es semejante a otros muros de concreto. No obstante, en esta situación, generalmente, no se dispone de las facilidades que otorga el vaciado tradicional en la ciudad (9). Por ello, se deben considerar aspectos complementarios en relación con el espacio y la maniobrabilidad, de acuerdo a las cualidades de cada proyecto.

En relación a lo firmado anteriormente, al ejecutar este proceso constructivo dentro de un proyecto es posible que exista una demora considerable, en función a las condiciones del entorno natural. Al respecto, cabe considerar que, en el Perú, las carreteras que presentan deficiencias en cuanto a inestabilidad, generalmente, no se ubican en áreas accesibles, lo cual justifica la ampliación del tiempo de ejecución del proyecto de hasta 3 veces más a comparación del uso del sistema Erdox.

B. Diseño

El diseño del muro de concreto armado respecto a la estabilización del talud comprende los siguientes elementos: un dimensionamiento de zapata, verificación

de estabilidad, verificación por corte, control de presiones, dimensionamiento de pantalla, diseño de la pantalla y zapata.

El procedimiento del cálculo se presenta como anexo de la presente investigación.

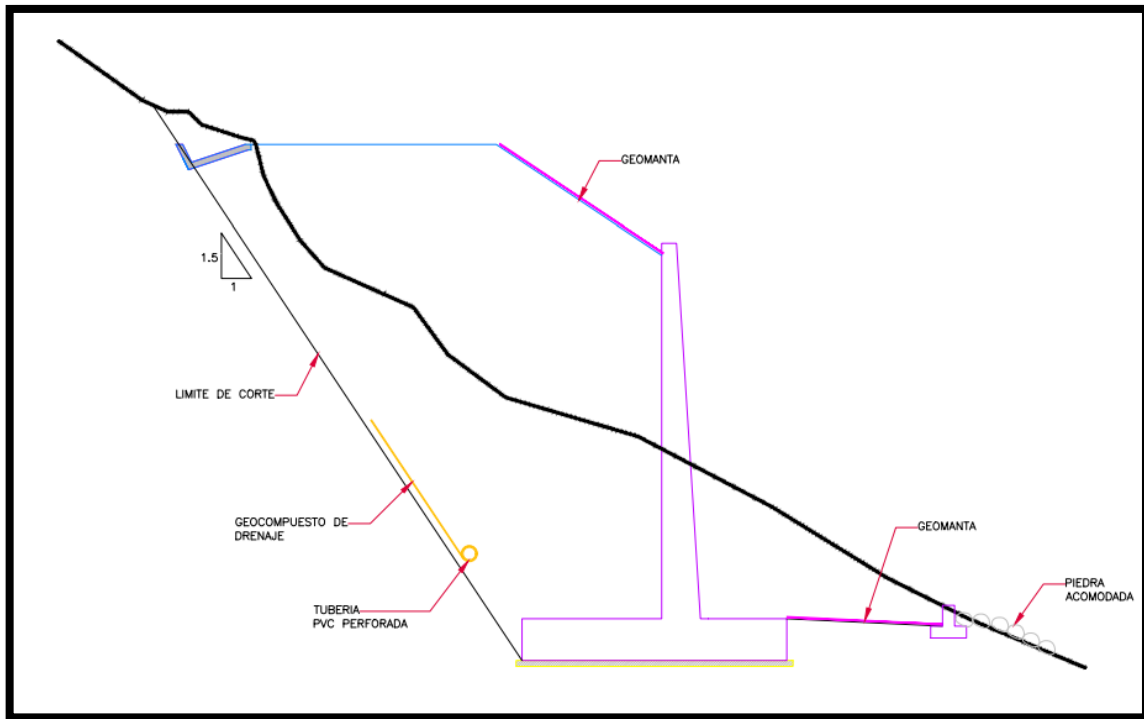


Figura 42 Esquema Sistema Muro de Concreto Armado.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3 Sistema de gaviones

A. Consideraciones

El sistema de gaviones, como se vio en la parte teórica, consiste en una estructura conformada por piedras confinadas por mallas de alambre, estructuras que usan su propio peso y, en diversas ocasiones, el peso de un segmento del suelo agregado a ella en beneficio de su estabilidad. En muchas ocasiones, dichas estructuras implican una gran ventaja, desde una perspectiva técnica y económica, en la edificación de

estructuras de contención, ya que cuentan con un sinnúmero de cualidades funcionales. Una ventaja principal de este muro de gravedad es la simplicidad que representa para su edificación.

B. Diseño

Respecto a la elaboración del diseño, es importante considerar los volúmenes para un bloque de gavión y el conjunto de bloques en estudio.

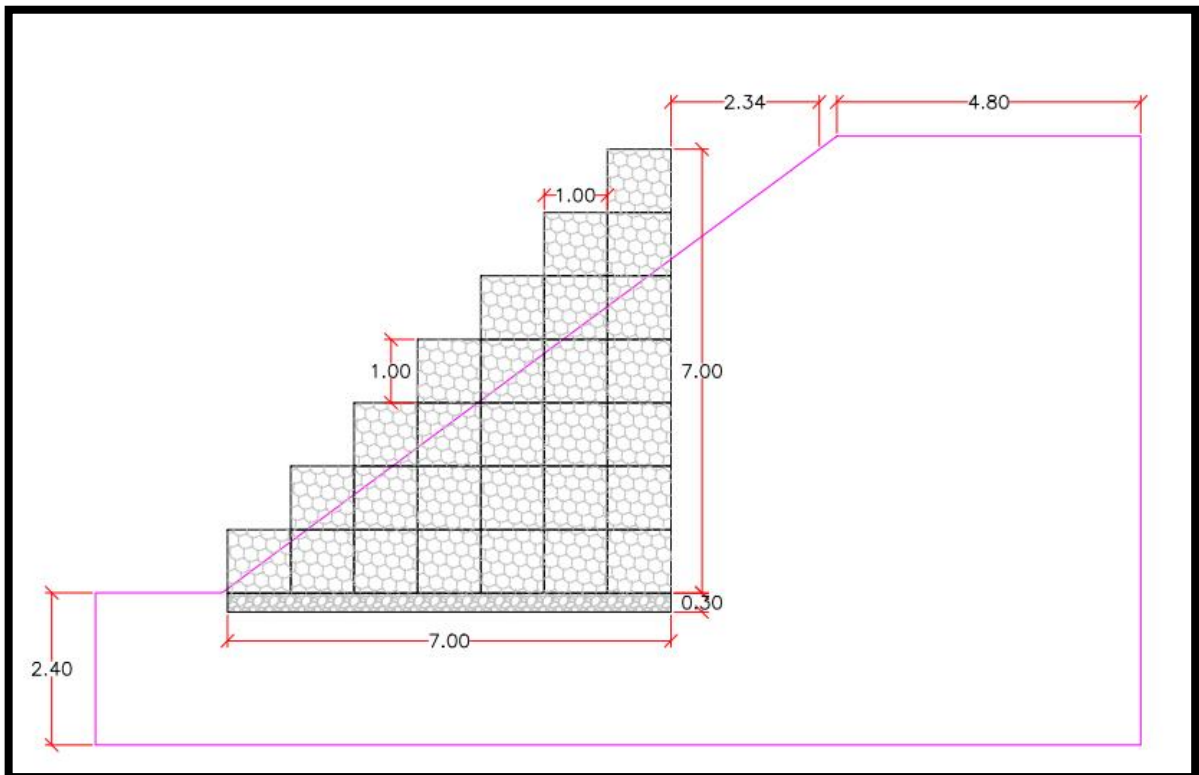


Figura 43 Esquema Sistema Gaviones.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4 Sistema Erdox

A. Consideraciones

El elemento Erdox consiste en una edificación de acero flexible y con forma piramidal, con un peso neto, considerablemente, mínimo. El anclaje, al término de dicha edificación, es con una forma de paraguas, la cual se consigue por medio de un simple perno que es colocado en la losa de base o en el ancla. Este sistema resulta ser bastante adaptable y flexible.

B. Diseño

- Estimación del empuje activo.

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{38.13}{2}\right)$$

$$K_a = 0.2366$$

- Estimación del empuje producido al panel Erdox.

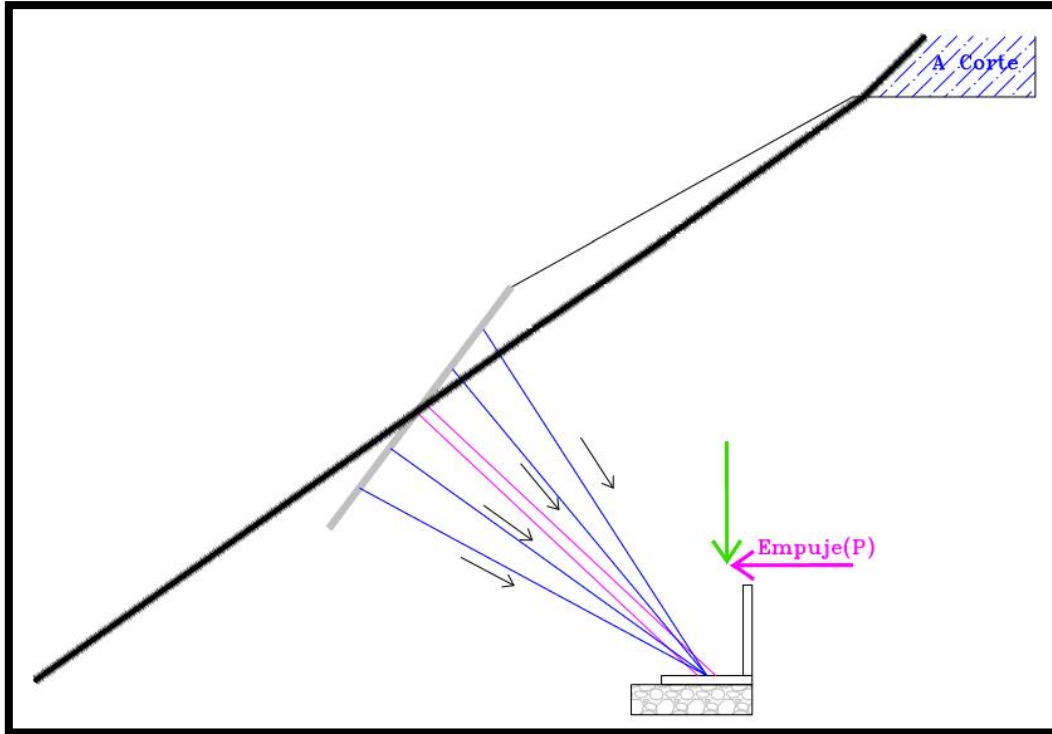


Figura 44 Esquema de Sistema Erdox.

Fuente: Elaboración propia.

$$P = \gamma_s * h * \frac{K_a}{2} + Q * K_a$$

$$P = 16.078 * 2 * \frac{0.2366}{2} + 1 * 0.2366$$

$$P = 4.04 \text{ KN}$$

$$P = 0.411 \text{ Toneladas}$$

$$0.411 \text{ Toneladas} < \mathbf{12 \text{ Toneladas OK.}}$$

- Estimación de peso del primer relleno l (material extraído)

$$W_{s1} = (A_1 * L) * \gamma \text{ suelo extraído}$$

$$W_{s1} = 1.6 \text{ m}^2 * 2 \text{ m} * 1639.5 \text{ Kgr. /m}^3$$

$$W_{s1} = 5246.4 \text{ Kgr.}$$

- Estimación de peso del segundo relleno s (material extraído)

$$W_{ss} = (A_s * L) * \gamma \text{ suelo extraído}$$

$$W_{ss} = (1.28 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1639.5 \text{ Kgr. /m}^3$$

$$W_{ss} = 4197.12 \text{ Kgr.}$$

- Estimación de peso del tercer relleno t (material extraído)

$$W_{st} = (A_t * L) * \gamma \text{ suelo extraído}$$

$$W_{st} = (1.5 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 1639.5 \text{ Kgr. /m}^3$$

$$W_{st} = 4918.5 \text{ Kgr.}$$

- Estimación de peso de la primera placa de anclaje. (l)

$$W_{pl\ l} = (A_l * L) * \gamma \text{ Concreto}$$

$$W_{pl\ l} = (0.8 \text{ m}^2 * 0.8 \text{ m}) * 2400 \text{ Kgr. /m}^3$$

$$W_{pl\ l} = 1536 \text{ Kgr.}$$

- Estimación de peso de la segunda placa de anclaje. (s)

$$W_{pl\ s} = (A_s * L) * \gamma \text{ Concreto}$$

$$W_{pl\ s} = (0.8 \text{ m}^2 * 0.8 \text{ m}) * 2400 \text{ Kgr. /m}^3$$

$$W_{pl\ s} = 1536 \text{ Kgr.}$$

Teniendo en cuenta que el peso del sistema Erdox junior es: 120 Kgr.

- Estimación del momento por volcamiento.

$$M_{to} = E_a * B_t$$

$$B_t = \text{Longitud al punto de empuje.}$$

$$M_{to} = 1 \text{ m} * 1869.88 \text{ Kgr.}$$

$$M_{to} = 1869.88 \text{ kgr.}$$

- Estimación del momento estabilizante (No se considera la cama de arena)

$$Mte = Wsl * bwtl + Wss * bwts + Wst * bwtt + Wpl l * bwtc + Wpl s * bwtq + Wjs.erdox * bwtx$$

$$Mte = 5246.4 * 2.54 + 4197.12 * 1.82 + 4918.5 * 1 + 1536 * 2.54 + 1536 * 2.89 + 120 * 0.75$$

$$Mte = 34313.68 \text{ Kgr.}$$

- Estimación del FS por volcamiento

$$FS\checkmark = Mte / Mto = 34313.68 / 1869.88$$

$$FS\checkmark = \mathbf{18.40 > 2 \text{ OK.}}$$

- Estimación del FS al deslizamiento (se considera la cama de arena)

Estimación del peso de la cama de arena para soporte de la placa.

$$W \text{ cama arena} = (A^2 * L) * \gamma \text{ canto arena}$$

$$W \text{ cama arena} = (0.36 \text{ m}^2 * 2 \text{ m}) * 2000 \text{ Kgr. / m}^3$$

$$W \text{ cama arena} = 1440 \text{ Kgr.}$$

$$FSD = (\Sigma \checkmark * \text{Tang}(\checkmark)) / Eaf$$

$$FSD = (1440 + 1536 + 1536 + 5246.4 + 4197.12 + 4918.5 + 120) * \text{Tang}(38.13^\circ) / 1863.88$$

$$FSD = 7.97 > \mathbf{1.5 \text{ OK.}}$$

- Estimación de capacidad portante.

$$qu = c * Nc + q * Nq + \frac{1}{2} * \gamma_s * B * Ny$$

$$\text{Cohesión } (\checkmark) = 0.36 \text{ Kgr. / cm}^2 = 3600 \text{ Kgr. / m}^2$$

Valores de Nc, Nq y Ny, del ángulo de fricción (ϕ) de 38.13° son:

$$Nc = 62.19$$

$$Nq = 49.84$$

$$Ny = 79.87$$

$$q = \gamma_s * Df = 1639.5 \text{ Kgr. / m}^3 * 0.3 \text{ m} = 491.85 \text{ Kgr. / m}^2$$

$$qu = 3600 * 62.19 + 491.85 * 49.84 + \frac{1}{2} * 1639.5 * 2.95 * 79.87$$

$$qu = 441544.42 \text{ kgr. / m}^2$$

$$q_{adm} = \frac{qu}{FS}$$

$$q_{adm} = 441544.42 / 3 = 147181.47 \text{ Kgr. / m}^2$$

$$q_{adm} = 14.71 \text{ Kgr. / cm}^2$$

- Punto de Aplicación de la Normal

$$X = (Mte - Mto) / (Werdox + Wextraído + Wpl + Wcama arena)$$

$$X = (34313.68 - 1869.88) / (20241.09)$$

$$X = 1.6 \text{ m}$$

- Estimación de la Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - X < \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{2.95}{2} - 1.60 < \frac{2.95}{6}$$

$$e = -0.125 < 0.49$$

- Estimación del asentamiento.

Sistema Erdox I.

$$\sigma_1 = \frac{(Werdox + Wextraído + Wpl + Wcama arena)}{A} \left(1 - \frac{(6e)}{B}\right)$$

$$\sigma_1 = \frac{(20241.09)}{2.95 * 2} \left(1 - \frac{(6 * -0.125)}{2.95}\right)$$

$$\sigma_1 = 4302.90 \text{ Kgr. / m}^2$$

$$\sigma_1 = 0.43 \text{ Kgr./cm}^2 < 1.37 \text{ Kgr. / cm}^2 \text{ OK.}$$

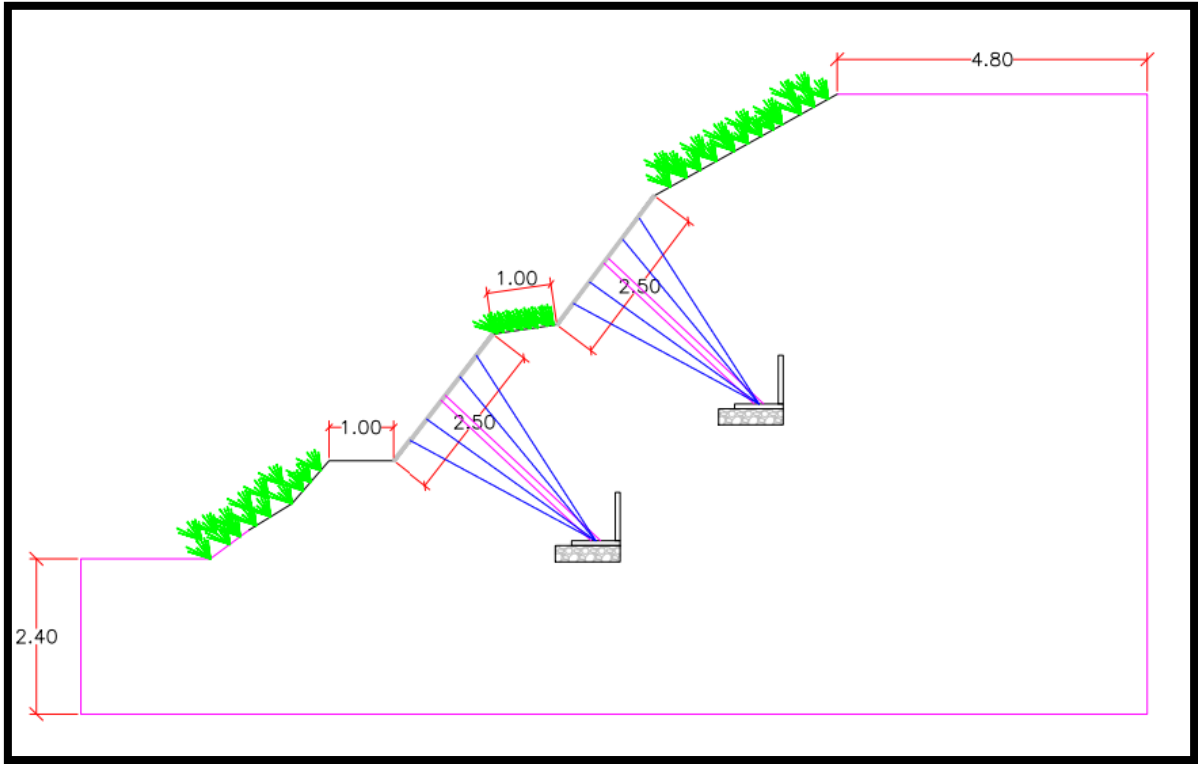


Figura 45 Esquema de Sistema Erdox.

Fuente: Betonform®.

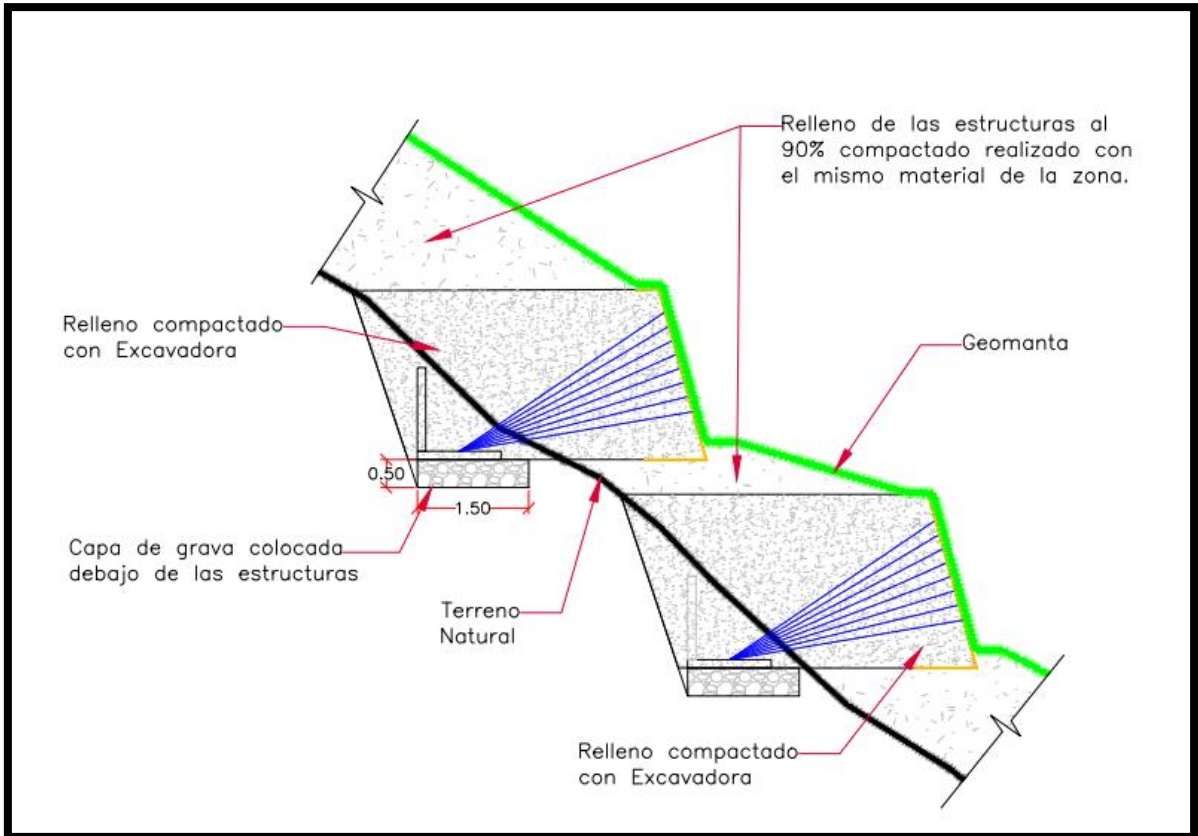


Figura 46 Sección típica del sistema Erdox.

Fuente: Betonform®.

4.5 Comparación de costos

Con la finalidad de efectuar la contrastación del sistema Erdox respecto a distintos métodos de contención de taludes, se plantean a continuación las opciones del sistema Terramesh, gaviones y muro de concreto.

Se proponen los cuadros de los precios precisados que representan los sistemas de contención de taludes, cada uno ha sido insertado con su respectivo esquema del perfil del talud a intervenir para, posteriormente, contrastar las principales partidas a considerar para evaluar, con mayor minuciosidad, las semejanzas y diferencias que exista en cada sistema.

4.5.1 Presupuesto del sistema Terramesh

Se presenta el presupuesto de la implementación del sistema Terramesh:

Tabla 2. Presupuesto de sistema Terramesh.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U	MONTO
1	Obras Provisionales				
1.01	Topografía y Georeferenciación	Km	0.18	781.46	140.66
2	Movimiento de Tierras				
2.01	Corte de material talud	m3	3,896.00	3.35	13,051.60
2.03	Conformación de terraplenes con material grava	m3	169.20	138.77	23,479.88
3	Obras de Arte y Revegetación				
3.01	Relleno para suelo reforzado (Terramesh)	m3	3,896.00	56.00	218,176.00
3.02	Geotextil no tejido clase II	m2	505.00	2.02	1,020.10
3.03	Tubería flexible perforada	m	18.06	10.25	185.12
3.04	Subdrenaje tipo IV	ml	10.12	19.05	192.79
3.05	Geomalla WG 200	m2	495.00	4.96	2,455.20
	Geomalla WG 120	m2	356.00	4.75	1,691.00
3.06	Terramesh 1x1x4 malla de 10x12 d = 2.7 mm (ZN + AL + TBC)	unidad	145.00	125.48	18,194.60
	Terramesh 0.50x1x4 malla de 10x12 d = 2.7 mm	unidad	125.00	174.26	21,782.50
3.07	Geocompuesto para drenaje 11 mm	m2	108.00	13.92	1,503.36
3.08	Geomanta Macmat L 2x30	m2	220.00	7.97	1,753.40
3.09	Acondicionamiento de material en DME	m3	552.00	1.01	557.52
3.10	Vegetación	unidad	100.00	12.00	1,200.00
4	Transportes				
4.01	Transporte de Material Canto Rodado a más de 1Km	m3.Km	2,880.00	1.78	5,126.40
4.02	Transporte de Material Grava a más de 1Km	m3.Km	3,250.00	1.76	5,720.00
				TOTAL	316,230.13

Fuente: Elaboración propia.

El costo directo de la implementación del sistema Terramesh es de S/ 316,230.13

4.5.2 Presupuesto del sistema de muro de concreto

Se presenta el presupuesto de la implementación del sistema de muro de concreto.

Tabla 3. Presupuesto de sistema muro de concreto armado.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U	MONTO
1	Obras Provisionales				
1.01	Topografía y Georeferenciación	Km	0.18	781.46	140.66
2	Movimiento de Tierras				
2.01	Corte de material talud	m3	3,492.00	3.35	11,714.19
2.02	Conformación de terraplenes con material grava	m3	169.20	138.77	23,479.88
3	Obras de Arte y Revegetación				
3.01	Relleno para estructuras	m3	180.00	56.00	10,080.00
3.02	Tubería flexible perforada	m	18.06	10.25	185.12
3.03	Geocompuesto para drenaje 11 mm	m2	108.00	13.92	1,503.36
3.04	Geomanta MACMAT L 2x30	m2	220.00	7.97	1,753.40
3.05	Concreto f'c=210 kg/cm2	m3	180.00	350.00	63,000.00
3.06	Encofrado y desencofrado	m2	487.52	18.02	8,785.11
3.07	Acero de refuerzo fy=42 kg/cm2	kg	23,480.00	4.90	115,052.00
3.08	Acondicionamiento de material en DME	m3	452.00	1.01	456.52
3.09	Vegetación	unidad	50.00	12.00	600.00
4	Transportes				
4.01	Transporte de Material Canto Rodado a más de 1Km	m3.Km	2,458.00	1.78	4,375.24
4.02	Transporte de Material Grava a más de 1Km	m3.Km	3,204.00	1.76	5,639.04
				TOTAL	246,764.52

Fuente: Elaboración propia.

El costo directo de la implementación del sistema Concreto Armado es de S/
246,764.52

4.5.3 Presupuesto del sistema de gaviones

Se presenta el presupuesto de la implementación del sistema de gaviones.

Tabla 4. Presupuesto de sistema de gaviones.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U	MONTO
1	Obras Provisionales				
1.01	Topografía y Georeferenciación	Km	0.18	781.46	140.66
2	Movimiento de Tierras				
2.01	Corte de material talud	m3	3492.00	3.35	11,714.19
2.02	Conformación de terraplenes con material grava	m3	169.2	138.77	23,479.88
3	Obras de Arte y Revegetación				
3.01	Gavión Tipo Caja	m3	500	129.93	64,965.00
3.02	Gavión Tipo Colchón	m3	250	73.53	18,382.50
3.03	Relleno para Gavión Tipo Caja	m3	500	55	27,500.00
3.04	Relleno para Gavión Tipo Colchón	m3	250	55	13,750.00
3.05	Acondicionamiento de material en DME	m3	452.00	1.01	456.52
3.06	Vegetación	unidad	50	12	600.00
4	Transportes				
4.01	Transporte de Material Canto Rodado a más de 1Km	m3.Km	2880	1.78	5,126.40
4.02	Transporte de Material Grava a más de 1Km	m3.Km	1690	1.76	2,974.40
				TOTAL	169,089.56

Fuente: Elaboración propia.

El costo directo de la implementación del sistema Gaviones es de S/ 169,089.56

4.5.4 Presupuesto del sistema Erdox

Se presenta el presupuesto de la implementación del sistema Erdox.

Tabla 5. Presupuesto de sistema Erdox.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	METRADO	P.U	MONTO
1	Obras Provisionales				
1.01	Topografía y Georeferenciación	Km	0.18	781.46	140.66
2	Movimiento de Tierras				
2.01	Corte de Material Talud	m3	2,522.00	3.35	8,460.25
2.02	Conformación de terraplenes con material grava	m3	169.2	138.77	23,479.88
3	Obras de Arte y Revegetación				
3.01	Elemento Erdox (Incluye placa de apoyo y transporte)	unid	50.00	1435.00	71,750.00
3.02	Relleno para Erdox con Material propio y grava	m3	2,077.20	1.31	2,722.14
3.03	Vegetación	unid	100.00	12.00	1,200.00
4	Transportes				
4.01	Transporte de Material Grava a más de 1Km	m3.Km	288.00	17.26	4,972.03
				TOTAL	112,724.96

Fuente: Elaboración propia.

El costo directo de la implementación del sistema Erdox es de S/ 112,724.96

4.6 Comparación económica

Producto del análisis, se evidencia que el costo total del método Erdox resulta ser más rentable y, dicha razón, es más pertinente para estabilizar este talud, ya que la inversión por este sistema es de S/ **112,724.96**. Este precio es, evidentemente, inferior al precio del sistema Terramesh de S/ **316,230.13**. De igual manera, la inversión por el sistema Erdox para estabilizar el talud es, notoriamente, inferior que la alternativa del Muro de Concreto que posee un valor de S/ **246,764.52**. Finalmente, lo mismo se percibe con el sistema Gaviones, el cual presenta un valor de S/ **169,089.56**, que resulta ser superior en relación al Sistema Erdox.

4.7 Discusión de resultados

Existen diversos métodos para estabilizar taludes y las diferencias que existen entre cada uno de ellos son varias. Los resultados del actual trabajo de investigación certifican que, para el tramo de estudio, la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 - Kepashiato – Kiteni, el sistema Erdox es el menos costoso.

Discusión 1: Respecto al suelo

Es esencial contar con un estudio de las propiedades del suelo para poder realizar un modelamiento adecuado del talud. Así también, es imprescindible que el levantamiento topográfico refleje al talud que se desea estudiar. La mecánica del suelo permitirá estimar el componente de seguridad que se tiene y en función a este, y también a la normativa actual, plantear alternativas de solución para poder estabilizarlo.

Discusión 2: Respecto al modelamiento

Realizar un modelamiento preciso del talud incluye necesariamente la utilización de programas (software) que faciliten este procedimiento. Para el caso de estudio, se hizo uso del Slide V 6.0. Este software requirió como parámetros de entrada, entre otros, a las propiedades del suelo: granulometría, densidad y corte directo. Estos datos, al haber sido hallados en laboratorio con anterioridad, permitieron un modelamiento certero del talud. Además, el software requirió los datos del levantamiento topográfico también previamente realizado. En ese sentido, se puede decir que, para un correcto modelamiento del talud, es primordial contar con estos datos y otros que el software requiere. Así mismo, se debe indicar que también es importante elegir un método adecuado de cálculo y luego interpretar los resultados que el programa brinda para una correcta obtención del factor de seguridad.

Discusión 3: Respecto a la comparación de costos

El sistema Terramesh con S/. 316,230.13 es el sistema más costoso en comparación con los otros sistemas comparados en estudio, esto se debe a el material de relleno de suelo reforzado es muy costoso, también el costo de este sistema se eleva por los materiales usados en este sistema como son los geocompuestos para el drenaje, geomanta macmat, geomalla WG 200, etc. El sistema de muros de concreto armado con S/. 246,764.52, también con un costo elevado por la cantidad de concreto que se utiliza, así como la cantidad de acero que se usa para este sistema; el sistema gavión con un costo de S/. 169,089.56, es un sistema muy usado en muchos proyectos, en este estudio el costo se eleva por los materiales del gavión tipo caja, como el costo

del relleno de este gavión y el sistema Erdox con S/. 112,724.96, este sistema es el más económico en comparación de los otros sistemas convencionales, su economía se debe a que este sistema se rellena con el mismo material extraído del corte del talud.

CONCLUSIONES

GENERAL

Para la estabilidad del talud de la zona en estudio se diseñó cuatro sistemas de estabilidad de taludes, cada sistema presenta su máximo factor de seguridad en el modelamiento del Slide v 6.0, se analizó los costos de los sistemas de Terramesh, gaviones, muros de concreto armado y Erdox, donde resulta que el sistema Erdox es el más económico.

ESPECIFICAS

Primero. Los resultados obtenidos a partir de los ensayos de mecánica de suelos efectuados fueron los siguientes: la clasificación granulométrica fue grava arcillosa (AASHTO), grava arcillosa con arena (SUCS), el límite de plasticidad fue de 22.0, y su índice de plasticidad es de 16.0, corte directo se halló la cohesión de 0.36 Kg/cm², el ángulo de fricción de 38.13°. Estos ensayos fueron esenciales para determinar la estructura y textura del suelo.

Segundo. Estos parámetros fueron esenciales para el modelamiento en el software Slide v 6.0. El componente de seguridad del talud en estudio que es de 0.79, el cual no se ajusta a los parámetros de las normativas actuales.

Tercero. El costo total de implementación del sistema Terramesh fue de S/ 316,230.13, el del sistema de muros gavión de S/ 169,089.56, el sistema de muros de concreto armado de S/ 246,764.52 y el del sistema Erdox de S/ 112,724.96 Se realizó un análisis comparativo de costos entre las soluciones posibles del método Erdox, Terramesh, muros gavión y muros de concreto, resultó en que el método Erdox es el más económico.

RECOMENDACIONES

Primero. Se recomienda realizar un estudio topográfico a detalle para un adecuado diseño de estabilización de taludes.

Segundo. Es recomendable realizar un diseño para la evacuación de aguas superficiales, aguas de precipitación pluvial, como alcantarilla, cunetas y otros, con el objetivo de mantener la vía en buen estado.

Tercero. Es recomendable que los proyectistas de diseño de carreteras tengan en cuenta una adecuada evaluación a cada uno de los taludes existen en esta vía por las discontinuidades que presenta este esta zona de investigación, seguir investigando en otros tipos de talud otros métodos de estabilidad de taludes, así como la comparación de costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Estrada Bautista, Verónica Valeria y Soberanis Bello, Jonathán Jair.** *Estabilidad de Taludes en Suelos.* NEZAHUALCÓYOTL, EDO. DE MÉXICO : Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.
2. **Delgado Villagomez, Mauricio Antonio.** *Estudio de estabilización de taludes en el barrio la Merced Baja-Cantón Guaranda .* Quito-Ecuador : Universidad Central de Ecuador, 2018.
3. **Orozco Olarte, Karla María.** *Estabilidad de Taludes en Suelos Residuales evaluado en el corto y largo plazo.* Medellín-Colombia : Universidad EAFIT, 2013.
4. **Morales Muñoz, Byron Omar.** *Metodología de Estabilización de Taludes de Carreteras.* Quito - Ecuador : Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2012. 1.
5. **Pessi Orige, Leandro.** *Análise de Estabilidade e Proposta de Solucao de um Talude no Bairro Pantanal/ Florianópolis - Sc.* Florianópolis - Brasil : Universidad Federal de Santa Catarina, 2016. 1.
6. *Investigación Geotécnica para la Estabilización de las Laderas del Barrio San Fermín, Municipio de Ocaña, Departamento de Norte de Santander (Colombia).* **Gallardo Amaya, Romel Jesús, Guerrero Barbosa, Thomas Edison y Macgregor Torrado, Agustín Armando.** 2, pp 66-74, Norte de Santander - Colombia : Revista INGE CUC, 2013, Vol. 9. 1.

7. *Efecto de la Saturación en el deslizamiento de Talud en la Comunidad de San Juan de Grijalva, Chiapas.* **Mora Ortiz, R.S. y Rojas González, E.** 1, Chiapas - México : Ingeniería Investigación y Tecnología, 2012, Vol. XIII. ISSN 1405-7743 FI-UNAM.
8. **Hurtado Zamora, Oswaldo.** *"Análisis técnico económico para estabilización de taludes en vías empleando sistema de muro no convencional, tramo de carretera Kishuara – Puente Sahuinto – Abancay"*. Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2017.
9. **Urteaga Posadas, Cesar Augusto.** *Estabilización del Talud Con Sistema Erdox en Taludes de Carreteras.* Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.
10. **Zuñiga Palomino, Rossmery.** *Análisis de estabilidad del talud Carretera Central Km 117 + 800 - 118 + 000 y propuesta de solución con el uso de gaviones.* Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2018.
11. *Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo.* **Valiente Sanz, Ricardo, Sobrecases Martí, Salvador y Díaz Orrego, Aníbal.** 7, pp 50 -54, Lima - Perú : Revistas PUCP, 2015, Vol. 1.
12. **Braja Das, M.** *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.* México : s.n., 2015. Cengage Learning.
13. **Suarez Diaz, Jaime.** *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.* Bucaramanga-Colombia : Ingeniería de Suelos Ltda., 1998.
14. **Rodriguez Gonzales, Víctor.** *Análisis comparativo de distintos métodos de determinación del factor de seguridad en el talud ubicado en la vía Tamarindo.* Ibagué - Tolima : Universidad Cooperativa de Colombia, 2020. 1.

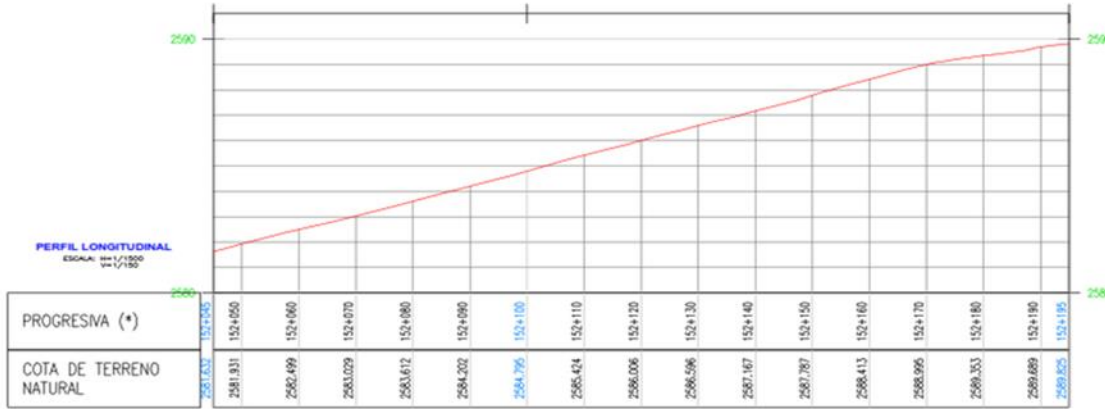
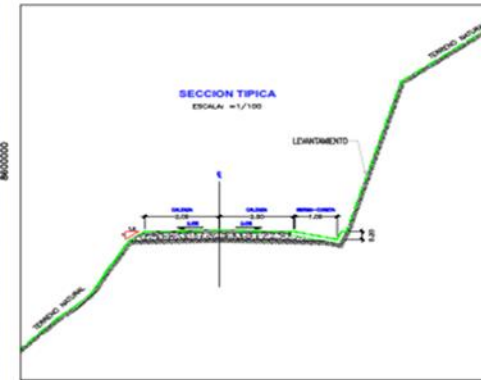
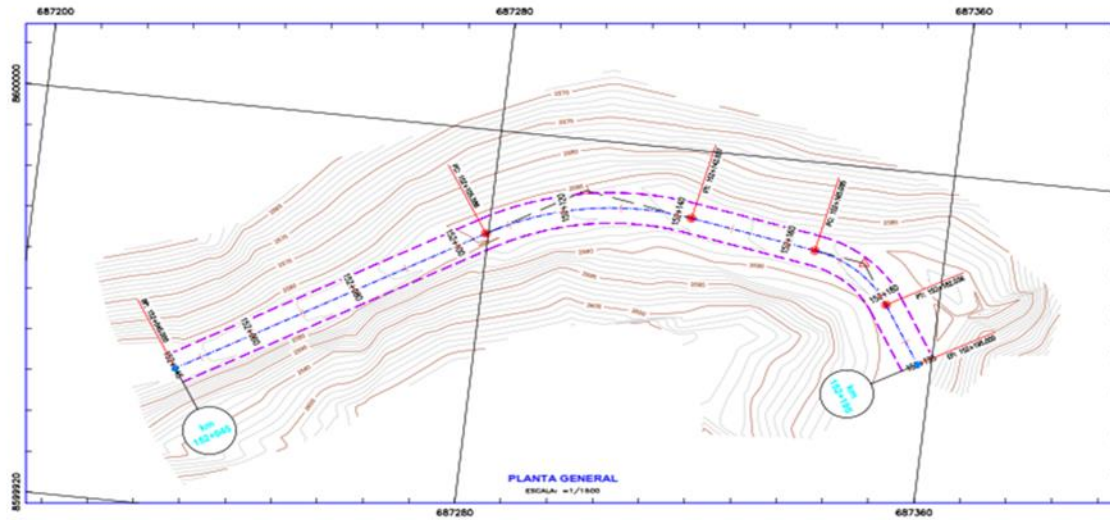
15. **Matteis, Alvaro F.** *Geología y Geotécnia*. Colombia : Universidad Nacional del Rosario, 2003.
16. *Desing Erdox®. Betonform® SRL/GMBH*. 1, Medesano - Italia : Layo ut., 2018, Vol. 2. 1.
17. **Gutiérrez López, Jhesber Keedy.** *Sistemas de estabilidad de taludes Erdox y Gaviones para mejorar el comportamiento estructural y económico del Km 14 Puente Capelo - Chanchamayo, 2019*. Lima - Perú : Universidad César Vallejo, 2019. 1.
18. *Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales*. **Sanhueza Plaza, C.** 1, Chile : Revista de la Construcción., 2013, Vol. 12. 1.
19. **Cruden, D.** *A simple definition of a Landslide*. EE.UU : Bulletin of the International Association, 1991.
20. **Maccaferri.** <https://www.maccaferri.com/br/>. <https://www.maccaferri.com/br/>. [En línea] Maccaferri de Brasil, 20 de Junio de 2021. [Citado el: 28 de Junio de 2021.] <https://www.maccaferri.com/br/>. 1.

ANEXOS

• **Anexo 01.** Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR
GENERAL			Independiente		
¿Cómo estabilizar el talud de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato - Kiteni?	Estabilizar el talud de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato - Kiteni.	El uso de los sistemas Erdox, Terramesh, gaviones y muros de concreto aseguran la estabilidad de taludes de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato - Kiteni, evitando las obstrucciones y daños en la infraestructura vial.	Estabilidad del talud	Propiedades del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de granulometría • Ensayo de corte directo
ESPECÍFICOS			Dependientes		
¿Cómo influye la estructura y textura del suelo en la estabilidad del talud?	Analizar la influencia de la estructura y textura del suelo en la estabilidad del talud de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato - Kiteni.	La estructura y textura del suelo influye de manera significativa y directamente en la estabilidad del talud en la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato - Kiteni.	Propiedades de mecánica de los suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido de Humedad • Angulo de fricción • Granulometría de los suelos • Clasificación de los suelos 	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzos normales • Esfuerzos cortantes • Cohesión
¿Qué comprende el modelamiento del talud y cuál es el factor de seguridad sin un método de estabilización?	Realizar el modelamiento del talud y calcular el factor de seguridad sin un método de estabilización de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 - Kepashiato - Kiteni.	El modelamiento del talud permitirá calcular el factor de seguridad sin un método de estabilización de la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 - Kepashiato - Kiteni.	Factor de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Equilibrio • Inestable • Estable 	<ul style="list-style-type: none"> • FS min = 1.5 • FS=1 • FS<1.5 • FS>1.5
¿Qué diferencia en costos y proceso constructivo existe entre el sistema Erdox, sistema Terramesh, muros gavión y muros de concreto?	Analizar comparativamente los costos entre las soluciones posibles del sistema Erdox, sistema Terramesh, muros gavión y muros de concreto.	Con el diseño de los sistemas Erdox, Terramesh, Gaviones y muros de concreto se obtienen la diferencia en rentabilidad y rapidez en el proceso constructivo para estabilizar el talud en la carretera PE-28B del Km 152+045 al Km 152+195 Kepashiato - Kiteni.	Diseño de sistema Erdox para el sostenimiento de taludes.	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerza de seguridad al volcamiento • Fuerza de seguridad al deslizamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de seguridad al volcamiento • Índice de seguridad al deslizamiento

- Anexo 02. Plano en planta de la zona agua dulce - Kiteni



- NOTAS:
1. SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO ES EL WGS 84.
 2. DIMENSIONES EN METROS, ELEVACION LOCAL EN metros.

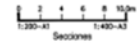
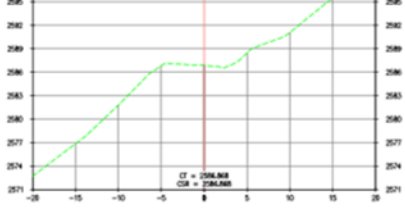
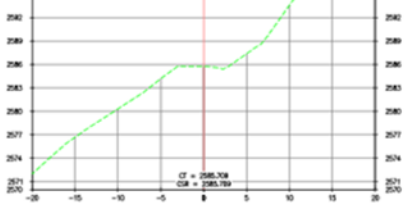
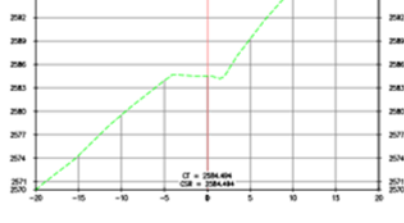
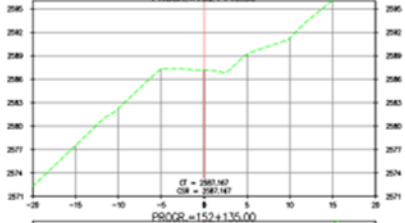
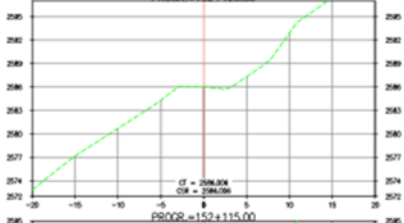
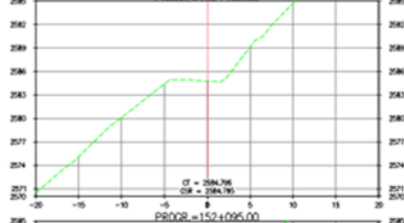
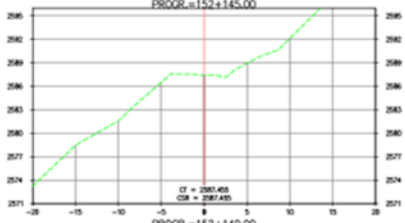
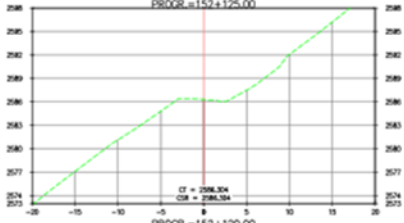
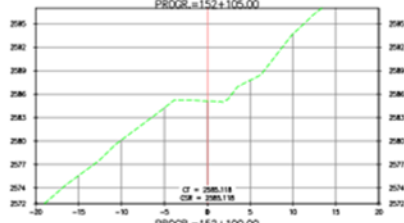
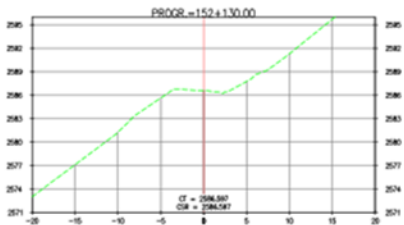
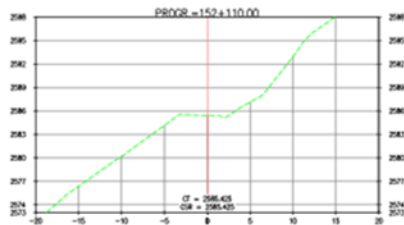



PERU Ministerio de Transportes y Comunicaciones
 Viceministerio de Transportes
 Provisas Nacional

REVISIONES	
N°	FECHA

PLANO DE REPLANTEO	Escala: 1:500	Rev.:
PLANTA Y PERFIL	Fecha: MAY 2021	0
UBICACION:	Línea:	
Km. 152+045 - Km. 152+195	KXP-01	1 de 2

- **Anexo 03.** Secciones típicas del proyecto en estudio

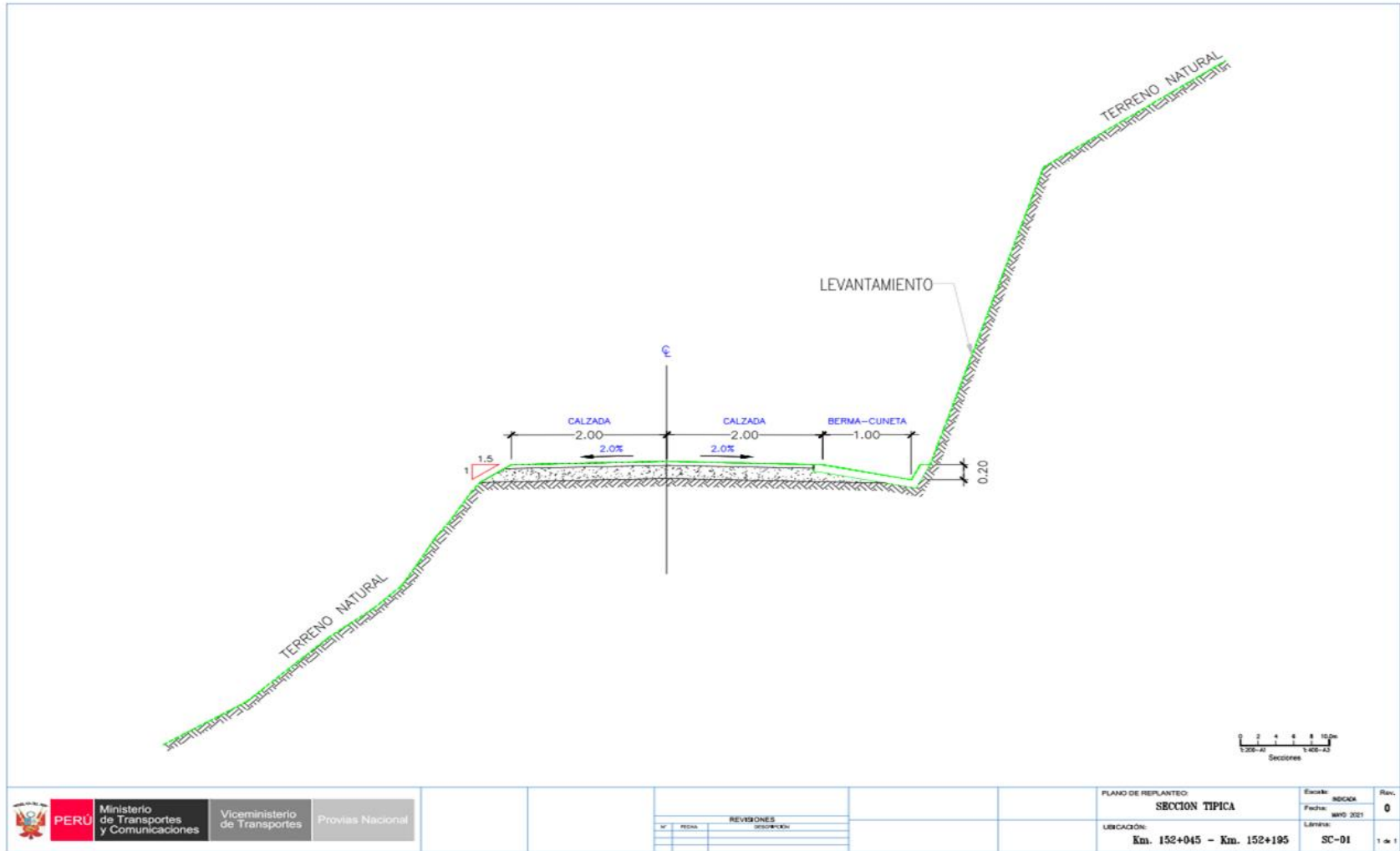


Ministerio de Transportes y Comunicaciones
 Viceministerio de Transportes
 Proviñas Nacional

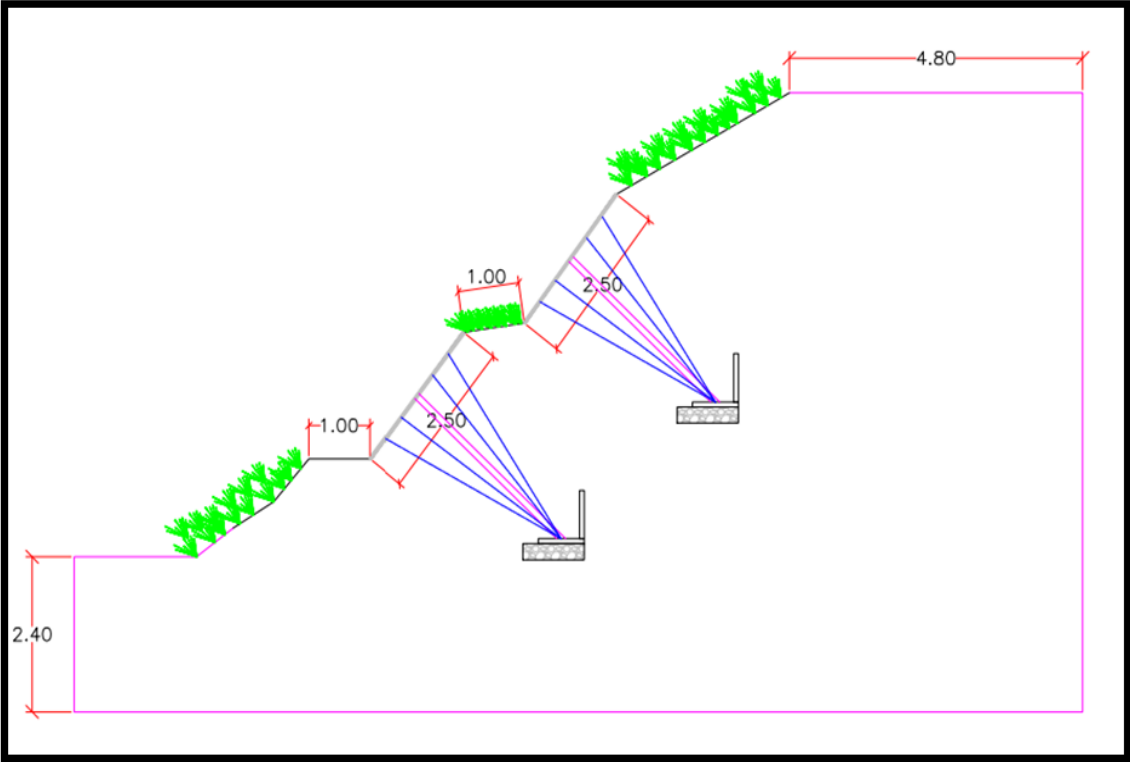
REVISIONES	
N°	FECHA

PLANO DE REPLANTEO:	Estado:	Rev.
SECCIONES TRANSVERSALES	ABCDK	0
UBICACIÓN:	Fecha:	
Km. 152+095 - Km. 152+145	Mayo 2025	
	Límite:	
	EXP-01	2 de 2

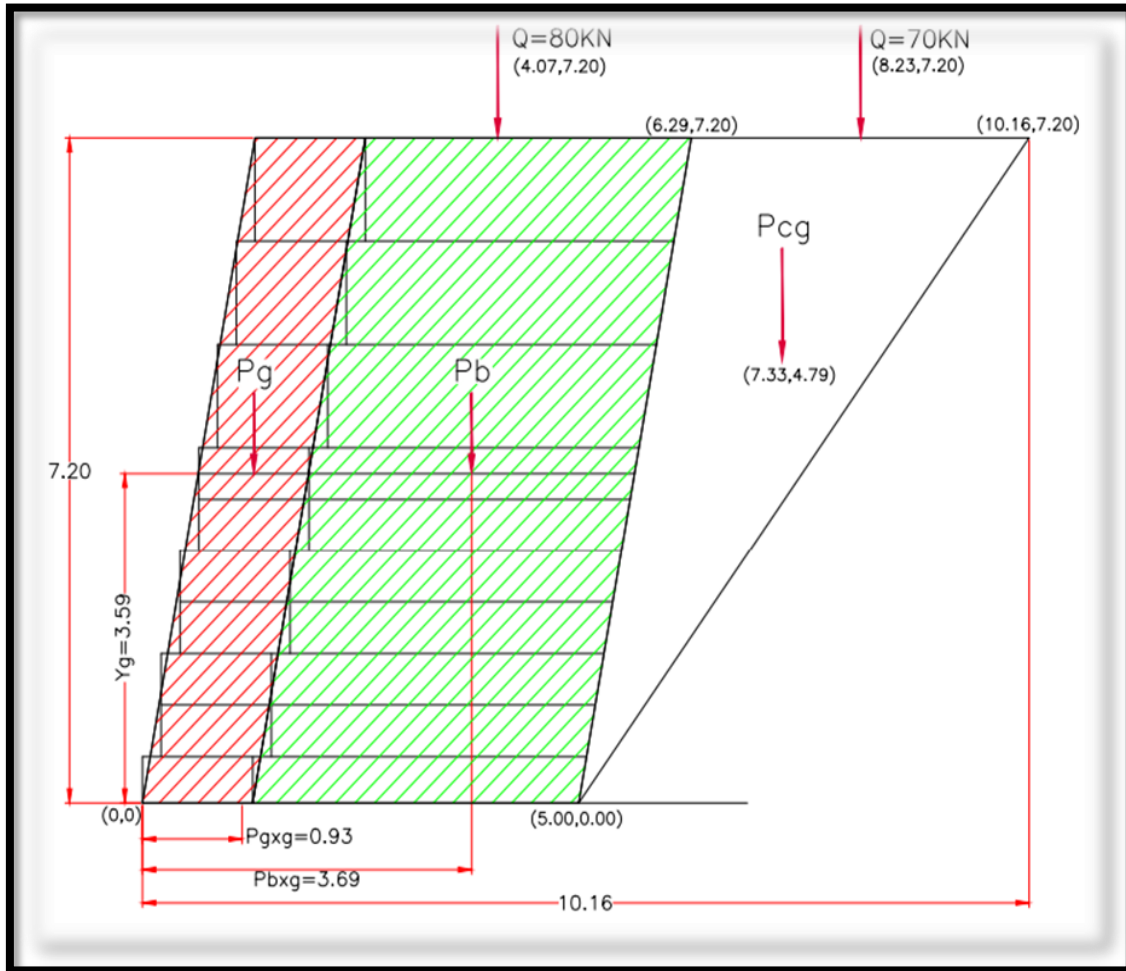
- **Anexo 04.** Sección típica del proyecto



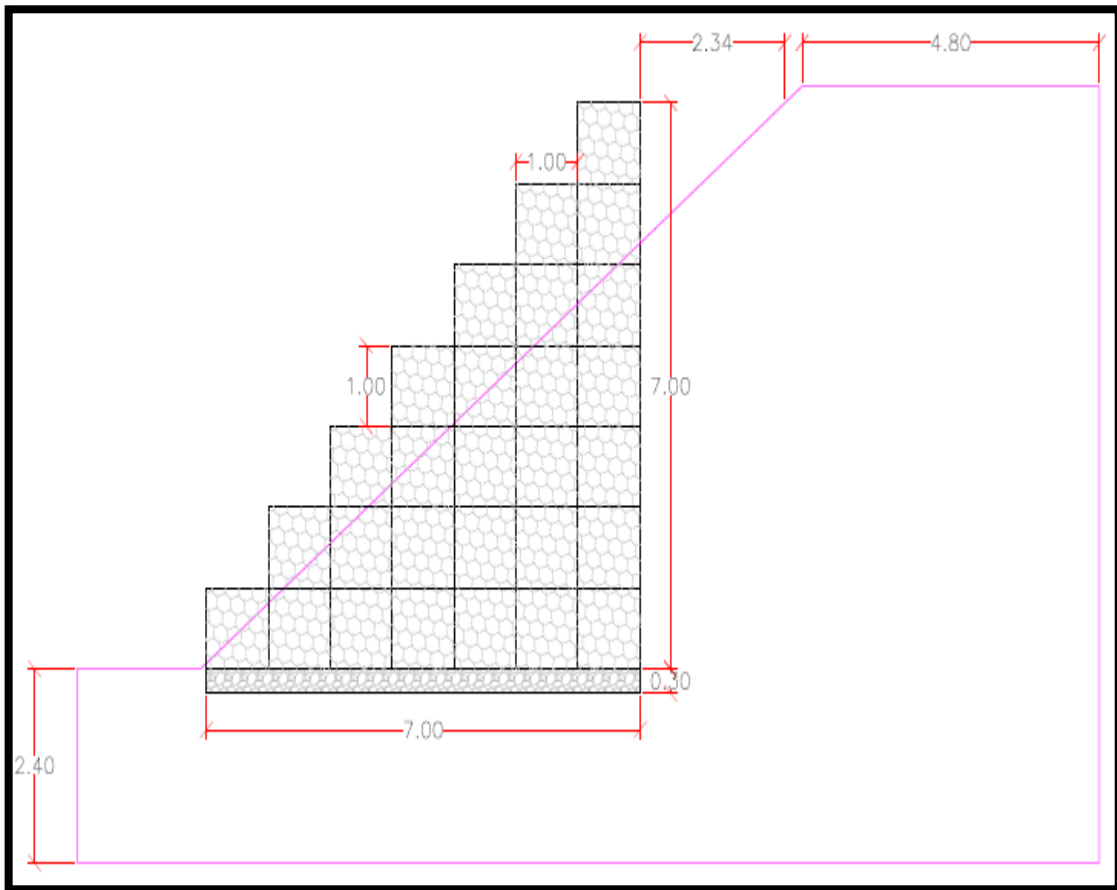
- **Anexo 05.** Detalle del sistema Erdox



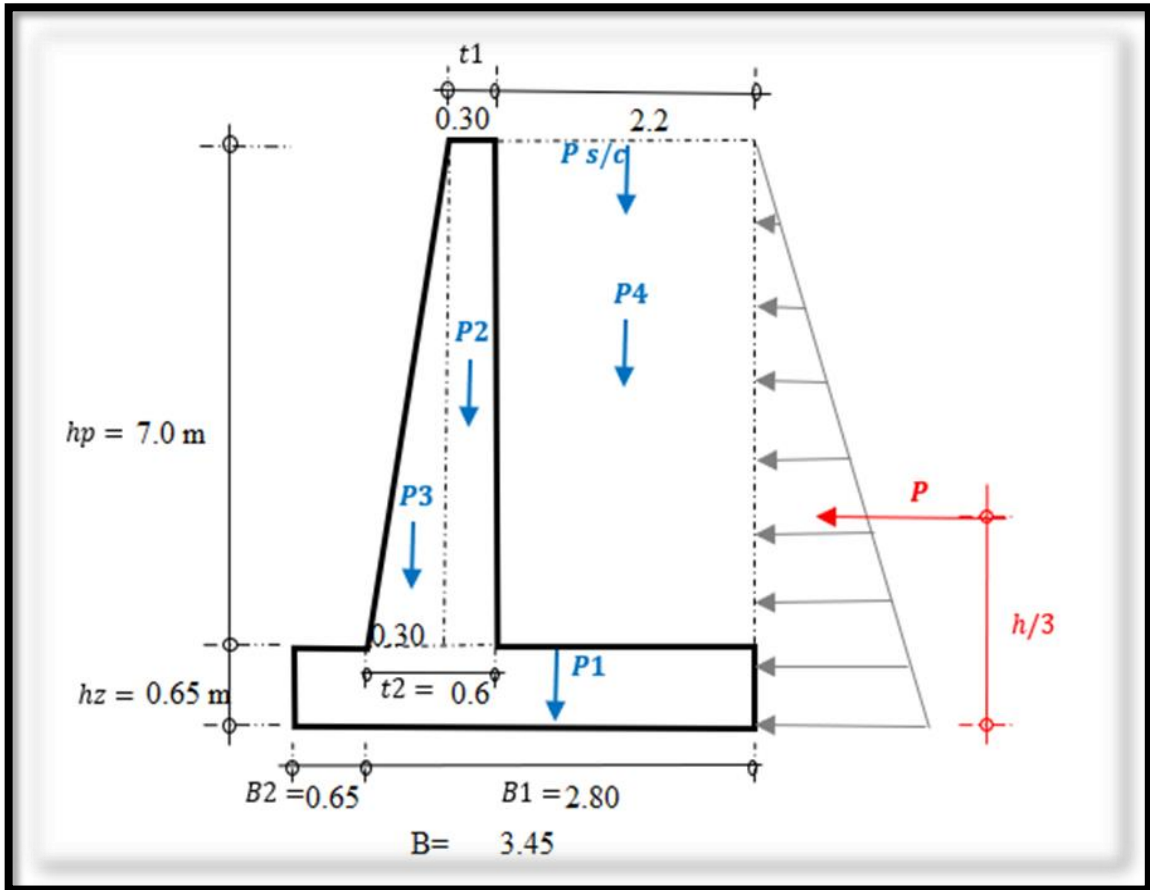
- **Anexo 06.** Detalle del sistema Terramesh




Anexo 07. Detalle del sistema gaviones



Anexo 08. Detalle de muros de concreto.



- **Anexo 09.** Resultados de ensayos de laboratorio de granulometría por tamizado



ORPA
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.R.L.

📍 UPIB Ramiro Priate, Zona B, Mz. N Lt. 4, Alto Selva Alegre 📞 (054) 773983

✉ orpa Ingenieros@gmail.com 📱 946490512 - 988669035

INFORME DE ENSAYO

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO

ASTM D422. Standard test method for particle-size analysis of soil

CÓDIGO: OP - 0400.1 - 2019

FEEMISIÓN: 15/01/2020

PÁGINA: 2 DE 5

DATOS DEL SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA EROOX EN KM CARRETERA PE-288 DEL KM 152+045 AL KM 152+195 - KEPASHATO- KITENI

UBICACIÓN DEL PROYECTO : KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO

NOMBRE/RAZÓN SOCIAL : NILDA RÓTSAMA LLAJQUE CHANE

DOMICILIO : KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO

DATOS DE RECEPCIÓN

NÚMERO DE SOLICITUD : 0400 - 2019

FECHA DE INGRESO : 28/12/2029

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN : ESA - 0215

DATOS DE LA MUESTRA

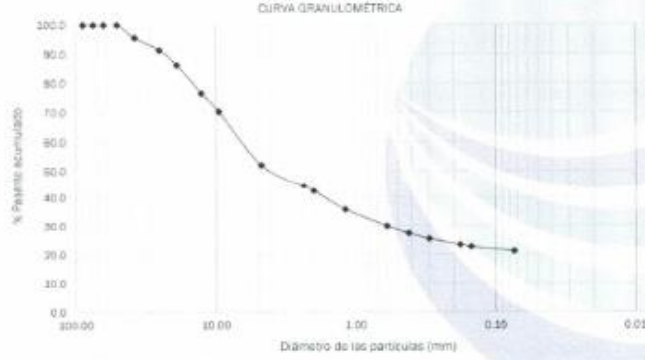
PROCEDENCIA: No Indica; CALICATA: CI-E1; PROFUNDIDAD: de - m; TIPO DE MUESTRA: Suelo;


CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Alterada

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Muestra de color marrón intermedio con grava de forma subangulosa

Tamiz	Material Retenido					Material Pasante %	Especificaciones		Descripción		
	Apertura	Peso + tara	Peso	Retenido	Acumulado		mín.	máx.	% Grava	% GG	13.7
Pulgada	mm	g.	g.	%	%	%	%	%	%	%	%
3 1/2	88.90			0.0	0.0	100.0	-	-	47.9	% GF	34.3
3	75.00			0.0	0.0	100.0	-	-	% Arena	% AG	9.7
2 1/2	63.50			0.0	0.0	100.0	-	-		% AM	14.9
2	50.80			0.0	0.0	100.0	-	-	30.8	% AF	6.2
1 1/2	38.10	974	649.0	4.4	4.4	95.6	-	-	% Finos		21.2
1	25.40	950	625.0	4.2	8.6	91.4	-	-	Tamaño máximo grava		2
3/4	19.05	1073	748.0	5.1	13.7	86.3	-	-	% Retenido en 3"		0.0
1/2	12.70	1773	1448.0	9.8	23.5	76.5	-	-	Abertura pasante (D10)		NP
3/8	9.525	1298	933.0	6.3	29.8	70.2	-	-	Abertura pasante (D30)		0.602
N° 4	4.750	3017	2692.0	18.2	47.9	52.1	-	-	Abertura pasante (D60)		0.951
N° 8	2.360	201.0	113.0	7.6	55.6	44.4	-	-	Coef. uniformidad (Cu)		NP
N° 10	2.000	118.9	30.9	2.1	57.7	42.3	-	-	Coef. curvatura (Cc)		NP
N° 16	1.190	185.3	97.3	6.6	64.2	35.8	-	-	Peso muestra inicial (g)		14797
N° 30	0.600	174.0	86.0	5.8	70.0	30.0	-	-	Porción de finos (g)		771.6
N° 40	0.420	125.5	37.5	2.5	72.6	27.4	-	-	Observaciones: Material obtenido e identificado por el solicitante, depositado por el mismo en el laboratorio ORPA.		
N° 60	0.300	117.0	29.0	2.0	74.5	25.5	-	-			
N° 80	0.180	118.8	30.8	2.1	76.6	23.4	-	-			
N° 100	0.150	98.6	10.6	0.7	77.3	22.7	-	-			
N° 200	0.074	109.6	21.6	1.5	78.8	21.2	-	-			
FONDO		402.9	314.9	23.2	100.0	0.0	-	-			

CURVA GRANULOMÉTRICA





RODOLFO GARCÍA VALERIO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 199717

ORPA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.R.L.
LABORATORIO

- **Anexo 10.** Resultados de ensayos de clasificación de suelos.



ORPA
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.R.L.

UPIS Ramiro Prialé, Zona B, Mz. N Lt. 4, Alto Selva Alegre (054) 773983
 orpa.ingenieria@gmail.com 945490512 - 958660035

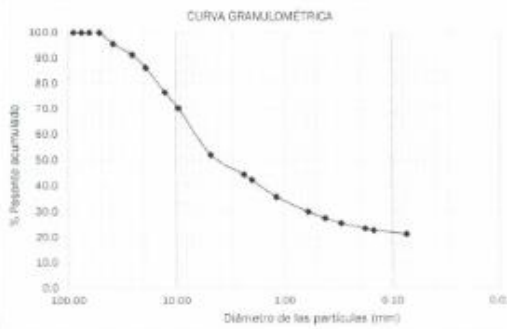
INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y AGREGADOS <small>ASTM D2487. Standard classification of soil for engineering purposes (unified soil classification system) ASTM D3282. Standard classification of soil and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes</small>		CÓDIGO: OP - 0400.1 - 2019 F.E.MISIÓN: 15/01/2020 PÁGINA: 4 DE 5
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------

DATOS DEL SOLICITANTE	
NOMBRE DEL PROYECTO	EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERDOX EN KM CARRETERA PE-288 DEL KM 152+045 AL KM 152+195 - KEPASHATO- KITEMI
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	KITEMI - QULLABAMBA - CUSCO
NOMBRE/RAZÓN SOCIAL:	NILDA ROTSAÑA LLAJQUE CHANE
DOMICILIO:	KITEMI - QULLABAMBA - CUSCO

DATOS DE RECEPCIÓN	DATOS DE LA MUESTRA
NÚMERO DE SOLICITUD : 0400 - 2019	PROCEDENCIA: No Indica; CALICATA: CS-E1; PROFUNDIDAD: de - m; TIPO DE MUESTRA: Suave;
FECHA DE INGRESO : 28/12/2020	CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Alterada
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN : ESA - 0215	

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA (ASTM D422)	
Porcentaje Grava (3" - N°4)	47.9
Porcentaje Arena (N°8 - N°200)	30.8
Porcentaje Finos (Pasa N°200)	21.2
Tamaño máximo de la grava	2
Porcentaje retenido malla de 3"	0.0
Coefficiente de uniformidad (Cu)	NP
Coefficiente de curvatura (Cc)	NP
Pasante malla N° 10	42.3
Pasante malla N° 40	27.4
Pasante malla N° 200	21.2

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)	
Porcentaje de límite líquido	38.0
Porcentaje de límite plástico	22.0
Índice de plasticidad	16.0
Identificación Pasante N° 40	CL



DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL (ASTM D2488)

Muestra de color marrón intermedio con grava de forma subangulosa


Observaciones: Material obtenido e identificado por el solicitante, depositado por el mismo en el laboratorio ORPA.

Empleabilidad	SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRE DE GRUPO
Con fines de cimentación (SUCS)	GC	Grava arcillosa con arena
Con fines de Pavimentación (AASHTO)	A-2-6	Grava arcillosa



Bull Bull
 BRINNER ANDRÉS ORDÓÑEZ VALER
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 199717

- **Anexo 11.** Resultados del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.



ORPA

INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.R.L.

UPIG Ramiro Priale, Zona B, Mz. N.L.L. 4, Alto Selva Alegre (054) 773983

orpa.ingenieria@gmail.com 945490512 - 988669035

<p>INFORME DE ENSAYO</p> <p>LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD</p> <p>ASTM D4318. Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soil</p>	<p>CÓDIGO: OP - 0400.1- 2019</p> <p>EMISIÓN: 15/01/2020</p> <p>PÁGINA: 3 DE 5</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

DATOS DEL SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERODOR EN KM CARRETERA PE-288 DEL KM 152+045 AL KM 152+195 - KEPASHATO- KITENI

UBICACIÓN DEL PROYECTO : KITENI - QULLABAMBA - CUSCO

NOMBRE/RAZÓN SOCIAL : NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE

DOMICILIO : KITENI - QULLABAMBA - CUSCO

DATOS DE RECEPCIÓN

NÚMERO DE SOLICITUD : 0400 - 2019

FECHA DE INGRESO : 28/12/2029

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN : ESA - 0215

DATOS DE LA MUESTRA

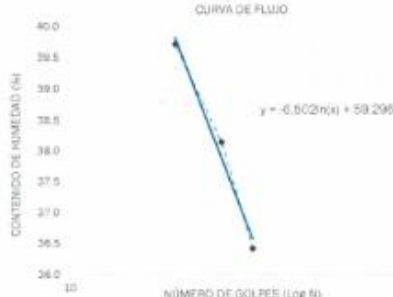
PROCEDENCIA: No indica; CALICATA: C1-E1; PROFUNDIDAD: de - m; TIPO DE MUESTRA: Suelo;

CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Alterada

DESCRIPCIÓN	Unidad	LÍMITE LÍQUIDO			INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3		
Peso de la tara	g.	28.02	27.35	26.06	Proceso de selección	Pasanta N° 40
Peso muestra húmeda + tara	g.	44.17	43.47	42.49	Porcentaje retenido tamiz N° 40	72.6%
Peso muestra seca + tara	g.	39.86	39.02	37.82	Muestra seca al	Aire
Peso de agua en la muestra	g.	4.31	4.45	4.67	Procedimiento empleado	Multipunto
Contenido de humedad	%	36.4	38.1	39.7	Método de Preparación	Húmedo
Número de golpes, N	-	33	27	20	Descripción visual-manual (Húmedo): Muestra de color marrón oscuro.	

DESCRIPCIÓN	Unidad	LÍMITE PLÁSTICO			Observaciones: Material obtenido e identificado por el solicitante, depositado por el mismo en el laboratorio ORPA.
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Peso de la tara	g.	23.39	21.82		
Peso muestra húmeda + tara	g.	28.39	28.06		
Peso muestra seca + tara	g.	28.31	26.95		
Peso de agua en la muestra	g.	1.08	1.13		
Contenido de humedad	%	22.0	22.0		

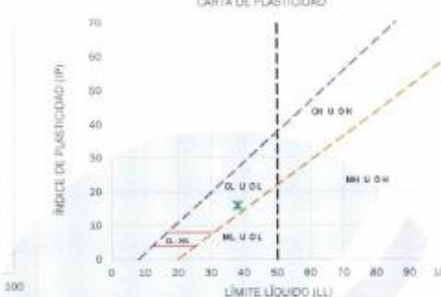
CURVA DE FLUJO



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

NÚMERO DE GOLPES (Log N)

CARTA DE PLASTICIDAD




ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)

LÍMITE LÍQUIDO (LL)

RESULTADOS	
Límite líquido	38.0
Límite plástico	22.0
Índice de plasticidad	16.0

IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL PASANTE N° 40	
Símbolo	CL
Nombre	Arcilla inorgánica de baja plasticidad



B. Valdez

BRUNER ANTONIO GONZÁLEZ VALERÍ

INGENIERO CIVIL

CIP N° 119717

- Anexo 12. Resultados del ensayo de densidad.



ORPA

INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.R.L.

📍 UPIS Ramiro Priale, Zona B. Mz. N.L.L. 4. Alto Selva Alegre

📞 (054) 773983

✉ orpa.ingenieria@gmail.com

📠 945490512 - 988669035

INFORME DE ENSAYO DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		CÓDIGO: OP - 0400.1- 2019 F.EMISIÓN: 15/01/2020 PÁGINA: 5 DE 5
DATOS DEL SOLICITANTE		
NOMBRE DEL PROYECTO :	EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERDOX EN KM CARRETERA PE-288 DEL KM 152+045 AL KM 152+195 - KEPASHIATO- KITENI	
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO	
NOMBRE/RAZÓN SOCIAL:	NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE	
DOMICILIO :	KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO	
DATOS DE RECEPCIÓN		DATOS DE LA MUESTRA
NÚMERO DE SOLICITUD :	0400 - 2019	PROCEDENCIA: No Indica; CALICATA: C1-E1; PROFUNDIDAD: de - m; TIPO DE MUESTRA: Suelo;
FECHA DE INGRESO :	28/12/2029	CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Alterada
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN :	ESA - 0215	

Descripción	DENSIDAD MÁXIMA			INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Peso del molde + muestra	g.	10789	10778	10772	Código de identificación del Molde
Peso de la muestra	g.	3820	3809	3803	Peso del molde empleado
Densidad máxima	g/cm ³	1.819	1.814	1.811	Volumen del molde empleado
Promedio densidad máxima	g/cm ³		1.815		Tamaño máximo de la grava
					2
Descripción	DENSIDAD MÍNIMA			INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Peso del molde + muestra	g.	10039	10053	10031	Descripción visual-Manual (Seco): Muestra de color marrón intermedio con grava de forma subangulosa.
Peso de la muestra	g.	3070	3084	3082	Observaciones: Material obtenido e identificado por el solicitante, depositado por el mismo en el laboratorio ORPA.
Densidad máxima	g/cm ³	1.462	1.469	1.458	
Promedio densidad mínima	g/cm ³		1.463		





BRINNER AMÓVELS BRODOME VALER
INGENIERO CIVIL
CIP N° 199717

- **Anexo 13.** Resultados del ensayo de contenido de humedad



ORPA
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.R.L.

UPIS Ramiro Priale, Zona B, Mz. N.L.L. 4, Alto Selva Alegre | (054) 773583
 orpa.ingenieria@gmail.com | 945490512 - 988669035

INFORME DE ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD <small>ASTM D2216. Standard test method of laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock</small>	CÓDIGO: OP - 0400.1-2019 F.EMISIÓN: 15/01/2020 PÁGINA: 1 DE 5
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

DATOS DEL SOLICITANTE	
NOMBRE DEL PROYECTO : EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERDOK EN KM CARRETERA PE-288 DEL KM 152+045 AL KM 152+195 - KEPASHATO- KITENI UBICACIÓN DEL PROYECTO : KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO NOMBRE/RAZÓN SOCIAL : NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE DOMICILIO : KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO	
DATOS DE RECEPCIÓN	DATOS DE LA MUESTRA
NÚMERO DE SOLICITUD : 0400 - 2019 FECHA DE INGRESO : 28/12/2029 CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN : ESA - 0215	PROCEDENCIA: No Indica; TIPO DE MUESTRA: Suelo; CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Alterado

ITEM	CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PESO DE TARA (g.)	PESO MH + TARA (g.)	PESO MS + TARA (g.)	CONT. HUMEDAD
1	C1	M1	1.60 m.	88.4 g.	715.1 g.	648.0 g.	12.0 %



INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.R.L.
LABORATORIO
PERU


 WINNER ALFONSO ENRIQUE VALERC
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 199717



- **Anexo 13.** Resultados del ensayo de corte directo

CONSORCIO VIAL SICUANI II

ENSAYO : CORTE DIRECTO
NORMA : ASTM D3080

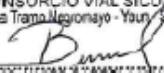
INFORME : ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ZONA DE
SOLICITANTE : KITENI
PROYECTO : NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE
UBICACION : EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA
FECHA : ERDOX
: SECTOR DE AGUA DULCE - KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO
: 05 DE MAYO DEL 2021

TIPO DE EXPLORACION : CALICATA
No DE EXPLORACION : C1
No DE MUESTRA : M1

PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m): 1.50
PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m): 1.80

VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 0.70
ALTURA DE LA MUESTRA (cm): 2.00
LADO DE LA MUESTRA (cm): 6.00
ESTADO DE LA MUESTRA : REMOLDEADA
CONDICION DE ENSAYO : HUMEDECIDO

ESFUERZO NORMAL	(kg/cm ²)	0.50	1.00	2.00	0.00
CONDICIONES INICIALES					
Contenido de Humedad (ω)	(%)	18.33	18.33	18.33	-
Peso Específico (γ)	(gr/cc)	2.09	2.09	2.09	-
Peso Específico Seco (γ_d)	(gr/cc)	1.80	1.80	1.80	-
Grado de Saturación (Gw)	(%)	91.84	91.84	91.84	-
ASENTAMIENTO DESPUES DE LA S/C					
	(%)	3.945	-1.810	-2.915	0.000
CONDICIONES FINALES					
Contenido de Humedad (ω)	(%)	15.61	15.82	14.46	-
PARAMETROS DE RESISTENCIA					
ESFUERZO CORTANTE	(kg/cm ²)	0.71	1.16	1.91	-
COHESION (c)	(kg/cm ²)				0.36
ANGULO DE FRICCION (ϕ)	(°)				38.13

CONSORCIO VIAL SICUANI II
 Carretera Tramo Megonayo - Yauri - San Genaro

 ING. ERIC JAVIER BARCELETINOS ROCA
 INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

CONSORCIO VIAL SICUANI II

ENSAYO : CORTE DIRECTO
NORMA : ASTM D3080

INFORME : ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ZONA DE KITENI
 SOLICITANTE : NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE
 PROYECTO : EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERDOX
 UBICACION : SECTOR DE AGUA DULCE - KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO
 FECHA : 05 DE MAYO DEL 2021

TIPO DE EXPLORACION : CALICATA
 No DE EXPLORACION : C1
 No DE MUESTRA : M1

PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREATICO (m) : 1.80
 PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (m) : 1.80

VELOCIDAD DE ENSAYO (mm/min) : 0.70
 ALTURA DE LA MUESTRA (cm) : 2.00
 LADO DE LA MUESTRA (cm) : 6.00
 ESTADO DE LA MUESTRA : REMOLDEADA
 CONDICION DE ENSAYO : HUMEDECIDO

ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)		0.50	1.00	2.00	0.00
---------------------------------------	--	------	------	------	------

CONDICIONES INICIALES					
Contenido de Humedad (ω)	(%)	16.33	16.33	16.33	-
Peso Específico (γ)	(gr/cc)	2.09	2.09	2.09	-
Peso Específico Seco (γ _d)	(gr/cc)	1.80	1.80	1.80	-
Grado de Saturación (G _w)	(%)	91.84	91.84	91.84	-

ASENTAMIENTO DESPUES DE LA S/C (%)		3.945	-1.810	-2.915	0.000
------------------------------------	--	-------	--------	--------	-------

CONDICIONES FINALES					
Contenido de Humedad (ω)	(%)	15.61	15.82	14.46	-

PARAMETROS DE RESISTENCIA					
ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)		0.71	1.16	1.91	-
COHESION (c) (kg/cm ²)					0.36
ANGULO DE FRICCION (φ) (°)					38.13

PARAMETROS DE RESISTENCIA RESIDUAL					
ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)		0.52	0.94	1.64	-
COHESION (c) (kg/cm ²)					0.18
ANGULO DE FRICCION (φ) (°)					36.13

CONSORCIO VIAL SICUANI II
 Carretera Tramo Negronayo - Yun - San Gerardo

B. J. M.

ING. ERIC JAMER BARTOLA MINUSTROZA
 INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

CONSORCIO VIAL SICUANI II

ENSAYO : CORTE DIRECTO
NORMA : ASTM D3080
INFORME : ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ZONA DE KITENI
SOLICITANTE : NILDA ROTSAÑA LLAIQUE CHANE
PROYECTO : EVALUACION, ANALISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERDOX
UBICACION : SECTOR DE AGUA DULCE - KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO
FECHA : 05 DE MAYO DEL 2021
TIPO DE EXPLORACION : CALICATA
No DE EXPLORACION : C1
No DE MUESTRA : M1

ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)	0.50	1.00	2.00	0.00
---------------------------------------	------	------	------	------

Esfuerzo Cortante Vs Deformación Horizontal	Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)	Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)	Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)	Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
	0.05	0.07	0.05	0.05	0.05	0.43	0.05	-
	0.10	0.14	0.10	0.13	0.10	0.51	0.10	-
	0.20	0.21	0.20	0.29	0.20	0.72	0.20	-
	0.30	0.30	0.30	0.44	0.30	0.78	0.30	-
	0.40	0.35	0.40	0.58	0.40	0.97	0.40	-
	0.50	0.38	0.50	0.68	0.50	1.05	0.50	-
	0.75	0.46	0.75	0.77	0.75	1.29	0.75	-
	1.00	0.51	1.00	0.87	1.00	1.41	1.00	-
	1.25	0.56	1.25	0.98	1.25	1.58	1.25	-
	1.50	0.60	1.50	1.02	1.50	1.64	1.50	-
	1.75	0.62	1.75	1.08	1.75	1.72	1.75	-
	2.00	0.65	2.00	1.13	2.00	1.74	2.00	-
	2.50	0.68	2.50	1.15	2.50	1.83	2.50	-
	3.00	0.71	3.00	1.16	3.00	1.89	3.00	-
	3.50	0.70	3.50	1.15	3.50	1.90	3.50	-
	4.00	0.68	4.00	1.12	4.00	1.91	4.00	-
	4.50	0.65	4.50	1.09	4.50	1.91	4.50	-
	5.00	0.63	5.00	1.08	5.00	1.90	5.00	-
	6.00	0.63	6.00	1.08	6.00	1.81	6.00	-
	7.00	0.63	7.00	1.05	7.00	1.77	7.00	-
	8.00	0.63	8.00	1.04	8.00	1.77	8.00	-
	9.00	0.63	9.00	0.98	9.00	1.77	9.00	-
	10.00	0.63	10.00	0.94	10.00	1.76	10.00	-
	11.00	0.59	11.00	0.96	11.00	1.73	11.00	-
	12.00	0.53	12.00	0.95	12.00	1.70	12.00	-
	13.00	0.52	13.00	0.95	13.00	1.69	13.00	-
	14.00	0.52	14.00	0.94	14.00	1.68	14.00	-
	15.00	0.52	15.00	0.94	15.00	1.66	15.00	-
	16.00	0.52	16.00	0.94	16.00	1.66	16.00	-
	17.00	0.52	17.00	0.94	17.00	1.66	17.00	-
	18.00	0.52	18.00	0.94	18.00	1.65	18.00	-
	19.00	0.52	19.00	0.94	19.00	1.64	19.00	-
	20.00	0.52	20.00	0.94	20.00	1.64	20.00	-

CONSORCIO VIAL SICUANI II
 Carretera Tramo Nayamayo - Yari - San Gerardo

 ING. ERIC JAVIER BARZOLA MINOSTROZA
 INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

CONSORCIO VIAL SICUANI II

ENSAYO : CORTE DIRECTO
NORMA : ASTM D3080

INFORME : ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ZONA DE KITENI
SOLICITANTE : NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE
PROYECTO : EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERDOX
UBICACION : SECTOR DE AGUA DULCE - KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO
FECHA : 05 DE MAYO DEL 2021

TIPO DE EXPLORACION : CALICATA
No DE EXPLORACION : C1
No DE MUESTRA : M1

ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)	0.50	1.00	2.00	0.00
---------------------------------------	------	------	------	------

Deformación Vertical Vs Deformación Horizontal	Deformación Horizontal	Deformación Vertical	Deformación Horizontal	Deformación Vertical	Deformación Horizontal	Deformación Vertical	Deformación Horizontal	Deformación Vertical
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	0.00	0.000	0.00	-	0.00	-	0.00	0.000
	0.05	-0.030	0.05	-	0.05	-	0.05	-57.105
	0.10	-0.015	0.10	-	0.10	-	0.10	-57.105
	0.20	-0.015	0.20	-	0.20	-	0.20	-57.105
	0.30	-0.005	0.30	-	0.30	-	0.30	-57.105
	0.40	0.015	0.40	0.005	0.40	-0.005	0.40	-57.105
	0.50	0.045	0.50	0.010	0.50	-0.025	0.50	-57.105
	0.75	0.095	0.75	0.050	0.75	-0.035	0.75	-57.105
	1.00	0.175	1.00	0.100	1.00	-0.010	1.00	-57.105
	1.25	0.250	1.25	0.225	1.25	0.055	1.25	-57.105
	1.50	0.435	1.50	0.310	1.50	0.120	1.50	-57.105
	1.75	0.525	1.75	0.445	1.75	0.230	1.75	-57.105
	2.00	0.695	2.00	0.625	2.00	0.355	2.00	-57.105
	2.50	0.915	2.50	1.015	2.50	0.565	2.50	-57.105
	3.00	1.650	3.00	1.580	3.00	0.975	3.00	-57.105
	3.50	2.070	3.50	1.970	3.50	1.190	3.50	-57.105
	4.00	2.395	4.00	2.105	4.00	1.500	4.00	-57.105
	4.50	2.580	4.50	2.250	4.50	1.815	4.50	-57.105
	5.00	2.685	5.00	2.365	5.00	2.070	5.00	-57.105
	6.00	2.845	6.00	2.575	6.00	2.275	6.00	-57.105
	7.00	3.030	7.00	2.790	7.00	2.350	7.00	-57.105
	8.00	3.260	8.00	2.875	8.00	2.405	8.00	-57.105
	9.00	3.570	9.00	3.185	9.00	2.555	9.00	-57.105
	10.00	3.850	10.00	3.250	10.00	2.690	10.00	-57.105
	11.00	4.070	11.00	3.265	11.00	2.825	11.00	-57.105
	12.00	3.945	12.00	3.305	12.00	2.925	12.00	-57.105
	13.00	3.780	13.00	3.340	13.00	3.000	13.00	-57.105
	14.00	3.630	14.00	3.350	14.00	3.050	14.00	-57.105
	15.00	3.500	15.00	3.365	15.00	3.094	15.00	-57.105
	16.00	3.415	16.00	3.400	16.00	3.105	16.00	-57.105
	17.00	3.380	17.00	3.455	17.00	3.140	17.00	-57.105
	18.00	3.360	18.00	3.505	18.00	3.145	18.00	-57.105
	19.00	3.350	19.00	3.550	19.00	3.140	19.00	-57.105
	20.00	3.360	20.00	3.635	20.00	3.105	20.00	-57.105

CONSORCIO VIAL SICUANI II
 Carretera Iruro Nayonayo - Yauri - Sali Gollaco

 ING. ERIC JAVIER BARZOLA HINOSTROZA
 INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

CONSORCIO VIAL SICUANI II

ENSAYO : CORTE DIRECTO

NORMA : ASTM D3080

INFORME : ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ZONA DE KITENI

SOLICITANTE : NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE

PROYECTO : EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERDOX

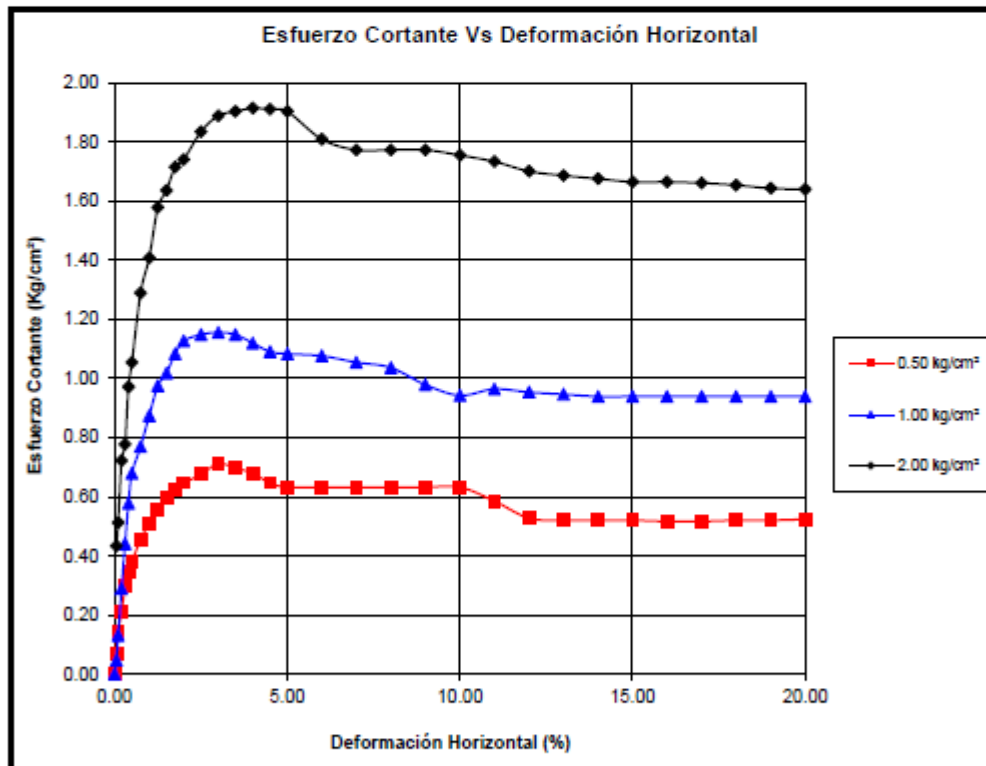
UBICACION : SECTOR DE AGUA DULCE - KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO

FECHA : 05 DE MAYO DEL 2021

TIPO DE EXPLORACION : CALICATA

No DE EXPLORACION : C1

No DE MUESTRA : M1



CONSORCIO VIAL SICUANI II
Carretera Tranc Negrinmayo - YALI - San Genaro

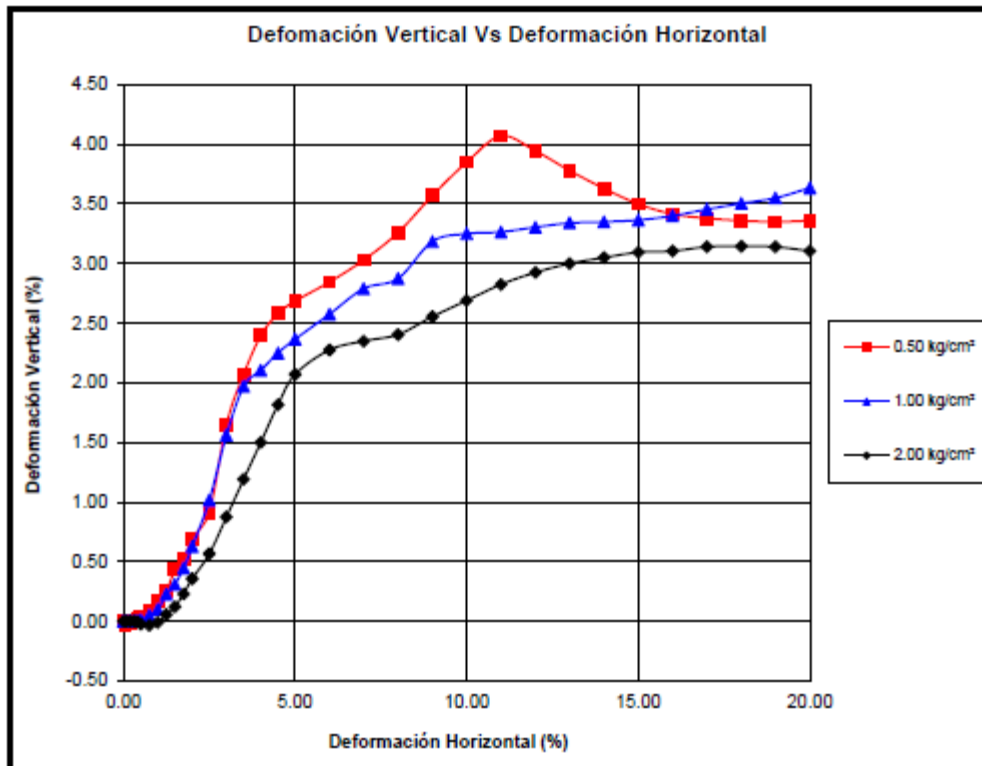
ING. ERIC JAVIER BARZOLA HINOJOSA
INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

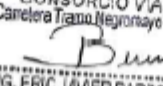
CONSORCIO VIAL SICUANI II

ENSAYO : CORTE DIRECTO
 NORMA : ASTM D3080

INFORME : ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ZONA DE KITENI
 SOLICITANTE : NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE
 PROYECTO : EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERDOX
 UBICACION : SECTOR DE AGUA DULCE - KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO
 FECHA : 05 DE MAYO DEL 2021

TIPO DE EXPLORACION : CALICATA
 No DE EXPLORACION : C1
 No DE MUESTRA : M1



CONSORCIO VIAL SICUANI II
 Canelera Tramo Nejonayo - Yun - San Gerardo

 ING. ERIC JAVIER BARZOLA HINOSTROZA
 INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

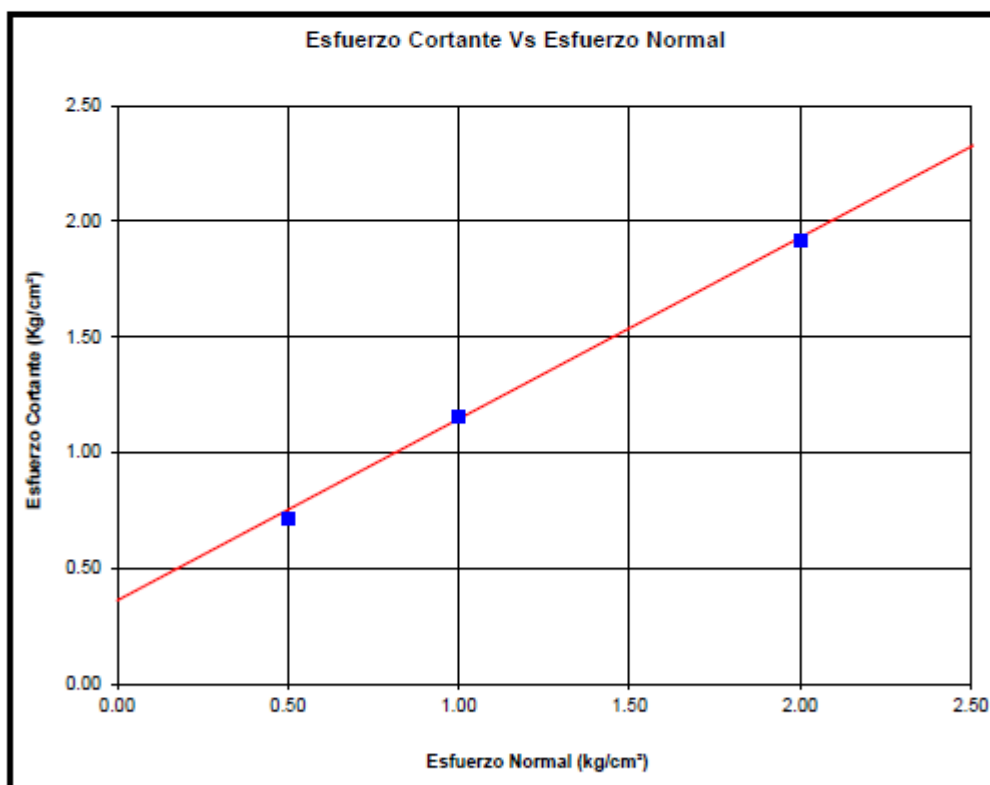
CONSORCIO VIAL SICUANI II

ENSAYO : CORTE DIRECTO
 NORMA : ASTM D3080

INFORME : ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ZONA DE KITENI
 SOLICITANTE : NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE
 EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA
 PROYECTO : ERDOX
 UBICACION : SECTOR DE AGUA DULCE - KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO
 FECHA : 05 DE MAYO DEL 2021

TIPO DE EXPLORACION : CALICATA
 No DE EXPLORACION : C1
 No DE MUESTRA : M1

PARAMETROS DE RESISTENCIA



COHESION (c)	(kg/cm ²)	0.36
ANGULO DE FRICCION (φ)	(°)	38.13

CONSORCIO VIAL SICUANI II
 Carretera Tramo Negromayo - Yauri - San Geronimo

 ING. ERIC JAVIER BARZOLA MINOSTROZA
 INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

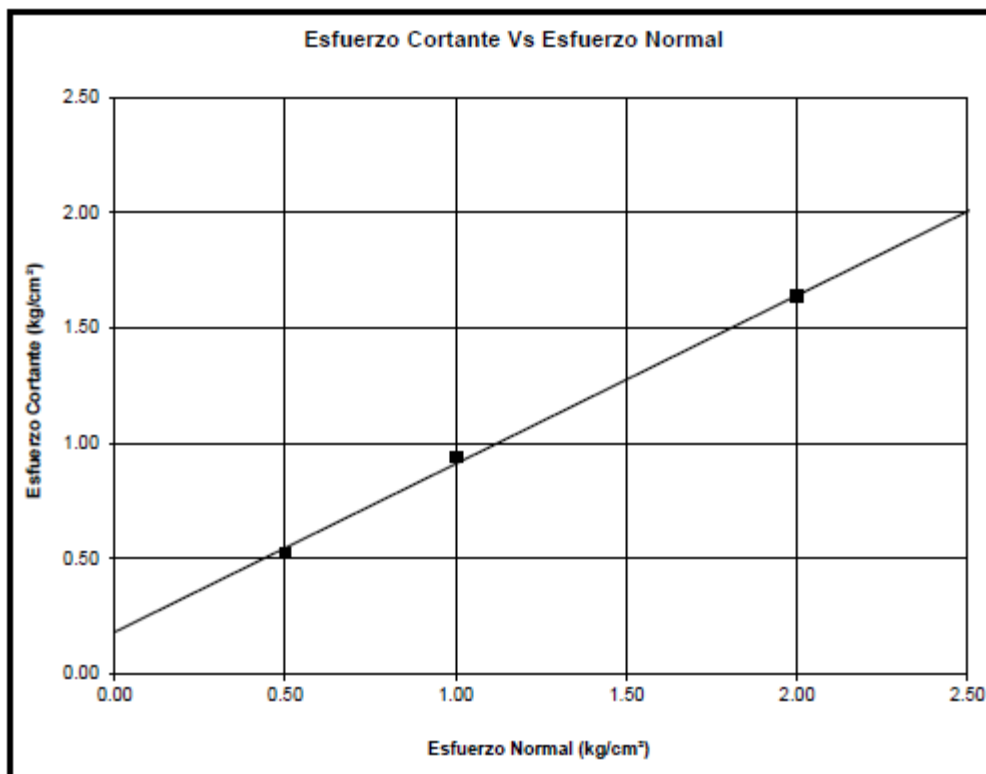
CONSORCIO VIAL SICUANI II

ENSAYO : CORTE DIRECTO
 NORMA : ASTM D3080

 INFORME : ESTABILIDAD DE TALUDES EN LA ZONA DE KITENI
 SOLICITANTE : NILDA ROTSANA LLAIQUE CHANE
 PROYECTO : EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL SISTEMA ERDOX
 UBICACION : SECTOR DE AGUA DULCE - KITENI - QUILLABAMBA - CUSCO
 FECHA : 05 DE MAYO DEL 2021

 TIPO DE EXPLORACION : CALICATA
 No DE EXPLORACION : C1
 No DE MUESTRA : M1

PARAMETROS DE RESISTENCIA RESIDUAL



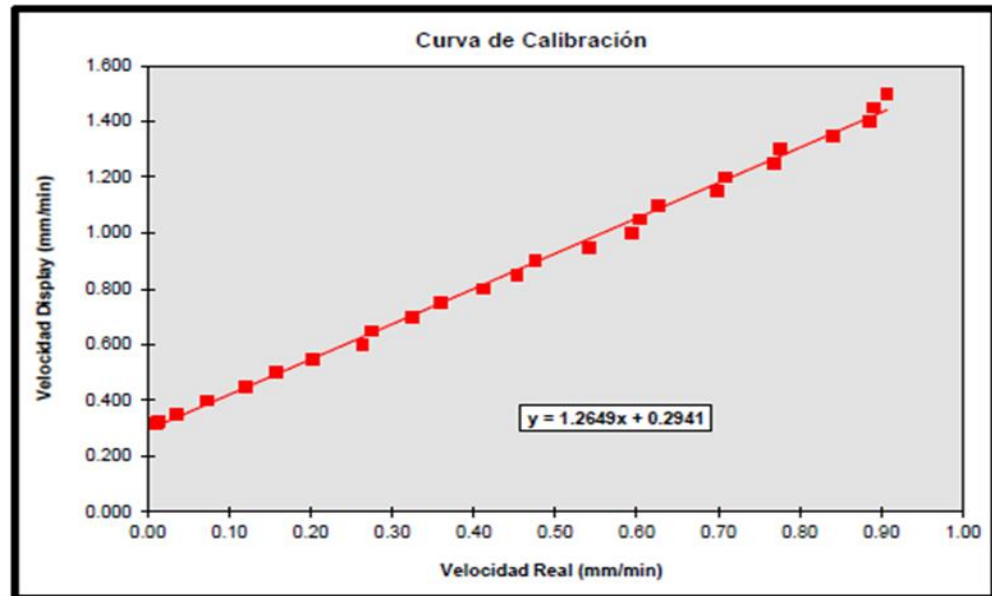
CONSORCIO VIAL SICUANI II
 Carretera Tramo Negonayo - Yano - San Geronimo

 ING. ERIC JAVIER BARZOLA PINOSTROZA
 INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

COHESION (c)	(kg/cm ²)	0.18
ANGULO DE FRICCION (φ)	(°)	36.13

CALIBRACION OPERATIVA DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO

Punto	Veloc.Real (mm/min) X	Veloc. Display (mm/min) Y
1	0.01040	0.320
2	0.01351	0.327
3	0.03480	0.350
4	0.07200	0.400
5	0.11960	0.450
6	0.15850	0.500
7	0.20300	0.550
8	0.26380	0.600
9	0.27470	0.650
10	0.32430	0.700
11	0.36010	0.750
12	0.41250	0.800
13	0.45280	0.850
14	0.47550	0.900
15	0.54140	0.950
16	0.59490	1.000
17	0.60370	1.050
18	0.62670	1.100
19	0.69830	1.150
20	0.70860	1.200
21	0.76830	1.250
22	0.77620	1.300
23	0.84030	1.350
24	0.88560	1.400
25	0.89060	1.450
26	0.90690	1.500



Veloc.Real (mm/min) X	Veloc. Display (mm/min) Y
0.1	0.42059

CONSORCIO VIAL SICUANI II
Carretera Tarma/Jirónsuyo - Yauco - San Gerardo

Eric

ING. ERIC JAMER BARTOLA HINGSTROZA
INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

- **Anexo 14.** Diseño del Sistema Terramesh

Donde:

H = Altura del muro

PG = Peso de los bloques de gaviones

PB = peso del suelo reforzado con la malla de alambre

P = Peso de la cuña o bloque de falla

α = Angulo de inclinación del muro

δ = Angulo de inclinación del empuje activo ($\approx \alpha$)

ϕ = Angulo de fricción interna del suelo

ρ = Angulo del bloque de falla, medido desde la base

Usando las siguientes condiciones:

Sobrecarga Q = 20 KN/m

Peso específico de la piedra de relleno $\gamma_p=2.43 \text{ ton/m}^3$

Material de relleno

Peso específico $\gamma = 24 \text{ KN/m}^3$

Angulo fricción interna $\phi = 30^\circ$

Cohesión c = 0 KN/m

Material mejorado de la base

Peso específico $\gamma = 18 \text{ KN/m}^3$

Angulo fricción interna $\phi = 40^\circ$

Cohesión c = 0 KN/m

Suelo de la fundación

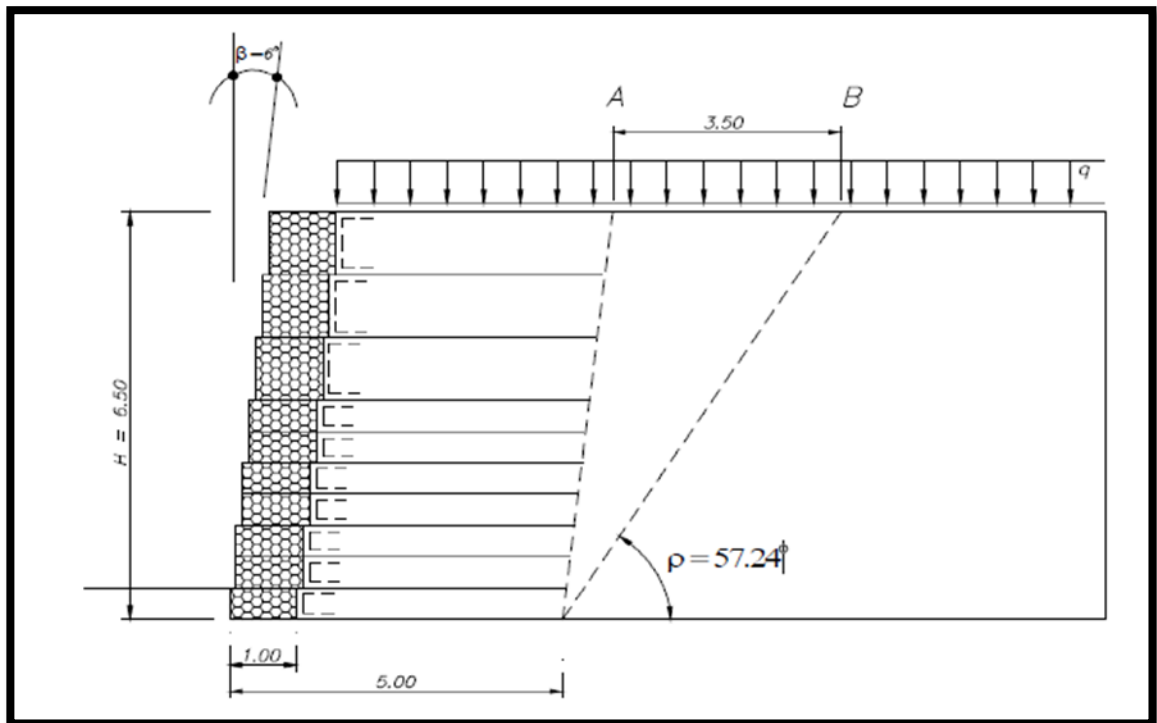
Peso específico $\gamma = 16.078 \text{ KN/m}^3$

Angulo fricción interna $\phi = 38.13^\circ$

Cohesión $c = 0 \text{ KN/m}^3$

Capacidad ultima de apoyo $q_u = 250 \text{ KN/m}^2$

Para minorar el componente horizontal del empuje activo del suelo, se dio al muro una inclinación de 6° .



a) *Cálculo del bloque de falla y el empuje activo máximo*

AB = 3.0 m

$$\rho = \arctan\left(\frac{H}{AB + H * \tan \alpha}\right)$$

$$\rho = \arctan\left(\frac{7.2\text{m}}{3\text{m} + 7.2\text{m} * \tan(19.11^\circ)}\right)$$

$$\rho = 52.65^\circ$$

$$P = \gamma * \frac{H * \overline{AB}}{2}$$

$$P = 16.078\text{KN/m}^3 * \frac{7.2\text{m} * 3\text{m}}{2}$$

$$P = 173.642 \text{ KN/m}$$

$$E\alpha = (P + Q) * \frac{\sin(\rho - \varphi)}{\cos(\alpha + \rho - \delta - \phi)}$$

$$E\alpha = \left(173.642 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} + 20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}\right) * \frac{\sin(52.65^\circ - 38.13^\circ)}{\cos(19.11^\circ + 52.65^\circ - 9.53^\circ - 38.13^\circ)}$$

$$E\alpha = 53.185 \text{ KN/m}^3$$

AB = 3.5 m

$$\rho = \arctan\left(\frac{7.2\text{m}}{3.5\text{m} + 7.2\text{m} * \tan(19.11^\circ)}\right)$$

$$\rho = 50.21^\circ$$

$$P = 16.078 \text{ KN/m}^3 * \frac{7.2\text{m} * 3.5\text{m}}{2}$$

$$P = 202.582 \text{ KN/m}$$

$$E\alpha = \left(202.582 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} + 20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}\right) * \frac{\sin(50.21^\circ - 38.13^\circ)}{\cos(19.11^\circ + 50.21^\circ - 9.53^\circ - 38.13^\circ)}$$

$$E\alpha = 50.12 \text{ KN/m}^3$$

AB =4.0 m

$$\rho = \arctan\left(\frac{7.2\text{m}}{4\text{m} + 7.2\text{m} * \tan(19.11^\circ)}\right)$$

$$\rho = 47.94^\circ$$

$$P = 16.078 \text{ KN/m}^3 * \frac{7.2\text{m} * 4\text{m}}{2}$$

$$P = 231.523 \text{ KN/m}$$

$$E\alpha = \left(231.523 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} + 20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}\right) * \frac{\sin(47.94^\circ - 38.13^\circ)}{\cos(19.11^\circ + 47.94^\circ - 9.53^\circ - 38.13^\circ)}$$

$$E\alpha = 45.431 \text{ KN/m}^3$$

AB =5.0 m

$$\rho = \arctan\left(\frac{7.2\text{m}}{5\text{m} + 7.2\text{m} * \tan(19.11^\circ)}\right)$$

$$\rho = 43.85^\circ$$

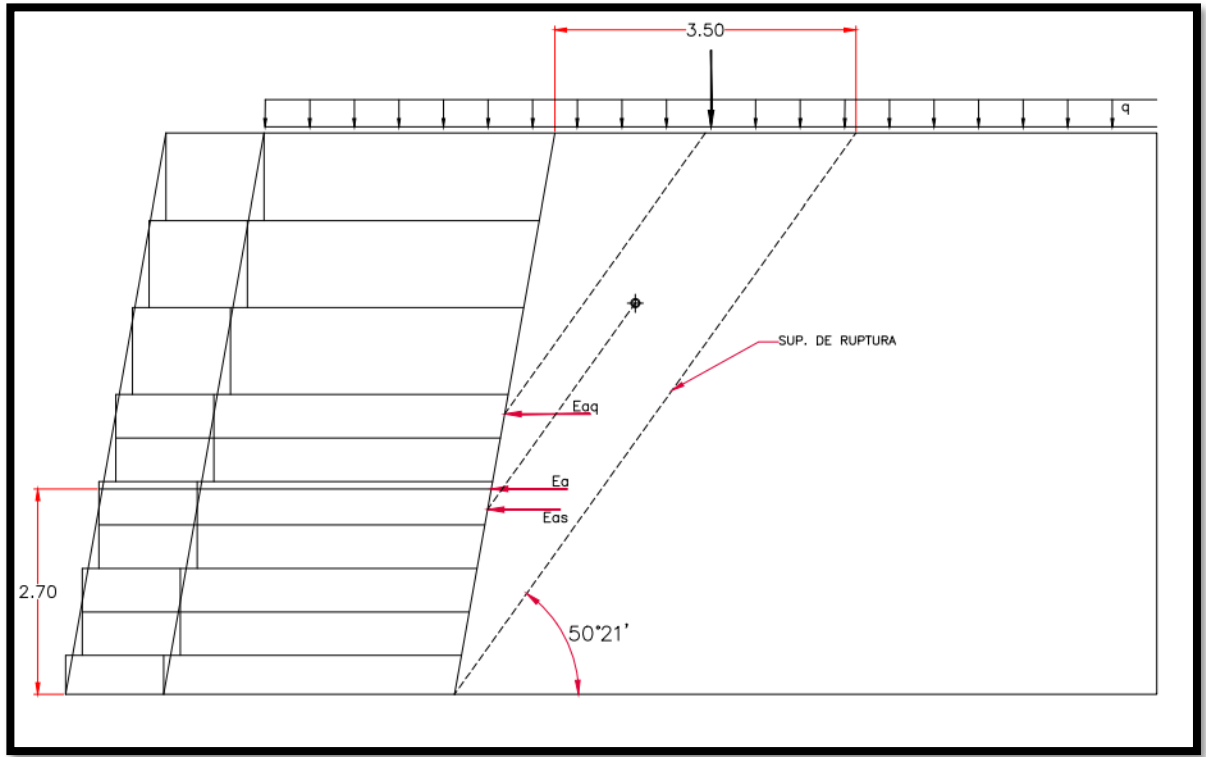
$$P = 16.078 \text{ KN/m}^3 * \frac{7.2\text{m} * 5\text{m}}{2}$$

$$P = 289.404 \text{ KN/m}$$

$$E\alpha = \left(289.404 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} + 20 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}\right) * \frac{\sin(57.24^\circ - 38.13^\circ)}{\cos(19.11^\circ + 57.24^\circ - 9.53^\circ - 38.13^\circ)}$$

$$E\alpha = 31.970 \text{ KN/m}^3$$

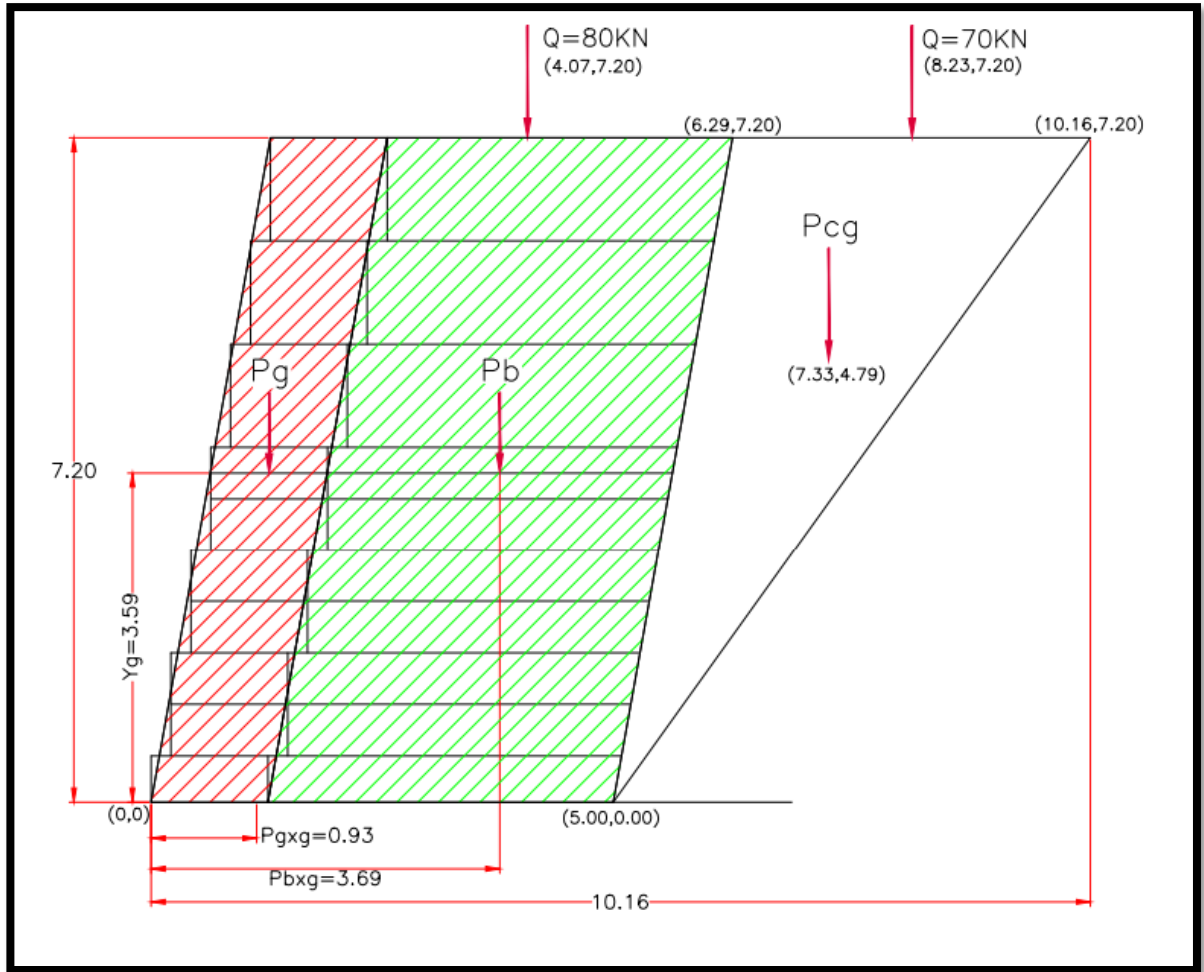
Basándonos en la seguridad, se adopta el ángulo de inclinación del empuje igual al de inclinación del terreno, es decir $\alpha=\delta=6^\circ$. Para conocer la ubicación del empuje activo, es necesario considerar por separado el empuje y coordenadas producidas por el bloque de falla y por la sobrecarga.



b) Verificación contra el vuelco

$$\sum M_{est} = P_G * X_G + P_B * X_B + E_A * \text{sen}(\delta - \alpha) * X_{EA} + q * L * X_Q + E_P * Y_{EP}$$

Para mayor seguridad, despreciamos el empuje activo y la componente vertical del empuje activo.



$$\sum M_{est} = P_G * X_G + P_B * X_B + q * L * X_Q$$

$$\sum M_{est} = 129.6 * 0.93 + 518.4 * 3.69 + 20 * 4 * 4.07$$

$$\sum M_{est} = 2359.02 \text{ KN/m}$$

Los momentos inestabilizantes estarán producidos por la componente vertical del empuje activo.

$$\sum M_{inst} = E_a * \cos(\delta - \alpha) * Y$$

$$\sum M_{inst} = 50.12 * \cos(6 - 6) * 2.7$$

$$\sum M_{inst} = 135.324 \text{ KN/m}$$

El factor de seguridad contra el vuelco será:

$$FS = \frac{\sum M_{est}}{\sum M_{inst}}$$

$$FS = \frac{2359.02}{135.324}$$

$$FS = 17.43 \text{ OK}$$

c) *Verificación contra el deslizamiento*

El análisis se lo hace por metro de profundidad

$$P_g = \gamma g \times H \times L_g \times 1 = 24 \times 7.2 \times 1 \times 1 = 172.8 \text{ kN}$$

$$P_b = \gamma \times H \times L_b \times 1 = 18 \times 7.2 \times 4 \times 1 = 518.4 \text{ kN}$$

$$W = P_g + P_b = 691.2 \text{ kN}$$

Por lo tanto, la carga vertical total sobre la base del muro será:

$$N = W + (q \times L_b) + (E_a \times \sin(\delta - \alpha))$$

$$N = 691.2 + (20 \times 4) + (50.12 \times \sin(6-6)) = 771.2 \text{ kN}$$

Como se desprecia el empuje pasivo, la fuerza estabilizante solo será la fricción en el suelo de apoyo:

$$\sum F_{est} = N * \tan(\phi_b)$$

$$\sum F_{est} = 771.2 * \tan(38.13)$$

$$\sum F_{est} = 605.35 \text{ KN}$$

Las fuerzas desestabilizantes serán:

$$\sum F_{inst} = E_A * \cos(\delta - \alpha)$$

$$\sum F_{inst} = 50.12 * \cos(6-6)$$

$$\sum F_{inst} = 50.12 \text{ KN}$$

El factor de seguridad será

$$FS = \frac{\sum F_{est}}{\sum F_{inst}}$$

$$FS = \frac{605.35}{50.12}$$

$$FS = 12.07 \text{ OK}$$

d) *Presiones en la fundación*

Calculamos la excentricidad de la resultante de fuerzas sobre la estructura.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{(M_{est} - M_{inst})}{N}$$

$$e = \frac{5}{2} - \frac{(2359.02 - 135.324)}{691.2}$$

$$e = -0.71 \text{ m}$$

$$Br = B - 2e = 5 - (2 \times -0.71) = 6.42 \text{ m}$$

La presión media en la base del muro será:

$$q_{med} = \frac{N}{Br} = \frac{771.2}{6.42} = 120.09 \text{ KN/m}^2$$

El factor de seguridad será:

$$FS = \frac{q_u}{q_{med}} = \frac{250}{120.09} = 2.08 \text{ OK}$$

- **Anexo 15.** Diseño del Sistema Muro de Concreto

Datos:

Resistencia de Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Fluencia de acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Peso específico del suelo de relleno $\gamma_s = 1.64 \text{ ton/m}^3$

Peso específico del concreto $\gamma_c = 2.4 \text{ ton/m}^3$

Ángulo de fricción interna de suelo $\Phi_s = 38.13^\circ$

Capacidad portante del suelo $\sigma_t = 18.9 \text{ kg/cm}^2$

TERRENO-ARENOSO - Densa

Altura del muro $h_p = 7 \text{ m}$

Factor de seguridad por deslizamiento FSD: 1.5

Factor de seguridad por volteo FSV: 1.75

a) SOLUCIÓN

Coeficiente de fricción para deslizamiento $\mu = \tan \Phi$

$$\tan \Phi = 0.784$$

Para el cálculo estabilidad contra deslizamiento $\tan \Phi \leq 0.60$

$$\mu = 0.60$$

$$k_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\Phi}{2} \right)$$

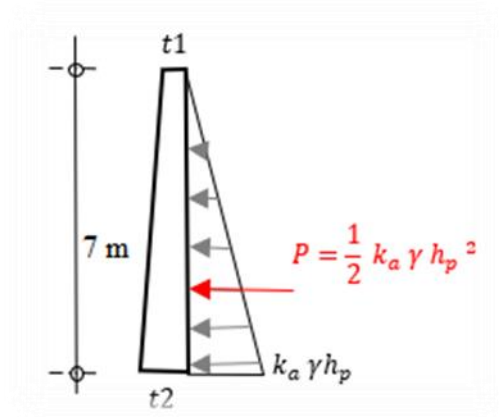
$$k_a = 0.236$$

b) DIMENSIONAMIENTO DE LA PANTALLA

Dimensionamiento (asumimos) $t_1 = 0.3 \text{ m}$

$$P = \frac{1}{2} k_a \gamma h_p^2$$

$$P = 9.5 \text{ ton}$$



$$P_{s/c} = k_a * h_p * s/c$$

$$P_{s/c} = 0 \text{ ton}$$

$$M = P \frac{h_p}{3} + P_{s/c} \frac{h_p}{3}$$

$$M = 22.17415646 \text{ ton-m}$$

$$M_u = 1.7M$$

$$M_u = 37.69606599 \text{ ton-m}$$

Dimensionamiento t2

$$M_u = \Phi b d^2 f'_c \omega (1 - 0.59 \omega) \dots \dots (1)$$

Considerando para la ecuación (1):

$$f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$\Phi = 0.9$$

$$\rho = 0.004$$

Cálculo de la cuantía mecánica:

$$w = \rho * \frac{fy}{f'c}$$

$$w = 0.096$$

Peralte efectivo

$$d = \sqrt{\frac{Mu}{\Phi b f'c \omega (1 - 0.59\omega)}}$$

$$d = 51.40831747$$

Espesor de la garganta del muro

$$t_2 = d + r + \frac{\Phi_{acero}}{2}$$

$$\text{Ø } 5/8" \ t_2 = 56.20206747$$

Espesor de la garganta del muro definido

$$t_2 = 60\text{cm}$$

Peralte efectivo modificado

$$d = 55.206 \text{ cm}$$

c) VERIFICACIÓN POR CORTE

Fuerza cortante última

$$V_{du} = 1.7V_d = 1.7\left(\frac{1}{2}\right)\gamma_s k_a (h_p - d)^2$$

$$V_{du} = 13.70770666 \text{ ton}$$

Resistencia de concreto a corte

$$\text{Ø}V_c = \text{Ø } 0.53\sqrt{f'c} * b * d$$

$$\text{Ø}V_c = 32.90046737 \text{ ton}$$

Verificación

Fuerza cortante última

$$V_u < \text{Ø}V_c = \text{CONFORME}$$

d) DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

altura de la zapata

$$h_z = t_2 + r$$

$$h_z = 65 \text{ cm}$$

altura total

$$h = h_p + h_z$$

$$h = 7.65 \text{ m}$$

- Dimensionamiento por estabilidad al deslizamiento:

$$\frac{B_1}{h} \geq FSD \frac{k_a \gamma_s}{2\mu \gamma_m}$$

$$\text{donde: } \gamma_m = 2$$

$$B_1 \geq 1.85 \text{ m}$$

ancho del talón

$$B_1 = 1.85 + \frac{t_2 - t_1}{2}$$

$$B_1 = 2$$

ancho del talón definido

$$B_1 = 2.8 \text{ m}$$

- Dimensionamiento por estabilidad por volteo:

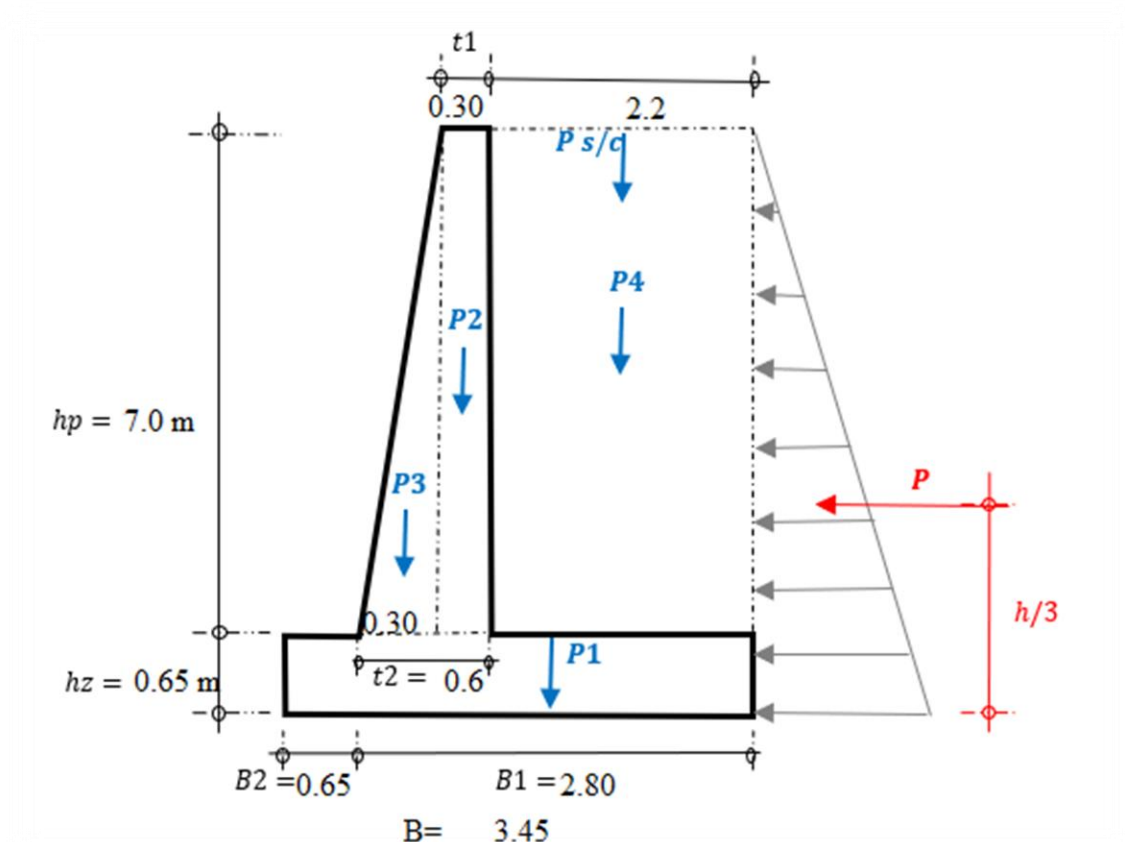
$$\frac{B_2}{h} \geq \frac{\mu}{3} * \frac{FSV}{FSD} - \frac{B_1}{2h}$$

$$B_2 \geq 0.39$$

$$B_{2 \min} = h_z = 0.65 \text{ m}$$

$$B_{2 \min} = h/10 = 0.765$$

$$B_2 = 0.65 \text{ m}$$



e) VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD

pi	Pesos P (ton)					Brazo de giro X (m)	P*X (T·m)
P1	0.65 m	3.45	1	2.4	= 5.38	1.725	9.284
P2	0.3	7.0	1	2.4	= 5.04	1.100	5.544
P3	0.3	7.0	1	2.4	= 2.52	0.850	2.142
P4	2.2	7.0	1	1.64	= 25.26	2.350	59.352
Ps/c		2.2	1	0.00	= 0.00	2.350	0.000
TOTAL:			N =	38.20	M =	76.322	

Por estabilidad al deslizamiento

$$H_a = \frac{1}{2} k_a \gamma h^2$$

$$H_a = 11.3500327$$

Verificación

$$FSD = \frac{H_r}{H_a} = \frac{\mu N}{H_a}$$

2.019 > 1.5 CONFORME

Por estabilidad al volteo

$$M_a = H_a \left(\frac{h}{3}\right)$$

$$M_a = 28.94258338$$

Verificación

$$FSV = \frac{M_r}{M_a}$$

2.637 > 1.75 CONFORME

f) CONTROL DE PRESIONES SOBRE EL TERRENO ($B/6 > e$)

$$X_o = \frac{M_r - M_a}{P}$$

$$X_o = 1.24$$

$$B/6 = 0.575$$

Verificación

$$e = \frac{B}{2} - X_o$$

$$e = 0.480 \text{ m}$$

$$\frac{B}{6} > e$$

0.575 > 0.480 CONFORME

Esfuerzo del terreno

$$q_1 = \frac{P}{B} \left(1 + \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_1 = 20.31 \text{ ton/m}^2$$

Esfuerzo del terreno

$$q_2 = \frac{P}{B} \left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

$$q_2 = 1.83 \text{ ton/m}^2$$

verificación

$$\sigma_t = 189 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_t > q_1 \text{ CONFORME}$$

g) DISEÑO DE LA PANTALLA

- En la base (refuerzo de acero vertical)

$$\Phi = 0.9$$

$$\beta = 0.85$$

Acero: \emptyset 5/8"

$$M_u = 37.69606599 \text{ ton-m}$$

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$A_{s\emptyset} = 1.97932609 \text{ cm}^2$$

$$t_2 = 60 \text{ cm}$$

$$d = 55.21 \text{ cm}$$

$$db\emptyset = 1.59 \text{ cm}$$

- cuantía y acero mínimo

$$\rho_{\min} = 0.70 * \frac{\sqrt{F'c}}{F_y}$$

$$\rho_{\min} = 0.002204793$$

$$A_{s\min} = \rho_{\min} * b * d$$

$$A_{s\min} = 12.17 \text{ cm}^2$$

- cuantía y acero balanceado

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * \frac{f'_c}{f_y} * \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right)$$

$$P_b = 0.017708333$$

$$A_{sb} = \rho_b * b * d$$

$$A_{sb} = 97.76 \text{ cm}^2$$

- cuantía y acero máximo

No sísmica 0.75 pb $P_{\text{máx}} = 0.01328125$

$$A_{s\text{máx}} = \rho_{\text{máx}} * b * d$$

$$A_{s\text{máx}} = 73.32 \text{ cm}^2$$

- cuantía y acero de diseño

Usando la fórmula ecuación

$$0.59w^2 - w + \frac{Mu}{\phi * f'_c * b * d^2} = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$w_1 = 1.612363961$$

$$w_2 = 0.082551293$$

$$\rho_d = w * \frac{f'_c}{f_y}$$

$$P_d = 0.003439637$$

$$A_{sd} = \rho_d * b * d$$

$$A_{sd} = 18.989 \text{ cm}^2$$

Por iteraciones

$$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * 0.9 * d}$$

$$A_s = 20.07120617$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

1° Iter. a = 5.667164095

2° Iter. a = 5.3764034

3° Iter. a = 5.361520451

4° Iter. a = 5.360760866

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

A_s = 19.04142871

A_s = 18.98871827

A_s = 18.9860

A_{sd} = 18.986 cm²

Verificación

A_{sd} > A_{smin} OK

Número de varillas

N = A_{sd} / A_{sØ}

N = 9.592 var.

Espaciamiento de varillas

S = A_{sØ} / A_{sd}

S = 0.104 m

Acero en la base (vertical)

9 Ø 5/8" @ 0.10

- Refuerzo mínimo

Refuerzo mínimo:

$$t_1: 0.0018 \cdot b \cdot d_1$$

$$A_{s_{\min}} = 4.537125 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$t_2: 0.0018 \cdot b \cdot d_2$$

$$A_{s_{\min}} = 9.937125 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Altura de corte para $M_{\max}/2$:

$$\frac{M_{\max}}{2} = 1.6 k_a \gamma \frac{(h_p - h_c)^3}{6}$$

$$h_c = 1.330679348$$

$$L_c = h_c + d$$

$$L_c = 1.882741848$$

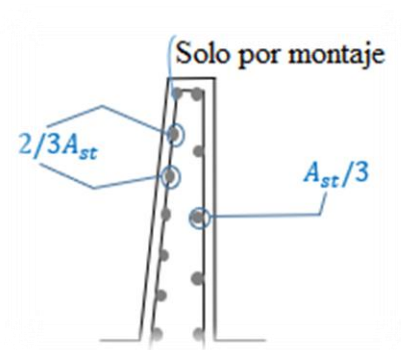
$$L_c = 1.60 \text{ m}$$

- Refuerzo Horizontal

$$A_{st} = P_t b t$$

$$P_t = \begin{cases} 0.0020 ; & \phi \leq 5/8" \text{ y } f_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2 \\ 0.0025 ; & \text{Otros casos zonas de alto R.S} \end{cases}$$

si $t_2 \geq 25\text{cm}$: usar refuerzo en 2 capas



$$\text{Arriba: } A_{st} = P_t b t_1 \quad A_{st} = 6.00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2/3 A_{st} = 4.00 \text{ cm}^2 \implies \quad \emptyset \ 3/8" @ \quad 0.18 \text{ m}$$

$$1/3 A_{st} = 2.00 \text{ cm}^2 \implies \quad \emptyset \ 3/8" @ \quad 0.36 \text{ m}$$

$$S_{\text{máx}} = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{Intermedio } A_{st} = P_t b (t_1 + t_2)/2 \quad A_{st} = 9.00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2/3 A_{st} = 6 \text{ cm}^2 \implies \quad \emptyset \ 3/8" @ \quad 0.12 \text{ m}$$

$$1/3 A_{st} = 3 \text{ cm}^2 \implies \quad \emptyset \ 3/8" @ \quad 0.24 \text{ m}$$

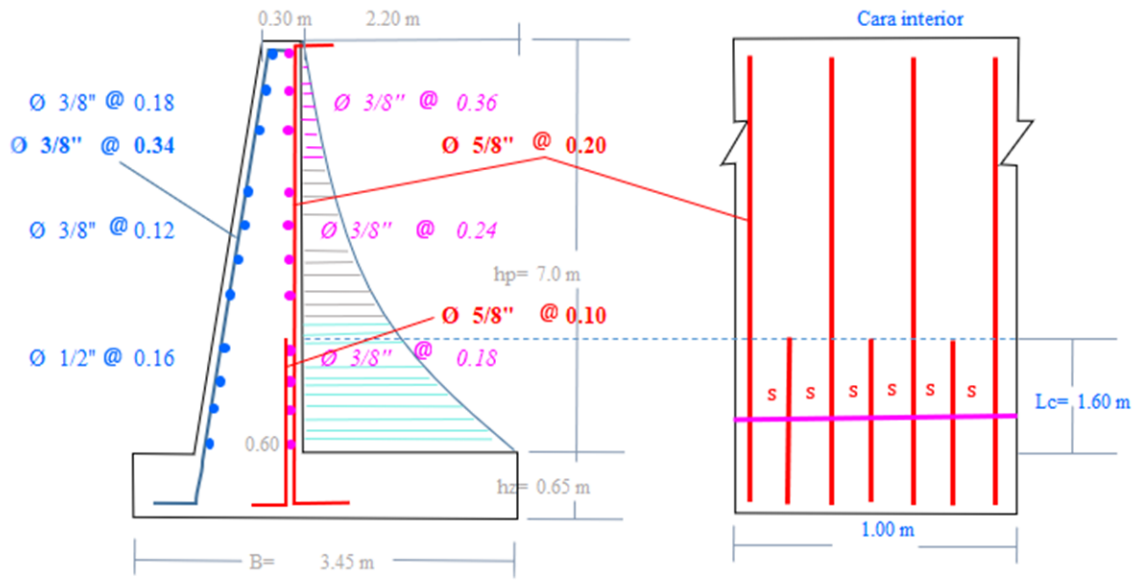
$$\text{Abajo } A_{st} = P_t b t_2 \quad A_{st} = 12.00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2/3 A_{st} = 8 \text{ cm}^2 \implies \quad \emptyset \ 1/2" @ \quad 0.16 \text{ m}$$

$$1/3 A_{st} = 4 \text{ cm}^2 \implies \quad \emptyset \ 3/8" @ \quad 0.18 \text{ m}$$

Armadura de montaje

$$S = 36 * \emptyset = 34.29 \text{ cm} \implies \quad \emptyset \ 3/8" @ \quad 0.34 \text{ m}$$



h) DISEÑO DE LA ZAPATA

- Cálculo de carga por metro de ancho

$$W_s = \gamma_s h_p b$$

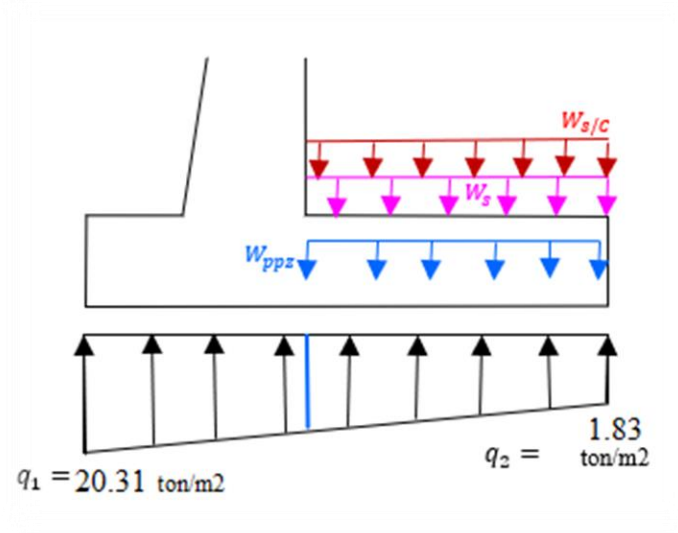
$$W_s = 11.48 \text{ ton/m}$$

$$W_{ppz} = \gamma_c h_z b$$

$$W_{ppz} = 1.56 \text{ ton/m}$$

$$W_{s/c} = s / c * b$$

$$W_{s/c} = 0.00 \text{ ton/m}$$



DATOS

$$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Phi = 0.9$$

$$\beta = 0.85$$

Acero: $\emptyset 5/8''$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h_z = 65.00 \text{ cm}$$

$$d = 56.71 \text{ cm}$$

$$A_s \emptyset = 1.979 \text{ cm}^2$$

$$d_b \emptyset = 1.5875 \text{ cm}$$

- Zapata anterior (punta)

$$W_{um\acute{a}x} = q_1 * 1.7 - W_{ppz} * 0.9$$

$$W_{um\acute{a}x} = 33.13 \text{ ton/m}$$

$$M_u = W_{um\acute{a}x} \frac{B_2^2}{2}$$

127

$$M_u = 6.998849926$$

Acero de diseño

Usando la fórmula ecuación $0.59w^2 - w + \frac{M_u}{\phi * f'_c * b * d^2} = 0$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$w_1 = 1.680981462$$

$$w_2 = 0.013933792$$

$$\rho_d = w * \frac{f'_c}{f_y}$$

$$P_d = 0.000580575$$

$$A_{s_d} = \rho_d * b * d$$

$$A_{s_d} = 3.292 \text{ cm}^2$$

Área de acero mínimo $A_{s_{min}} = 0.0018 * b * d$ $A_{s_{min}} = 10.207125 \text{ cm}^2$

$$\text{Ø } 5/8" \text{ @ } 0.19 \text{ m}$$

- Zapata posterior (talón)

$$q'_B = \frac{(q_1 - q_2)(B_1 - t_2)}{B_1 + B_2}$$

$$q'_B = 11.788 \text{ ton/m}$$

$$q_B = q_2 + q'_B$$

$$q_B = 13.62 \text{ ton/m}^2$$

Carga última

$$W_u = (W_s + W_{ppz}) * 1.4 + W_{s/c} * 1.7$$

$$W_u = 18.256 \text{ ton/m}$$

Momento último

$$M_u = (W_u - 1.4q_2) \frac{(B_1 - t_2)^2}{2} - 1.4q'_B \frac{(B_1 - t_2)^2}{6}$$

$$Mu = 24.66973566 \text{ ton-m}$$

Acero de diseño

Usando la fórmula ecuación

$$0.59w^2 - w + \frac{Mu}{\phi * f'_c * b * d^2} = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$w1 = 1.644718159$$

$$w2 = 0.050197095$$

$$\rho_d = w * \frac{f'_c}{f_y}$$

$$Pd = 0.002091546$$

$$As_d = \rho_d * b * d$$

$$As_d = 11.860 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de acero mínimo } As_{min} = 0.0018 * b * d \quad As_{min} = 10.207125 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset 5/8" \quad @ 0.17\text{m}$$

- Verificación por corte

$$q'_d = \frac{(q_1 - q_2)(B_1 - t_2 - d)}{B_1 + B_2}$$

$$q'_d = 8.749341846 \text{ ton/m}$$

$$V_{ud} = (W_u - 1.4q_2)(B_1 - t_2 - d) - \frac{q'_d * (B_1 - t_2 - d)}{2}$$

$$V_{ud} = 18.48543081 \text{ ton}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset 0.53 \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$\emptyset V_c = 33.7944006 \text{ ton}$$

Verificación

$$V_{ud} < \emptyset V_c = \text{CONFORME}$$

- Refuerzo transversal:

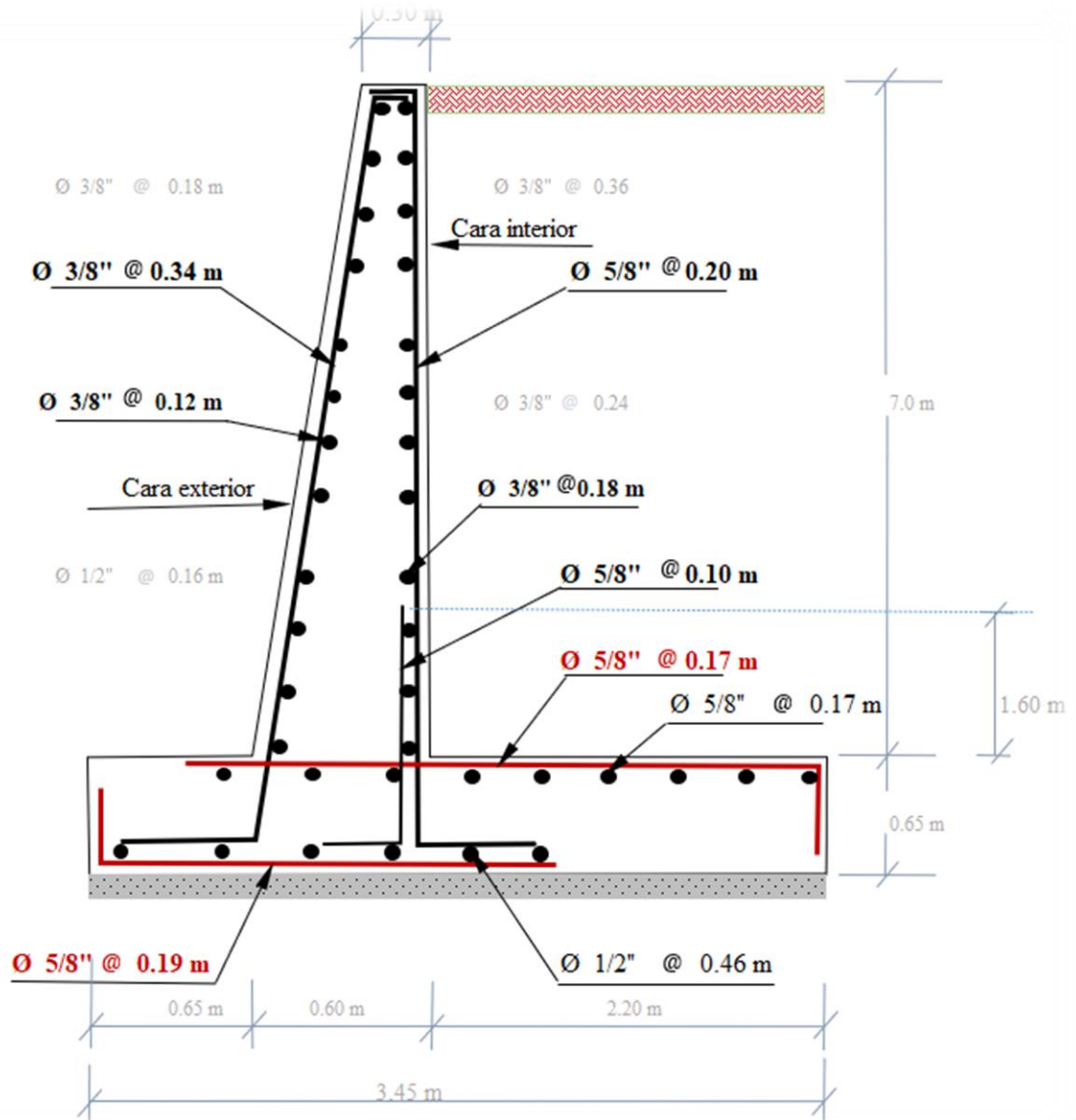
Acero de temperatura $0.0018 \cdot b \cdot t$ $A_{s \text{ temp}} = 11.70 \text{ cm}^2$

$\varnothing 5/8" @ 0.17 \text{ m}$

Acero de montaje $36 \varnothing$ $A_{s \text{ mont}} = 45.72 \text{ cm}^2$

$\varnothing 1/2" @ 0.46 \text{ m}$

i) DETALLE FINAL



- **Anexo 16.** Diseño del Sistema Gavión

Bloque Gavión

Altura= 1 m

Base= 1 m

Longitud = 2 m

Gavión colchón antisocavante

Altura= 0.3 m

Ancho= 2 m

Longitud= 5 m

Gavión Total

Altura= 4.3 m

Base= 4 m

Longitud= 50 m

Estimando el peso unitario seco para el gavión:

$$\text{Densidad Seca } (\rho) = 1.639 \text{ gr/cm}^3 = \frac{1.639 \text{ gr}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ Kgr}}{1000 \text{ gr}} * \frac{100 \text{ cm}^3}{1 \text{ cm}^3}$$

$$\text{Densidad Seca } (\rho) = 1639 \text{ Kgr. / m}^3$$

$$\text{Humedad Natural } (w) = 12 \%$$

$$\text{Peso Unit. Sec. } (\gamma_d) = \rho * g$$

$$\text{Peso Unit. Sec. } (\gamma_d) = \frac{9.81 * 1639}{1000} = 16.078 \text{ KN/m}^3$$

- Estimando el Peso Unitario Húmedo

$$\gamma_d = \gamma / (1 + w)$$

$$\gamma = 16.078 * (1 + 12\%)$$

$$\gamma = 18.007 \text{ KN/m}^3$$

$$\gamma \text{ piedra de relleno} = 2000 \text{ kgr. /m}^3$$

$$\text{Ángulo de fricción } (\phi) = 38.13^\circ$$

$$\text{Cohesión } (c) = 0.36 \text{ Kgr. /cm}^2 = 3600 \text{ Kgr. / m}^2$$

- Estimando el Empuje Activo

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{38.13^\circ}{2} \right)$$

$$K_a = 0.2366$$

Estimando el empuje sobre el muro:

$$E_a = \frac{1}{2} * \gamma \text{ suelo} * H^2 * K_a$$

$$E_a = \frac{1}{2} * 18.007 * 4.30^2 * 0.2366$$

$$E_a = 39.39 \text{ KN}$$

$$E_a = 39.39 \text{ KN} * \frac{1000 \text{ N}}{1 \text{ KN}} * \frac{1.0 \text{ Kgr.}}{9.81 \text{ N}}$$

$$E_a = 4015.29 \text{ Kgr.}$$

- Estimación del momento por volcamiento.

$$M_{to} = \left(\frac{H}{3} \right) * E_a$$

$$M_{to} = \left(\frac{4.30}{3} \right) * 4015.29$$

$$M_{to} = 5755.249 \text{ Kgr.m}$$

Se tiene los siguientes datos para la estimación de peso del bloque gavión.

Se rellena con material de canto rodado = 80 % y el resto del 20 % son vacíos.

Cantidad de muro gavión = 10

$$\text{Volumen} = b * a * h$$

$$\text{Volumen} = 1 * 1 * 2$$

$$\text{Volumen} = 2 \text{ m}^3$$

$$W = \gamma \text{ canto rodado} * \text{Volumen} * 0.8$$

$$W = 2000 * 2 * 0.8$$

$$W = 3200 \text{ Kgr.}$$

$$W_{\text{Total Gavión Caja}} = 3200 \text{ Kgr.} * 10$$

$$W_{\text{Total Gavión Caja}} = 32000 \text{ kgr.}$$

Estimación del gavión colchón.

Cantidad del gavión colchón = 1 Volumen = 0.3 * 2 * 5

$$\text{Volumen} = 3 \text{ m}^3$$

$$W = \gamma \text{ canto rodado} * \text{Volumen} * 0.8$$

$$W = 2000 * 3 * 0.8$$

$$W = 4800 \text{ Kgr}$$

$$W_{\text{Total Gavión colchón}} = 4800 \text{ Kgr.} * 1$$

$$W_{\text{Total Gavión Colchón}} = 4800 \text{ kgr.}$$

- Estimación de la cuña para grava.

$$Wsl = (Al * l) * \gamma \text{ grava}$$

$$Wsl = (0.95 \text{ m}^2 * 1 \text{ m}) * 1700 \text{ Kgr. /m}^3$$

$$Wsl = 1615 \text{ Kgr.}$$

- Estimación del momento estabilizante.

$$Mte = Wgav1m * bw1l + Wgav2m * bw2s + Wgav3m * bw3t + Wgav4m * bw4c + \\ Wgavco1c * bw1q + Wsl * bsl$$

$$Mte = 12800 * 2 + 9600 * 2.5 + 6400 * 3 + 3200 * 3.5 + 4800 * 2 + 1615 * 4.53$$

$$Mte = 96915.95 \text{ Kgr.m}$$

- Estimación del FS por volcamiento.

$$FSV = Mte/Mto = 96915.95 / 5755.249 = \mathbf{16.83 > 2 \text{ OK}}$$

- Estimación del FS por deslizamiento.

$$FSD = (\Sigma V * \text{Tang} (Kl * \emptyset)) / Eah$$

$$FSD = (3200 * 10 + 4800 + 1615) * \text{Tang} (38.13^\circ) / 4015.29$$

$$FSD = \mathbf{7.32 > 1.5 \text{ OK}}$$

- Estimación del punto de aplicación de la normal.

$$X = (Mte - Mto) / (WT + Wsl)$$

$$X = (96915.95 - 5755.249) / (38415)$$

$$X = 2.37 \text{ m}$$

- Estimación de la excentricidad.

$$e = \frac{B}{2} - X < \frac{B}{6}$$

$$e = \frac{4}{2} - 2.37 < \frac{4}{6}$$

$$\xi = -0.37 < 0.67$$

- Estimación de la capacidad portante.

$$q_u = c * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} \gamma_s * B * N_\gamma$$

$$\text{Cohesión (c)} = 0.36 \text{ Kg/cm}^2 = 3600 \text{ Kgr/m}^2$$

Se tiene para el ángulo de fricción (ϕ) de 38.13°:

$$N_c = 62.19$$

$$N_q = 49.84$$

$$N_\gamma = 79.87$$

$$q = \gamma_s * D_f = 1639.50 \text{ Kgr/m}^3 * 0.3\text{m} = 491.85 \text{ Kgr/m}^2$$

$$q_u = 3600 * 62.19 + 491.85 * 49.84 + \frac{1}{2} * 1639.5 * 4 * 79.87$$

$$q_u = 510291.53 \text{ Kgr/m}^2$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F_s}$$

$$q_{adm} = \frac{510291.53}{3} = 170097.178 \text{ Kgr/m}^2$$

$$q_{adm} = 17.0 \text{ Kgr/cm}^2$$

- Estimación del Asentamiento

Estimación para gavión caja.

$$\sigma_l = \frac{(W_T + W_{sl})}{A} \left(1 - \frac{(6e)}{B} \right)$$

$$\sigma_l = \frac{(38415)}{4 * 2} \left(1 - \frac{(6 * 0.37)}{4} \right)$$

$$\sigma_l = 7466.92 \text{ Kgr/m}^2$$

$$\sigma_1 = 0.75 \text{ Kgr/cm}^2 < 18.9 \text{ Kgr/cm}^2 \text{ OK}$$

Estimación para gavión colchón.

$$\sigma_1 = \frac{(38415)}{4 \times 5} \left(1 - \frac{(6 \times -0.37)}{4} \right)$$

$$\sigma_1 = 2986.76 \text{ Kgr/m}^2$$

$$\sigma_1 = 0.29 \text{ Kgr/cm}^2 < 17.0 \text{ Kgr/cm}^2 \text{ OK}$$

- **Anexo 17.** Análisis de precios unitarios del Método Erdox.

1.01		Topografía y Georeferenciación						
Km/día	MO.	0.6	EQ.	0.6	Costo unitario directo por: Km		781.46	
Descripcion Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
Topógrafo				hh	1	15.3333	21.79	334.11
Peón				hh	1	2	16.39	32.78
Nivelador				hh	1	13.3333	16.76	223.47
								590.36
Materiales								
Clavos				Kg		0.2658	4	1.06
Madera Pino				p2		2	4.81	9.62
Pintura Esmalte				gal		0.2511	36.97	9.28
								19.97
Equipos								
Herramientas Manuales				%mo		7	2,400.00	168.00
Nivel topográfico				hm	1	13.3333	7	0.93
Estación Total				hm	1	18.3333	12	2.20
								171.13

2.01		Corte de material de talud						
m3/DIA	MO.	460	EQ.	460	Costo unitario directo por: m3		3.35	
Descripcion Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
Capataz				hh	1	0.0017	23.87	0.04
								0.04
Equipos								
Herramientas Manuales				%mo		5	0.04	0.00
Excavadora				hm	1	0.0184	180	3.31
								3.31

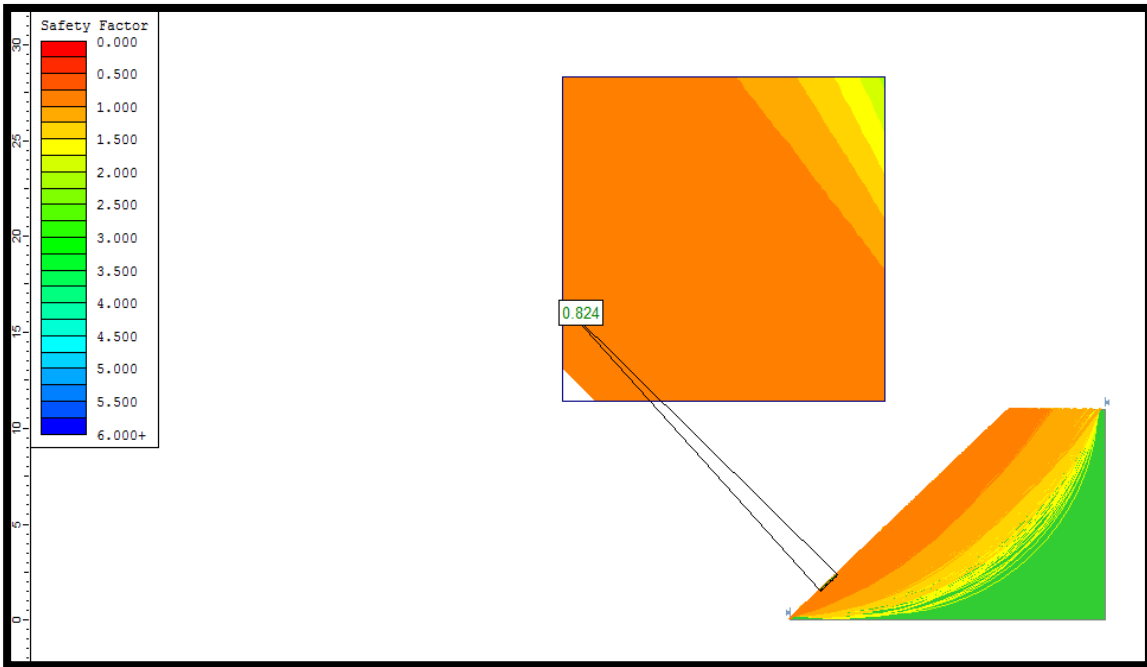
2.02		Conformación de terraplén con material de grava						
m3/DIA	MO.	4	EQ.	4	Costo unitario directo por: m3		138.77	
Descripcion Recurso				Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
Peón				hh	4	8	16.39	131.12
								131.12
Equipos								
Grava de 3/4"				m3		1	55.00	0.55
								0.55
Herramientas Manuales				%mo		5	142.00	7.10
								7.10

3.01		Elemento Erdox incluye placa apoyo y transporte					
unid/día	MO.		EQ.		Costo unitario directo por: unid	1435.00	
Descripcion Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subcontratos							
Elemento Erdox y placa de apoyo y transporte			unid		1	1435	1435.00
							1435.00

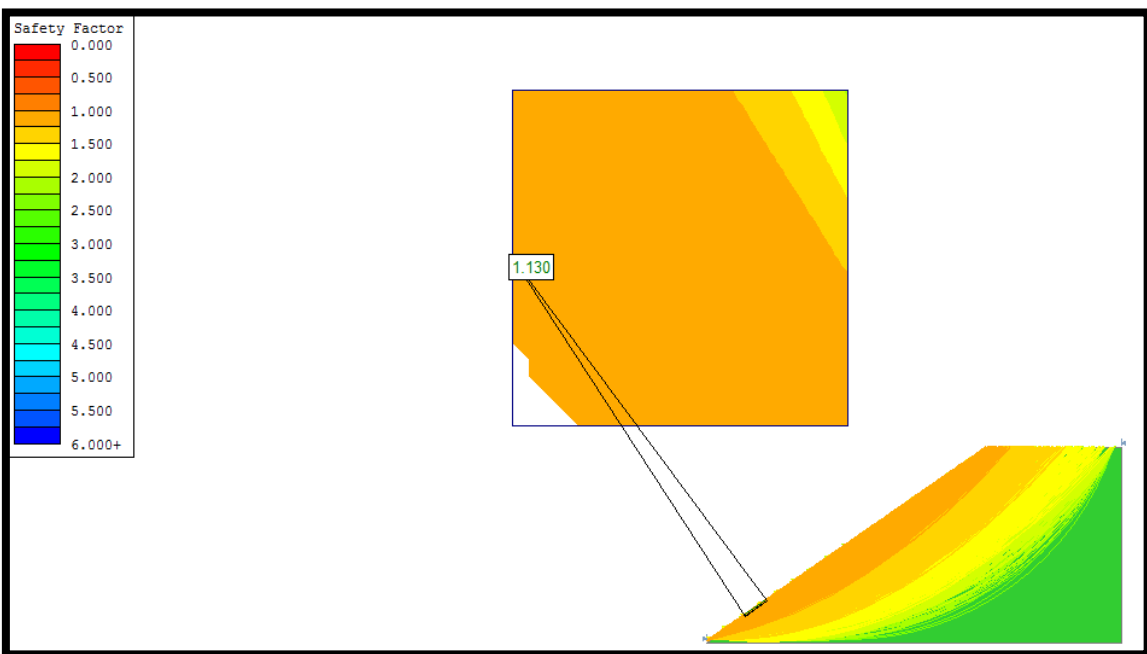
3.02		Relleno para Erdox con material propio y grava					
m3/DIA	MO.	870	EQ.	870	Costo unitario directo por: m3	1.31	
Descripcion Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
Capataz			hh	0.1	0.0009	23.87	0.02
							0.02
Equipos							
Herramientas Manuales			%mo		5	0.02	0.00
Excavadora			hm	1	0.0092	140	1.29
							1.29

4.01		Transporte de material grava a más de 1 Km					
m3.Km/DIA	MO.	1	EQ.	1	Costo unitario directo por: m3.Km	17.26	
	H:M	0.0065					
Descripcion Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Camión volquete de 15m3			hm	0.1	0.065	265.6	17.26
							17.26

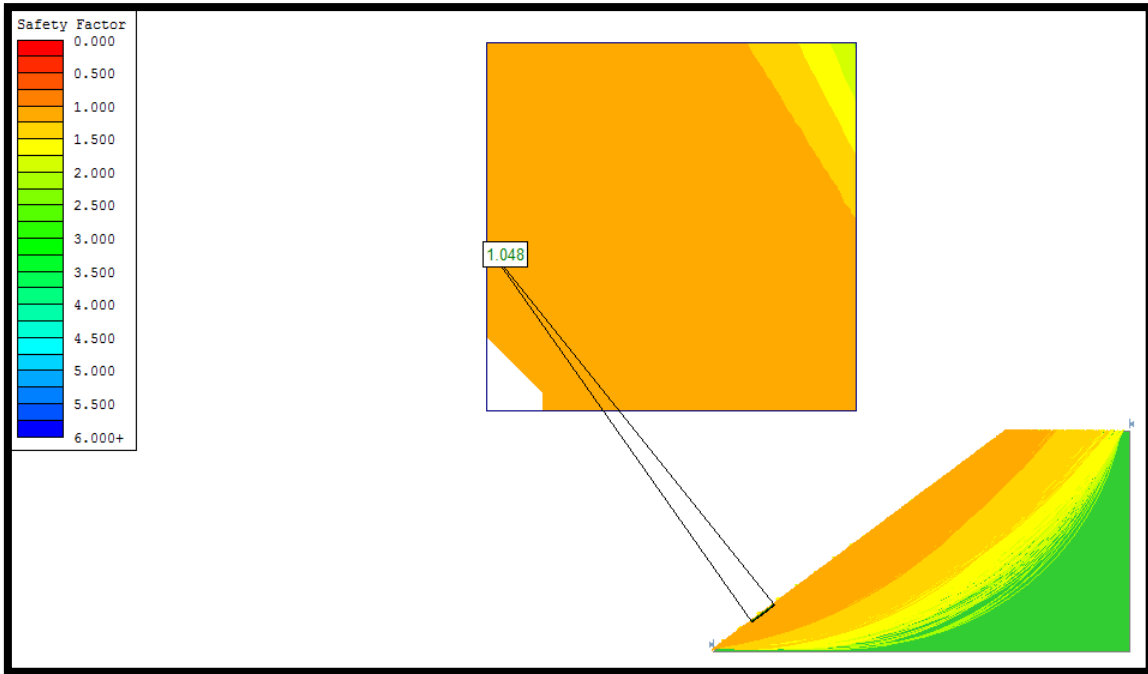
- **Anexo 18.** Factor de seguridad por secciones típicas



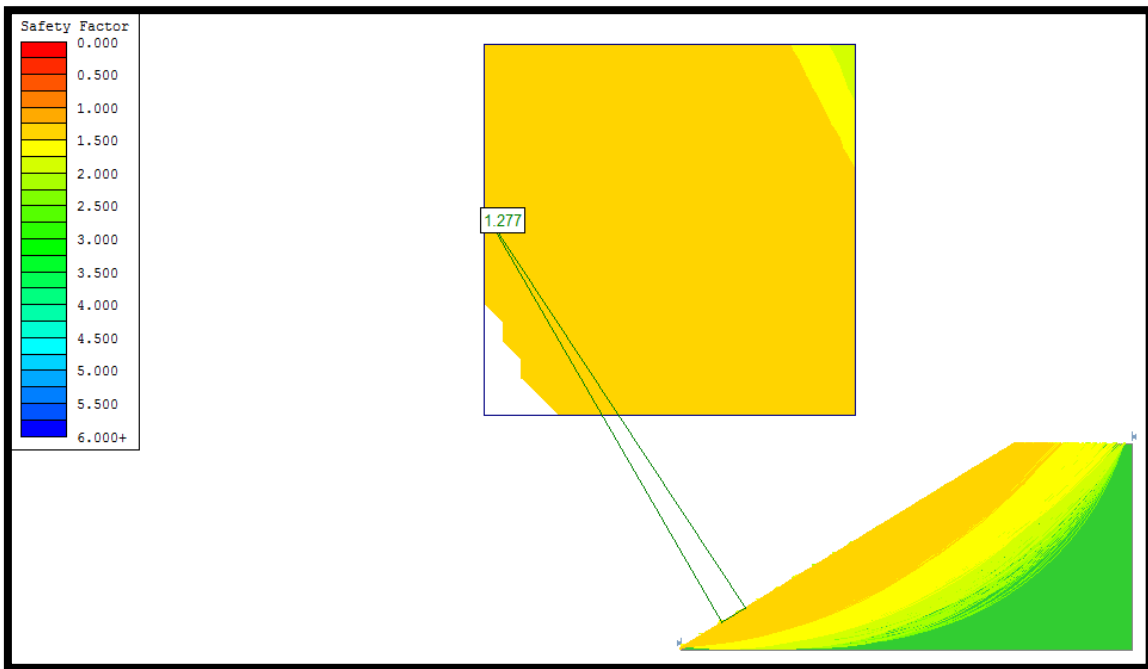
Progresiva 152+095.000



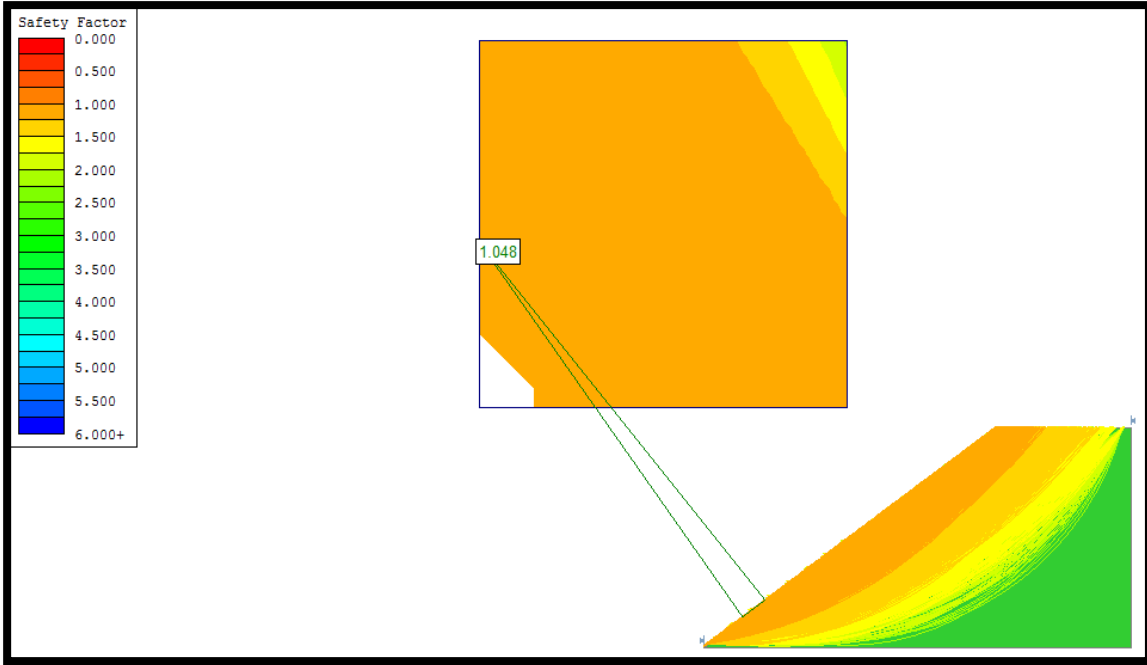
Progresiva 152+100.000



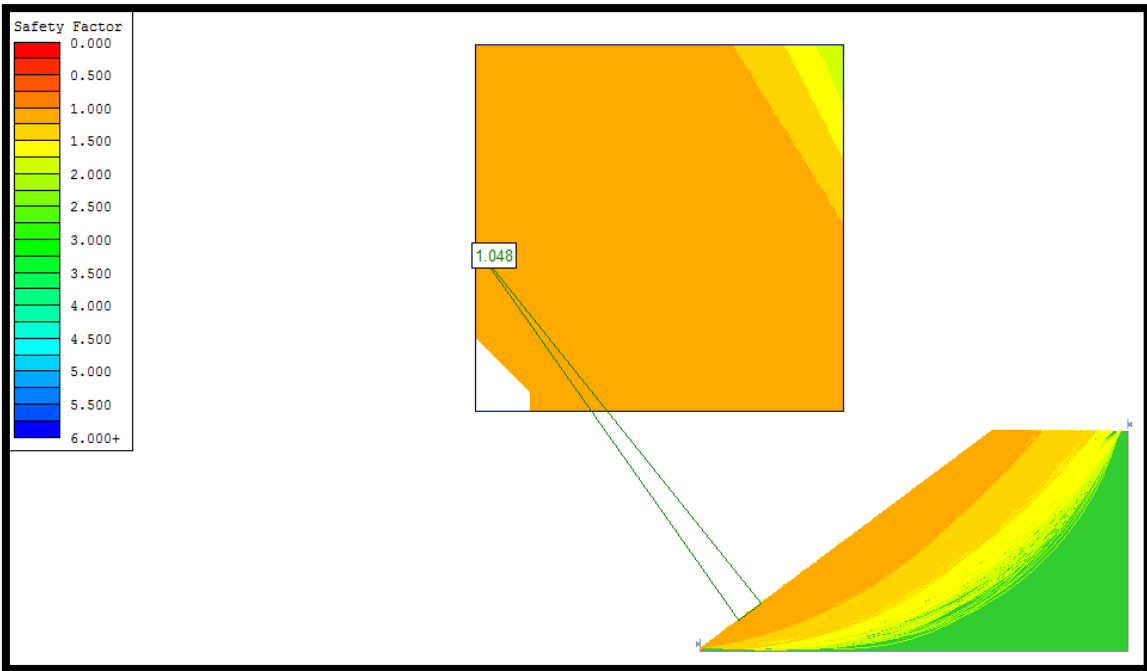
Progresiva 152+105.000



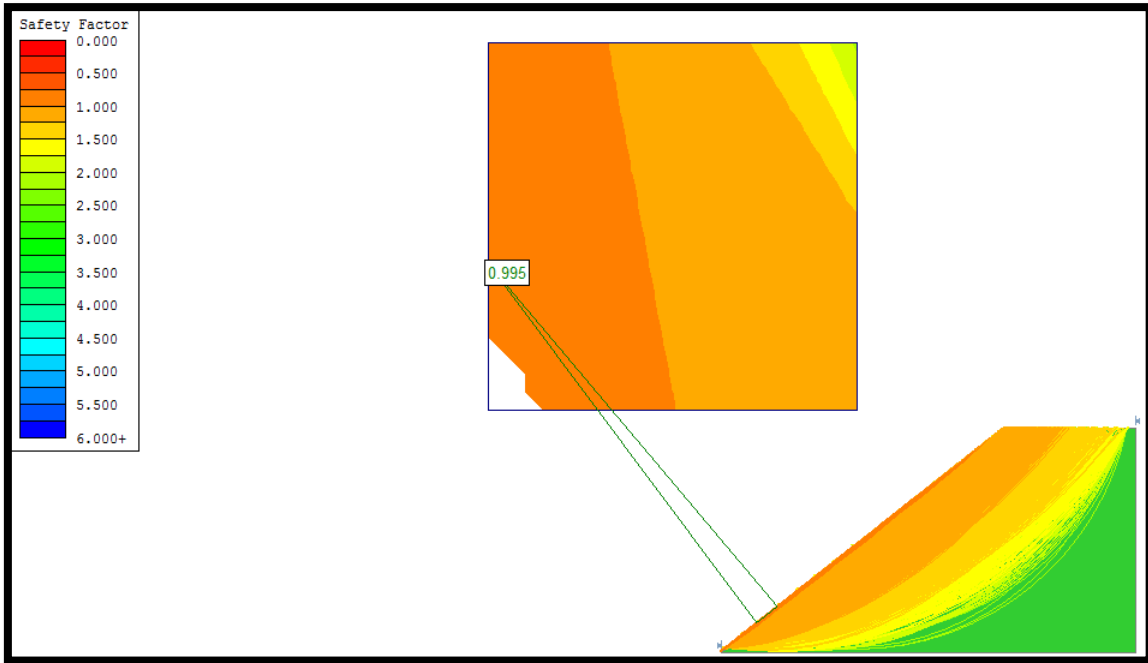
Progresiva 152+110.000



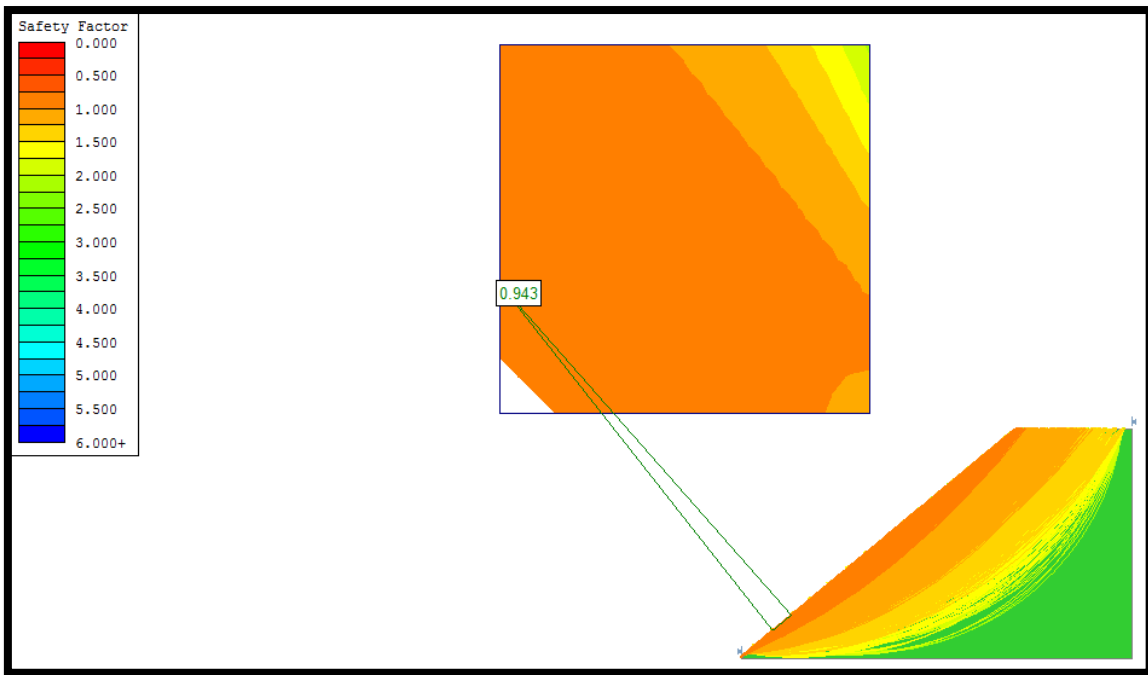
Progressiva 152+115.000



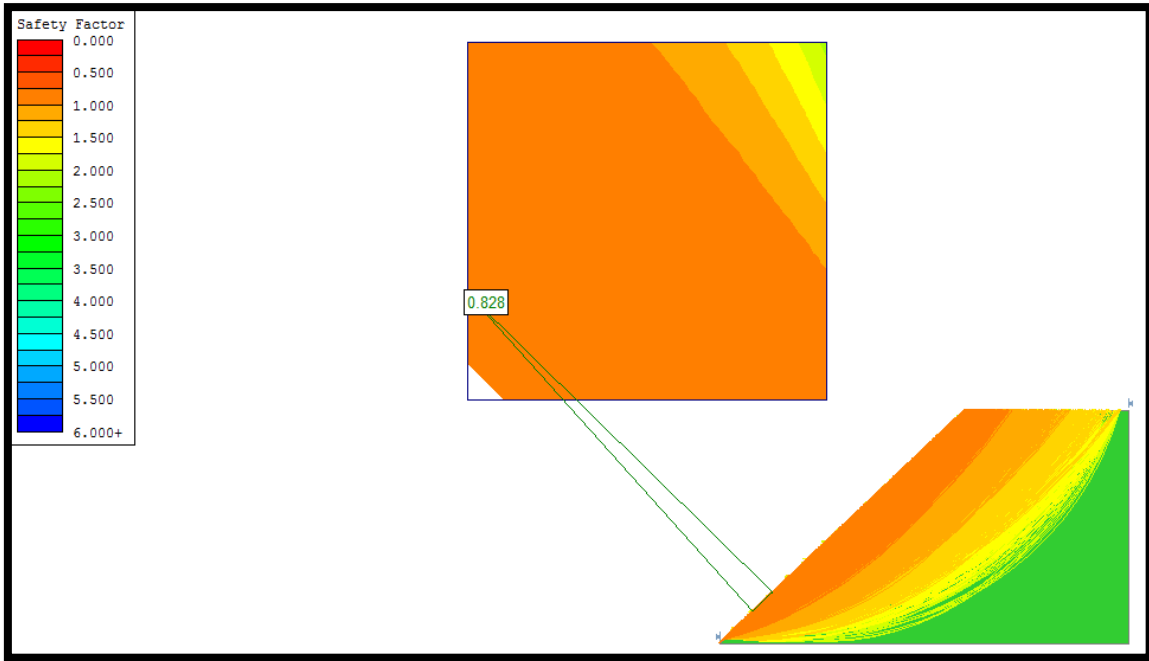
Progressiva 152+120.000



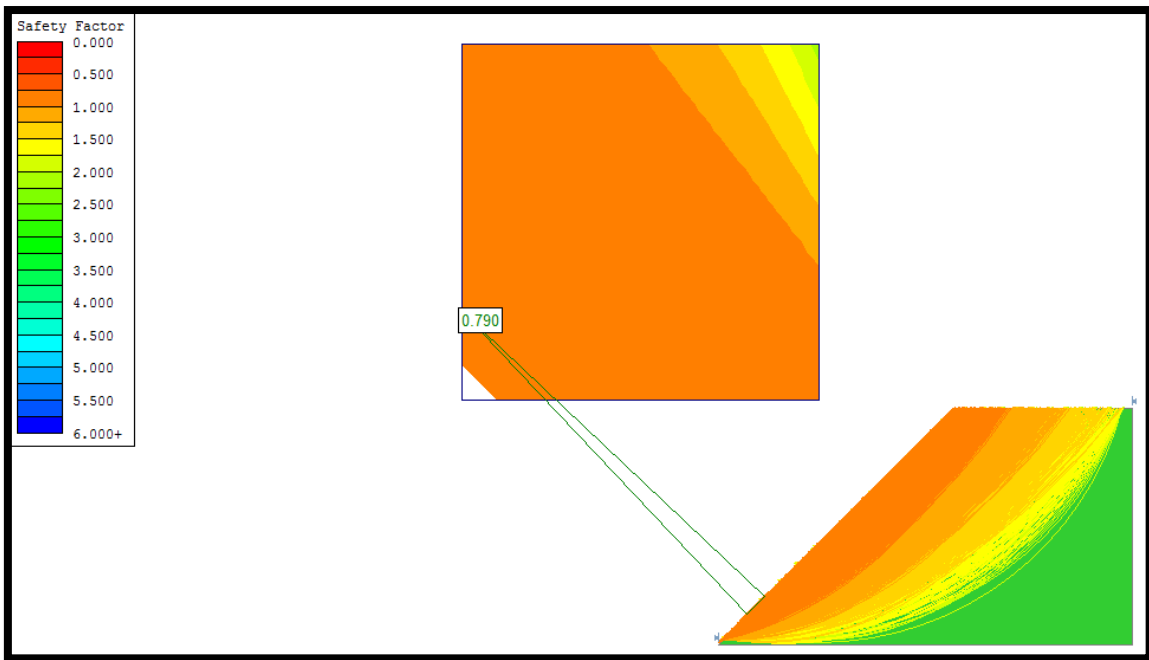
Progresiva 152+125.000



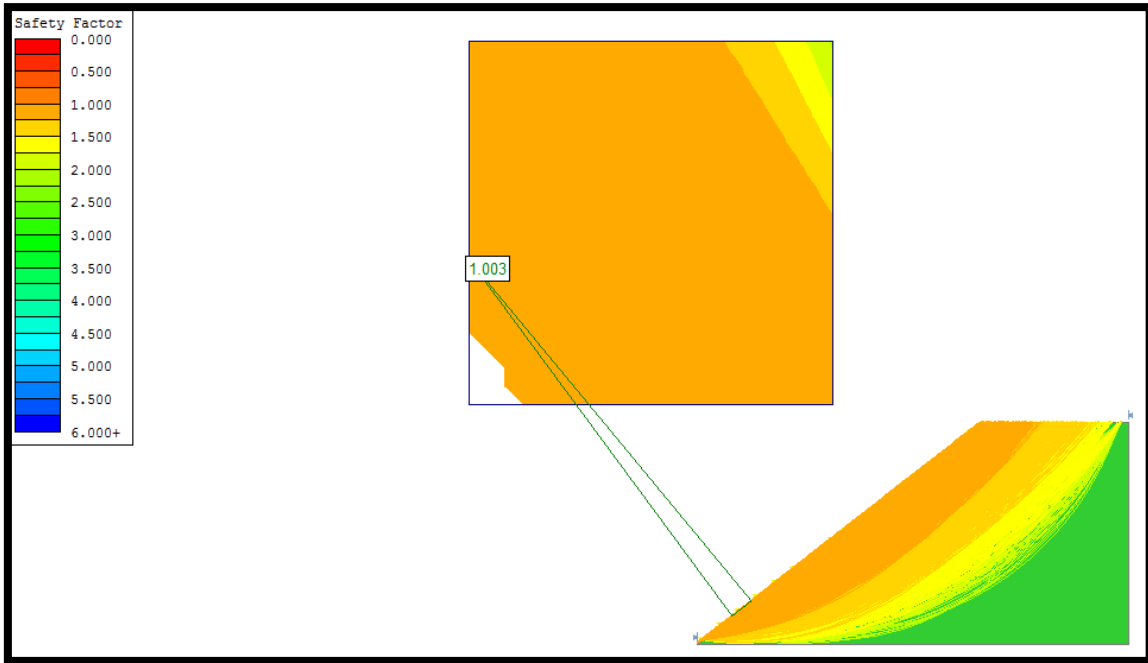
Progresiva 152+130.000



Progresiva 152+135.000



Progresiva 152+140.000



Progresiva 152+145.000

- **Anexo 19.** Panel fotográfico de proyecto en estudio.



Sector de Agua Dulce - Kiteni



Sector de Agua Dulce - Kiteni



Sector de Agua Dulce - Kiteni



Sector de Agua Dulce - Kiteni